



THINGVALLA TELLER

Masteroppgave i arkitektur  
NTNU Vårsemesteret 2010

Lene Marie Nommensen Kværness, Lillian Sve Rokseth og Kristin Fines Ygre

# Forord

Ved studiestart for vel fem år siden var det ingen av oss som hadde trodd at vi skulle levere noe så tilsynelatende tørt som en rapport som svar på den store masteroppgaven. Men nå er det nå en gang slik at vi fascinerer oss for et tema der det er mye påstander og sterke meninger, men lite konkrete fakta å slå i bordet med. Siden ingen hadde undersøkt det vi var aller mest nysgjerrige på, så måtte vi nesten undersøke det selv. Dessuten har arbeidet med denne oppgaven vært både spennende, morsomt, slitsomt, kaldt og lærerikt; altså alt annet enn tørt.

Vi har gjort mye som også kunne ha blitt gjennomført i en «vanlig» masteroppgave i arkitektur: Vi har for eksempel målt og undersøkt hus, satt oss inn i tomtesituasjon, utarbeidet plan, snitt og fasadetegninger og prosjektert løsninger for videre bruk av Thingvallagården. Samtidig har dette kun vært en liten del av det vi har jobbet med. Vi har brukt minst like mye energi på å sette sammen materiallister, beregne u-verdier, utføre beregninger i simuleringsprogramene for til slutt å tolke og drøfte dette.

Mye av det vi har jobbet med har vi aldri vært borti tidligere og vi har flere ganger følt at vi har tatt oss vann over hodet og vel så det, men hvem har vel ikke det ved en masteroppgave? Vi er stolte over å ha kommet i land og lettet over å kunne levere fra oss et halvt års arbeid.

Vi hadde aldri klart å gjennomføre denne oppgaven uten hjelp av veiledere, støttespillere og ikke minst: hverandre. Det hadde ikke vært mulig å gå så langt i dybden, favne så bredt og drøfte like inngående som vi her har gjort dersom én av oss hadde manglet.

## Takk til

Vi vil gjerne rette en stor takk til våre veiledere: Eir Grytli og Dag Nilsen for dedikasjon, veiledning og faglig støtte. Videre vil vi gjerne takke Rolf Andre Bohne, Matthias Haase, Jon Eirik Jerve, Brødrene Skaar, Margrethe Siem, Arild Gustavsen, Christian Hemmingsen og Eli Toftemo for hjelp og innspill underveis. Takk til Eiendomsavdelingen ved NTNU for tilgang til Thingvallagården og til Gyldendal (Anders Frøstrup), Universitetsforlaget, Byggforsk Sintef, Statsarkivet i Trondheim, Byarkivet i Trondheim og NTNU for tilgang til billedmateriale og illustrasjoner.

Vi vil selvfølgelig også takke Christian, Svein Åge, Truls og Stein.





Forord	3
Innledning	11
Mål for oppgaven	12
Oppbygging av oppgaven	13
<b>DEL 1</b>	
<b>Kapittel 1 Arkiv- og litteraturstudier</b>	<b>15</b>
Metodebeskrivelse	17
Litteratursøk	18
Søk i kartsamlinger	19
Muntlige kilder	19
Området og bygningens historie og utvikling	19
Gårdshistorie	19
Bortbygging av Sommervoldgrunnen	20
Bygningenes sammenstilling	21
Utbygging i nærområdet	21
Staten kjøper opp - saneringsplaner for området	22
Gjeldende kommunedelplan	22
Thingvallgården	23
Uthuset	36
<b>Kapittel 2 Oppmåling, registrering, tegning og modellering</b>	<b>39</b>
Metodebeskrivelse	41
Utstyr	41
Oppmåling og tegning av langsnitt	45
Oppmåling og tegning av tverrsnitt	46
Oppmåling og tegning av fasade	47
Oppmåling og tegning av plan	48
Thingvallgårdens oppbygning	64
Fundament	64
Kjellermur	64
Kjellergulv	64
Bærende trekonstruksjon	65
Piper og brannmurer	66
Takkonstruksjon	66
Ytterkledning og kledningsdetaljer	66
Verandaer og andre tilbygg	67
Vinduer	67
Dører	68
Innvendige vegger	69
Innvendige trapper	69
Himlinger og gulv	69
Tekniske installasjoner og innredning	69
Uthuset	70
3D-modellering	70
Stilmessige trekk	73
<b>Kapittel 3 Tilstandsanalyse og registrering</b>	<b>75</b>
Metodebeskrivelse	77



Registreringer	78
Bygningens deler	80
Usikkerhetsmomenter og utfordringer	81
<b>Oppsummering; Tilstandsanalyse og registrering</b>	<b>82</b>
Fundament	82
Kjellergulv	82
Kjellermur	82
Bærende trekonstruksjon	83
Piper og brannmurer	84
Tak	84
Ytterkledning	84
Verandaer, overbygg og detaljer	85
Vinduer	85
Dører	85
Innvendige vegger	86
Innvendige trapper	86
Himlinger og gulv	86
Generelt	87
<b>Kapittel 4 Kulturhistorisk verdivurdering</b>	<b>89</b>
Kriterier og metodologi ved verdivurdering	91
Kulturminnefaglig verdivurdering av Thingvallagården	92
Kulturminners verdi som kilde til kunnskap	92
Kulturminners verdi som grunnlag for opplevelse	94
Kulturminners verdi som bruksressurser	95
Oppsummering; Thingvallagårdens verdier	96
Målsetning for behandling av Thingvallagården	96
<b>DEL 2</b>	
<b>Kapittel 5 Prosjektering</b>	<b>99</b>
Minimumstiltaket	101
Premisser og utfordringer	102
Prosjekterte løsninger: Minimumstiltaket	120
Konstruksjon	120
Innvendige tiltak	125
Utvendige tiltak	126
Utforming av uthuset og leilighetene i fløyen	127
Oppvarming og ventilasjon	128
Brannsikring	128
Lydisolering	129
Energieffektiviserende tiltak	129
Bygningsmessige tiltak	130
Installasjonsmessige tiltak	129
Tiltakspakker	143
Nybygg i passivhusstandard	145



<b>Kapittel 6 Energiberegninger</b>	<b>149</b>
Valg av beregningsmetode	151
Soneinndeling og inndata: minimumstiltak	153
Inndata: Energieffektiviserende tiltak og pakkeløsninger	164
Beregning av U-verdier	164
Beregning av isolasjonstykkelser og U-verdier	166
Energibehov i nybygget	167
<b>Kapittel 7 Livsløpsvurderinger</b>	<b>169</b>
Rammer og metode	171
Hensikt og omfang	171
Livsløpsregnskap (LCI)	174
Livsløpseffektvurdering (LCIA)	174
Livsløpstolkning	176
Begrensninger ved metoden	176
Dataverktøy og databaser	176
Livsløpsvurdering av bygninger	176
Livsløpsvurdering av ulike alternativer for Thingvallgården	178
Dataverktøy og databaser	178
Produktsystem og systemgrenser	179
Funksjonell enhet	180
Modellering i SimaPro	181
Livsløpsregnskap	182
Livsløpseffektvurdering (LCIA)	186
<b>DEL 3</b>	
<b>Kapittel 8 Drøfting</b>	<b>191</b>
Kulturhistoriske verdier	193
Energibruk	237
Minimumstiltaket	237
Energibesparelser ved enkelttiltak	239
Tiltakspakkene	241
Tolkning og presentasjon av resultater for livsløpsvurderinger	242
Usikkerheter	242
Trinn 1: Enkelttiltak	243
Trinn 2: Tiltakspakker	247
Trinn 3	252
Oppsummering og anbefaling	257
Anbefaling av tiltak	257
Avslutning	261
Evaluerings/etterord	262
Referanser	263
Vedlegg	268



# Innledning

Tittelen «Thingvalla teller!» henspiller på Thingvallagården spesielt men også eksisterende bygninger generelt. Thingvallagården og eksisterende bygninger teller i et *miljøperspektiv* ved at de til sammen utgjør et stort potensiale for energieffektivisering. Samtidig teller Thingvallagården og andre eksisterende bygninger<sup>1</sup> i et *byggningsvernsperspektiv* ved at bygningen i seg selv representerer verdier som potensielt kan gå tapt ved feilaktig behandling.

«Eksisterende bygningsmasse er viktig i arbeidet med energieffektivisering og omlegging. [...] Oppgaven med å gjennomføre energieffektiviserende tiltak i eksisterende bygningsmasse uten tap av kulturarvens verdier innebærer store utfordringer, men også muligheter.» (Regjeringens arkitekturpolitiske dokument *arkitektur.nå*, 2009: 14)

Energieffektivisering av bygninger er i dag et stort satsningsområde og som nevnt over utgjør eksisterende bygg en betydelig del av denne satsingen. Når myndighetene ønsker en reduksjon i energiforbruket begrunnes dette hovedsakelig med at:

- Samfunnet vårt er kritisk avhengig av en sikker elektisitetsforsyning for å opprettholde sine funksjoner og at energieffektivisering derfor vil bidra til å øke *forsyningsikkerheten* av energi i Norge.
- Norge har internasjonale forpliktelser i forhold til å redusere sine CO<sub>2</sub>-utslipp og en reduksjon i energiforbruk er en del av å oppfylle disse.

I norske bygninger er elektrisitet den viktigste energikilden og elektrisitetsproduksjonen i Norge er i stor grad basert på vannkraft, altså en fornybar kilde (SINTEF Byggforsk 2009). Kun 7 prosent av dagens energibruk i boliger og næringsbygg dekkes av fossil energi (gass, parafin og fyringsoljer). Energieffektivisering alene vil derfor gi begrensede CO<sub>2</sub>-reduksjoner i byggesektoren (Miljøverndepartementet 2010). En viktig årsak til at man vil redusere energibruken i norske bygninger er imidlertid at man da kan frigi strøm produsert fra vannkraft til å erstatte fossil energi i andre sektorer eller for å eksportere ren energi til Europa (ibid.).

Gjennom plan- og bygningsloven (TEK) stilles det krav til bygningers energiforbruk ved nybygging og hovedombygging. Disse kravene ble nylig strengere (revidert utgave av TEK 2010). Det planlegges også å skjerpe kravene ytterligere de kommende årene. Kommunal- og regionaldepartementet oppnevnte i desember 2009 en arbeidsgruppe som har hatt i oppdrag å komme med innspill til en handlingsplan for energieffektive bygg. I arbeidsgruppens sluttrapport (23.08.2010) foreslås blant annet forskriftskrav ved totalrehabilitering som tilsvarer lavenergivå (i 2015) og passivhusnivå (i 2020<sup>2</sup>) (Arnstad et al. 2010).

I tillegg arbeider for eksempel Enova for å fremme energieffektivisering av bygninger og i år (2010) trådte ordningen for *Energimerking av bygg* i kraft. Denne ordningen innebærer at boliger og yrkesbygg som selges eller leies ut skal ha en energiattest som viser bygningens energistandard.

Energieffektivisering av eksisterende bygninger er imidlertid ikke uproblematisk sett fra et

---

1 I hvor stor grad en eksisterende bygning tillegges kulturhistoriske verdier vil variere  
2 «Ved utforming av endelig regelverk og ved valg av konkrete tekniske løsninger, er det viktig å se energieffektivisering i sammenheng med verneinteresser og inneklima og andre miljøutfordringer som f.eks. bruken av helse og miljøfarlige stoffer, selv om det ikke er fokusert på her.» (Arnstad et al. 2010)

vernefaglig og/eller arkitektonisk standpunkt. Energieffektiviseringstiltak kan potensielt føre til store endringer på bygningen, for eksempel gjennom destruktive inngrep eller endring av arkitektonisk uttrykk. Det vil derfor være viktig å velge energieffektiviserende tiltak som ikke går på bekostning av bygningers kulturhistoriske verdier.

Samtidig opplever vi det som et (potensielt) problem at det rettes et ensidig fokus mot energiforbruk (i driftsfasen) og CO<sub>2</sub>-utslipp, da bygging også kan settes i sammenheng med ressursforbruk og økende avfallsmengder. Vi mener det er nødvendig med et mer helhetlig fokus i forhold til miljøpåvirkninger og ressursforbruk.

For å ta gode valg må man ha mulighet til å gjøre en *helhetlig* vurdering, som blant annet krever kunnskap om de ulike tiltakenes miljømessige effekt/prestasjoner og deres påvirkning på bygningens kulturhistoriske verdier.

## Mål for oppgaven

Vi har valgt følgende problemstilling for oppgaven:

Er gjenbruk av Thingvallgården god ressursforvaltning/miljøtenkning og i hvor stor grad er ivaretagelse av kulturarvens verdier forenelig med ulike energieffektiviserende tiltak?

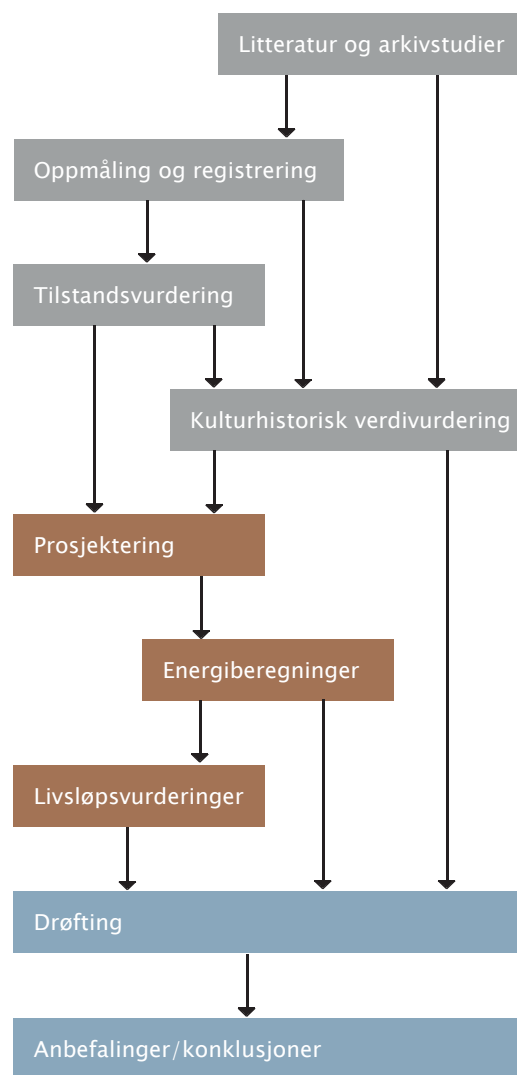
«Med utgangspunkt i Thingvallgården ønsker vi å undersøke hvordan ulike aktuelle energieffektiviseringstiltak påvirker både bygningens samlede miljøpåvirkning gjennom livsløpet og dens kulturhistoriske verdier. Slik kan vi se de ulike tiltakene i et mer helhetlig perspektiv og ikke bare se på hvordan de påvirker bygningens energibruk i driftsfasen. Samtidig ønsker vi å undersøke hvordan gjenbruk av Thingvallgården forholder seg til avhending og nybygg på samme tomt sett i et livsløpsperspektiv.

Vi tar utgangspunkt i Thingvallgården slik den står i dag og ser for oss at den skal bli gjestebolig slik NTNU har planer om. For at bygningen skal kunne brukes eller svare til en viss standard vil det kreves utbedringer. Omfanget av disse kartlegges gjennom analyser og undersøkelser og utgjør det vi kaller et minimumstiltak. Dette blir beregnet i en livsløpsvurdering.

Deretter vil vi se på ulike energieffektiviseringstiltak. Dette kan dreie seg om for eksempel tetting av luftlekkasjer, etterisolering mot kjeller og kaldt loft, utskiftning av vinduer eller montering av tilleggsglass. Hvert enkelt energieffektiviseringstiltak vil beregnes i separate livsløpsvurderinger hvor minimumstiltaket inngår. Hensikten med å se på energieffektiviseringstiltakene separat er for å kunne si noe om deres innvirkning på bygningens helhetlige miljøpåvirkning og å kunne se dette i forhold til deres påvirkning på bygningens kulturhistoriske verdier.

Vi prosjekterer et nybygg på tomten Thingvallgården står i dag. En livsløpsvurdering for dette vil inkludere avhending av Thingvallgården. Resultatene fra de ulike livsløpsvurderingene sammenlignes.» (Utdrag fra forarbeidet).





Oppbygning av oppgaven.

#### Ordforklaring

Vi bruker ordet *opprinnelig* for å beskrive tidstilhørigheten til bygningselementer, materialer og overflater («Denne døren er sannsynligvis opprinnelig»). Når vi har valgt denne ordbruken i stedet for å bruke ordet *original*, så kommer det av den tosidige betydningen til ordet. «Dette er en original list» kan både bety at listen er fra samme tid som da bygningen ble reist (det vi definerer som opprinnelig) og at listen er utradisjonelt utformet. Vi var ikke helt komfortable med denne doble betydningen, og valgte derfor heller å bruke definisjonen opprinnelig.

## Oppbygging av oppgaven

Oppgaven er delt i tre deler som igjen består av flere faser. Fasene er gjennomført suksessivt, slik at resultatene fra en fase danner grunnlaget for den neste.

### Del 1: Foranalyser og undersøkelser

Ved å gjennomføre ulike foranalyser og undersøkelser la vi grunnlaget for å sette videre rammer og avgrensninger for oppgaven.

Gjennom *arkiv- og litteraturstudier* fikk vi oversikt over aspekter ved Thingvallagårdens historie som det ikke har vært mulig å finne ut av ved å studere bygningen i seg selv, samt en forståelse for konteksten bygningen står i i dag (Kapittel 1).

Under *oppmåling, registrering, tegning og modellering* opparbeidet vi et komplett tegningsgrunnlag for Thingvallagården og tilegnet oss kunnskap om bygningens oppbygging, struktur og detaljering (Kapittel 2).

Ved å gjennomføre en *tilstandsanalyse og registrering* fikk vi innsikt i Thingvallagårdens bygningsdeler/materialer, deres tilstand og årsaker til eventuelle skader. På grunnlag av dette kunne vi foreslå mulige tiltak for utbedring (Kapittel 3).

Til slutt i denne delen gjorde vi en *kulturhistorisk verdivurdering* gjennom å kartlegge og synliggjøre hvilke kulturhistoriske verdier Thingvallagården innehar og hvordan disse manifesterer seg i bygningen (Kapittel 4).

### Del 2: Prosjektering og beregninger

I denne delen prosjekterte vi minimumstiltaket, de energieffektiviserende tiltakene og nybygget. Disse danner videre grunnlaget for å gjennomføre energiberegninger og livsløpsvurderinger og for videre drøftinger.

Under *prosjekteringsfasen* utformet og tegnet vi minimumstiltaket og nybygget. I prosjektering av minimumstiltaket avgjorde vi hva som skal til av inngrep for at Thingvallagården skal kunne brukes videre. Vi valgte også ut energieffektiviserende tiltak og undersøkte detaljutformingen av disse. (Kapittel 5)

Det ble gjennomført *energiberegninger* for hvert tiltak for å finne et estimert årlig energiforbruk. Dette involverte også beregning av u-verdier (Kapittel 6).

Ved å gjennomføre *livsløpsvurderinger* for hvert tiltak fikk vi en indikasjon på tiltakenes totale miljøpåvirkning gjennom livsløpet. Dette involverte også en beregning av tilførte materialmengder (Kapittel 7).

### Del 3: Drøfting og anbefalinger

I den avsluttende delen vurderte vi de ulike energieffektiviserende tiltakene i lys av deres påvirkning på Thingvallagårdens kulturhistoriske verdier og resultatene fra energiberegningene og livsløpsvurderingene ble tolket og drøftet (Kapittel 8).











Formålet med denne delen av undersøkelsene har vært å få oversikt over aspekter ved Thingvallagårdens historie som det ikke har vært mulig å finne ut av ved å studere bygningen i seg selv samt å få forståelse for den konteksten bygningen står i i dag gjennom å studere den historiske utviklingen av området.

Informasjonen vi har funnet fram til vil utgjøre en del av bakgrunnen for vår kulturhistoriske verdivurdering av Thingvallagården. Samtidig vil en del informasjon være til hjelp når vi skal sette rammer for prosjektering av tiltak i bygningen og for et nybygg på tomte hvor Thingvallagården står i dag.

## Metodebeskrivelse

### Arkivsøk

I *byarkivet* finner man *byggesaksmapper, reguleringsplaner, VVS/rørleggermapper, målebrev, delingssaker og statiske beregninger.*

Gjennom søk i byggesaksarkivene kan en finne ut når bygningen ble reist, hvilke meldepliktige byggetiltak som har blitt utført på bygningen og om eier har fått pålegg om utbedringer eller andre endringer.

Ved hjelp av reguleringsplanen kan en finne ut hvilke reguleringer som har vært gjeldende for området gjennom tidene og hvilken form for regulering som er tiltenkt området i fremtiden.

I *statsarkivene* finner man blant annet *tinglysningsarkiver (panteregister og pantebøker) og branntakster.*

Panteregisteret viser i stikkordsform hva som står hvor og i hvilken pantebok, og ved å slå opp i riktig pantebok finner man informasjon om *skylddelingsforretninger, skjøter/kjøpekontrakter, festebrev og utskiftningforretninger (jordskifte).* Skylddelingsforretninger beskriver hvordan fast eiendom er skilt fra eldre eiendom (hvor eiendommen kommer fra) og innehar først og fremst informasjon om grensebeskrivelser. Skjøter/kjøpekontrakter gir opplysninger om rettigheter og heftelser som følger med eiendommen. Festebrev er leiekontrakter for fast eiendom og har også ofte grensebeskrivelser. Utskiftningforretninger (jordskifte) er omfattende reguleringer av eiendomsforhold på en *matrikkelgård* - en gård som ikke lenger fungerer som gård, men er delt inn i flere parseller som er tomter for bymessig bebyggelse. Reguleringene kan her omfatte både inn- og utmark.

I *magistratsarkivet* finnes *branntakster* fra ulike perioder. I branntakstene beskrives bygningen i detalj og her kan man derfor finne opplysninger om blant annet bygningens oppbygning (konstruksjon og kledninger), antall og type boenheter, vinduer, dører og ovner.

Både byarkivet og statsarkivet i Trondheim holder til i samme etasje i arkivbygningen på Dora. Arkivmateriale fra begge arkivene må bestilles og hentes ut til gjennomlesning på en lukket lesesal. Mappene er ofte sortert etter adresser, og ved bestilling må man oppgi enten adressen eller gårds- og bruksnummer på den eiendommen det gjelder. Det er mulig å få kopier av dokumentene, og noe av materialet, blant annet panteregister og pantebøker, er blitt



Gjennomgang av branntakster på arkivets lesesal.

digitalisert og ligger tilgjengelig på internett. Mye av materialet i pantebøker og branntakster er skrevet for hånd i gotisk skrift, og kan derfor være vanskelig å tyde.

For å få oversikt over hva slags informasjon som var mulig å finne, startet vi med arkivsøk allerede i uke 2. Første dag bestilte vi alle tilgjengelige mapper for Thingvallagården i byarkivet, men siden området ikke har reguleringsplan og lite annet er blitt gjort, fikk vi kun utlevert en byggesaksmappe og et målebrev. I byggesaksmappen fant vi en ombyggings-søknad som inkluderte ufullstendige tegninger av bygningen fra 1946. Dette var alt av tegningsmateriale som fantes på selve bygningen, mens forslag til et nytt uthus fra 1979 var godt dokumentert med kartutsnitt og detaljerte tegninger. Vi så også igjennom byggesaksmappe for de øvrige bygningene i Høgskoleveien. Her fant vi fasadeoppriss av Thingvallagårdens nabobygning, Høgskoleveien 2.

I neste omgang bestilte vi branntakstene for Thingvallagården. Disse var skrevet med gotisk skrift og var derfor vanskelige å tyde for våre utrente øyne. Vi hadde også fått en perm med informasjon fra NTNU hvor teksten fra branntakstene var dataskrevet, og vi brukte disse både for å tyde teksten i arkivet og for å kontrollere at ingenting var utelatt i den transkriberte teksten.

Samme dag gikk vi igjennom panteregisteret for Trondheim kommune. Til å begynne med hadde vi problemer med å finne de riktige pantebøkene, og etter hvert ble vi klar over at bygningen ikke alltid har ligget i Trondheim kommune. Thingvallagården lå i Strinda kommune fram til 1893 og dermed fant vi ingen informasjon om bygningen i pantebøkene fra Trondheim kommune før dette. Ved å lete i panteregisteret for Strinda kommune, fant vi imidlertid de pantebøkene som gjaldt bygningen.

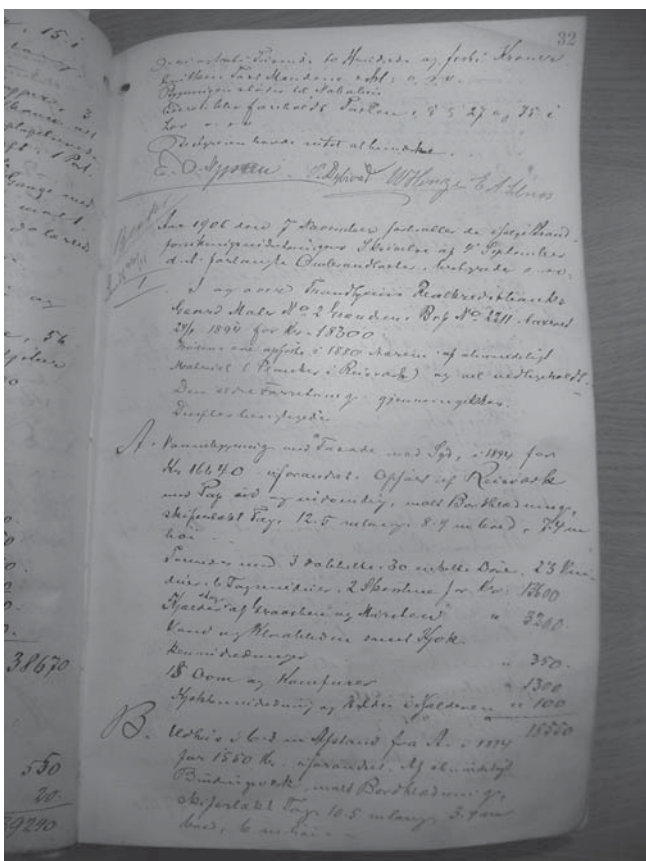


Foto av en side i en pantebok.

## Litteratursøk

Aktuelle bøker og tekster kan fortelle om historiske forhold rundt bygningen eller området som helhet. For å finne informasjon om området gjennomførte vi litteratursøk i Bibsys (Universitetsbiblioteket i Trondheim) og i Folkebiblioteket i Trondheims databaser. Spesielt fikk vi god nytte av Asgeir Bells hovedoppgave i arkitektur, *Historiske trekk fra et eldre boligområde i Trondheim. Vollan - Nedre Singsaker - Gresen* fra 1972. Vi fant også informasjon og nyhetsartikler gjennom søk på internett. Søkeord var blant annet Thingvallagården, Kråkeslottet, Høgskoleveien, Gresen og Elgeseter.

Også eldre avisoppslag kan fortelle om historiske forhold rundt bygningen. For en bygning som ligger i Trondheim er særlig Adresseavisen en aktuell søkekilde. Adresseavisens årganger ligger tilgjengelig på mikrofilm på Universitetsbiblioteket i Trondheims avdeling på Dragvoll. Mikrofilmrullene hentes opp fra lageret, og må derfor bestilles på forhånd. Mikrofilm-apparatet er plassert på et eget rom inne i bibliotekslokalene og må reserveres på forhånd.

Doktorgradsavhandlingen *Trebyen Trondheim. Forvitring og fornying* av Dag Kittang (2006) er i stor grad basert på artikler og innlegg publisert i Adresseavisen, og berører mange av de temaene som har vært sentrale for Thingvallagårdens historie (blant annet saneringstrusselen ved planlagt utvidelse av NTH). Basert på referanselisten i denne avhandlingen bestilte vi mikrofilmer til gjennomlesning. Å gå igjennom disse var en nitidig og tidkrevende prosess og tatt i betraktning hvor få aktuelle saker vi fant, bestemte vi oss for å avslutte etter to årganger.

## Søk i kartsamlinger

En gjennomgang av kart over Trondheim gir innblikk i forandringer i området omkring bygningen. Eldre kart over Trondheim finnes i Spesialsamlingene ved Gunnerusbiblioteket (Universitetsbiblioteket i Trondheim). Kartene er registrert i Bibsys og kan bestilles derfra. Spesialsamlingen er en egen, lukket avdeling med lesesal hvor alt av materiell må bestilles i forkant og hentes opp av betjeningen. På grunn av at kartene er gamle og ømtålelige kan de kun kopieres av betjeningen. Nyere kart (innenfor vernetiden på 70 år) er rettighetsbelagte, og kan derfor ikke kopieres uten at tillatelse er innhentet.

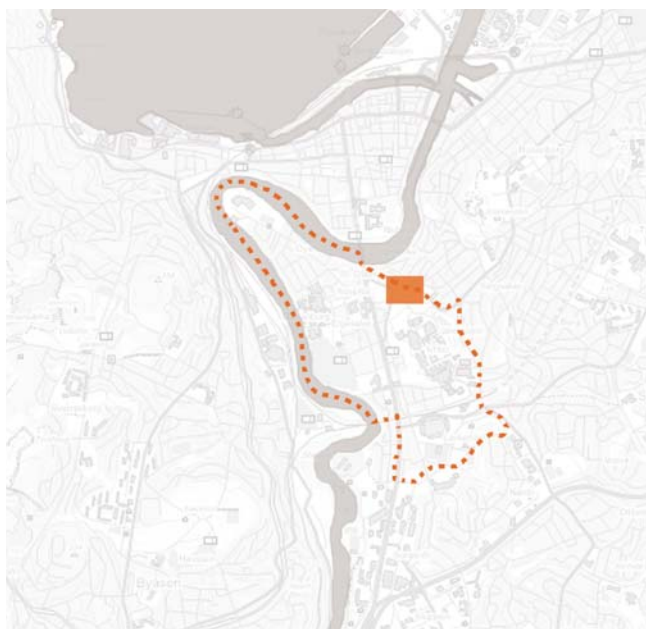
Vi hadde ikke bestilt kart på forhånd, men møtte opp tidlig på biblioteket. Ved å søke i Bibsys fant vi aktuelle kart som ble hentet opp. På grunn av rettighetsbegrensninger fikk vi ikke kopi av alle aktuelle kart, men av noen av de eldre.

## Muntlige kilder

Muntlige kilder, som nåværende/tidligere eier eller personer som har hatt tilknytning til bygningen, kan gi informasjon som ikke alltid finnes i arkiver eller andre kilder.

Når det gjelder Thingvallgården satt eier NTNU med lite informasjon utover det vi selv fant i byggesaksmapper og branntakster.

Ved søk på internett fikk vi kontakt med en mann som hadde vokst opp i området og som selv søkte etter informasjon om områdets historie. Han hadde lagt ut en melding om at han var interessert i å komme i kontakt med mennesker som hadde bodd i området. Vi ga hverandre tips om relevante kilder og utvekslet informasjon om området. Gjennom ham fikk vi vite at det var opprettet en egen gruppe på Facebook kalt *Makalausgrenda i Trondheim*, hvor tidligere og nåtidige beboere i området kunne dele minner og bilder. Vi ble medlemmer av denne gruppen og fulgte med på det som ble lagt ut av meldinger og bilder. Dette var ganske spennende, men ga lite informasjon til bruk i oppgaven.



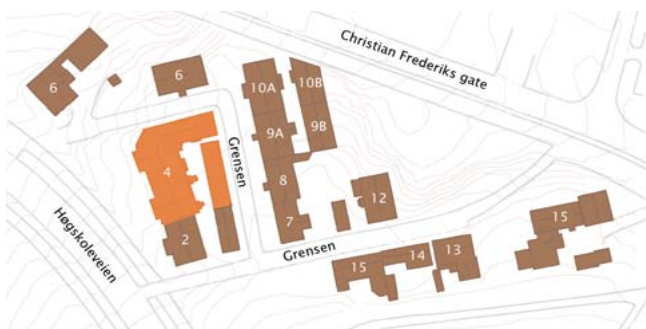
Grensens plassering i Trondheim. Kommunedelen Elgeseter er markert med stiplet linje. Kartutsnittet er basert på kart fra <http://www.gislink.no/gislink/>

## Området og bygningens historie og utvikling

Thingvallgården (Høgskoleveien 4) ligger i et boligområde som går under navnet *Grenda* i bydelen Elgeseter i Trondheim. Navnet Grenda kommer sannsynligvis av at området fram til 1893 lå akkurat utenfor bygrensen og samtidig i grenselinjen for vognmennenes takst for kjøresone 1 (Moen 1989). Grenda var fram til da del av Strinda kommune.

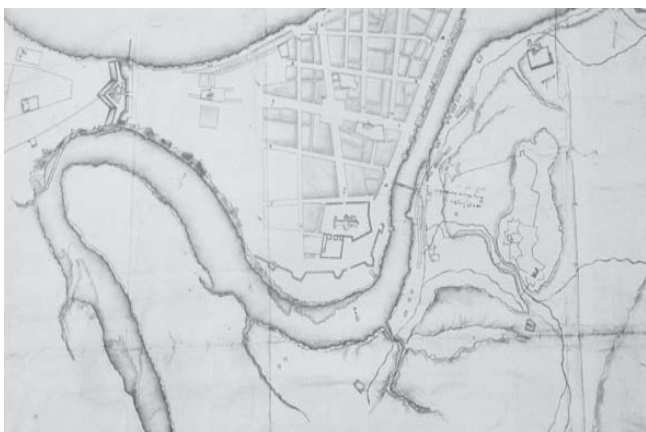
## Gårdshistorie

Elgeseter gård (senere Volla) er modergården til alt som finnes av bruk og bebyggelse fra Singsaker og Gløshaugen i øst, Øya i vest og landsskapet syd til Sluppen (Bell 1972). Gården var en av de største i Strinda kommune og lå opprinnelig i området ved Elgeseter kloster, der hvor Klosterdalen i dag ligger. Den senere hovedbygningen, som i dag går under navnet Volla, ligger i krysset mellom Klæbuveien og Klostergata og er antakelig fra slutten av 1700-tallet. (Trondheim kommune 1997).



Bygningene på Grenda er fordelt over adressene Christian Frederiksgate, Grenda og Høgskoleveien. Kartutsnittet er basert på kart fra <http://www.gislink.no/gislink/>





Udatert kart over byen og omegn fra ca 1695 som viser Helgeseterbekken som rant i dalen øst for Gløshaugen-plataet. Kilde: Trondheim kommune (1997): *Bydelsplan Elgeseter. Delrapport: Byform.*



Utsnitt av bykart fra 1883 hvor to gårder er oppført med navnet Gløshaugen. Gløshaugen vestre (del av Hesthagen gård) har sannsynligvis fått navnet Gløshaugen ut fra plasseringen av bygningene (Bell 1972). Den andre Gløshaugengården er Gløshaugen Østre. Husrekken Grensen 13-18 (Makalausgrenda) er markert i en firkant. Kilde: Trondheim kommune (1997): *Bydelsplan Elgeseter. Delrapport: Byform.*



Husrekken som har blitt kalt *Makalausgrenda*. Kilde: www.trondheimsbilder.no

Fra 1700-tallet til 1800-tallet tapte jordbruksnæringen terreng mot byens ekspansjon og Elgeseter gård ble i løpet av en periode på rundt 40 år oppstykket i en rekke lyst- og avlsgårder (Bell 1972). Fra matrikkelen av 1838 kan man få en oversikt over gårder som ble utstykket fra Elgeseter gård ved århundredskiftet og begynnelsen av 1800-tallet. Det ble ført opp 27 større og mindre parseller med samme matrikelnummer (29). De parsellene som ble skyldsatt til mer enn én daler var Sorgenfri, Tempe, Edwardsminde, Lerkendal, *Gløshaugen*, Tilfredshet, Sommerro, Klosterdalen, Niderø, Elisefryd, Elgeseter, Valøen, Veisletten, Dalsengen og Singsaker (ibid.).

Gløshaugen gård (i dag Gløshaugen Østre) ble utskilt i 1799 etter at det hadde vokst fram en plass under Elgeseter. Gården ble kjøpt av Ole Sommervold i 1838. Man regner med at Gløshaugenbygningene lå omtrent der hvor det lille sveitserhuset nå ligger, øst for hovedbygningen på NTNU (ibid.).

Framvekst av industri førte til at det ble behov for flere sentrumsnære boliger og gårdene Singsaker, Gløshaugen (senere *Sommervold*) og Jonslækken har hatt stor betydning for utbyggingen i området. Eiernes rettigheter og forpliktelser ved bygselsbrev har gitt eierne makt i utformingen av bebyggelsen, mens offentlige myndigheter har hatt mindre med reguleringen å gjøre (ibid.).

Rundt 1863 startet en utparsellering av Gløshaugen gård. Det skal ha vært en plass under Gløshaugen som gikk under navnet Stabells bygselsplass, hvor en ved navn Stabell skal ha fått feste på en tomt i 1813. Samme plass hadde tidligere blitt bygslet av en Stephanson siden 1800, men dette festet ble i 1813 tilintetgjort. Man vet ikke når Stabells feste opphørte, men ved skyldfordelingsforretning av 1863 har Ole Sommervold bosatt seg på den «saakalte Stabellsplads». Ved denne skyldfordelingsforretningen ble hovedbruket, Gløshaugen Østre, solgt til Nils Ylvisaker, mens Sommervold satt igjen med forretningens «hovedbruk» (ibid.).

Ole Sommervolds «hovedbruk» har siden gått under navnet Sommervold gård. Eiendommen ble i sør begrenset av en linje fra Gløshaugveien (senere Høgskoleveien) til Helgeseterbekken (også kalt Gløshaugbekken) som i dag er erstattet med en vei nederst i Høgskoleparken. Videre grenset eiendommen mot Singsaker ved bekken helt til Bekkosen nederst i Vollabakken, og i vest langs Vollabakken og Gløshaugveien (ibid.). Det finnes i dag ingen kart som viser plasseringen av Sommervoldgårdens bygninger.

## Bortbygsling av Sommervoldgrunnen

En bortbygsling ble satt i gang 1872-73 på Grensenplataet, hvor parsellene senere matrikulert som Grensen 13, 14, 15, 16, 17 og 18 ble skilt ut. Alle gårdene i denne husrekken, som populært ble kalt *Makalausgrenda*<sup>1</sup>, er trolig oppført samme år; 1873. De kan være påbegynt året før, men det er ikke noe feste tidligere enn 1873. Gårdene ble først matrikulert til Grensen 13-18 i 1946<sup>2</sup>. De hadde før dette blitt betegnet med eierens navn som gård på eller under Sommervold (ibid.).

Sommervoldgården ble etter Ole Sommervolds død overtatt av sønnen hans, Espen Olaus Sommervold. Parsellen «Grændsen» ble solgt til en snekker Strøm i 1875. Husene på Stabells

- 1 Navnet har den trolig etter Odin Sommervold (Ole Sommervolds barnebarn) som på folkemunne ble kalt «Makalausen» fordi han visstnok alltid svarte «Ja e de' itj makalaust!» når noen sa noe oppsiktsvekkende (Støren 1983).
- 2 Dette forklarer hvorfor gårdene er nummerert *etter* gårdene bygd mellom 1890 og 92.



### Bygninger oppført på Gvensen 1872–73

*Gvensen 13:* Bebygget av Marit Stav. Festekontrakt datert 12.5.1873.

*Gvensen 14:* Bebygget av bryggesjauer Fredrik Chr. Berg, født på Lade. Festekontrakt datert 19.4.1873.

*Gvensen 15:* Bebygget av snekker Ole Eriksen Rosvold, født i Bratsberg. Første feste ikke registrert.

*Gvensen 16:* Bebygget av murerarbeider Bersvend Ellingsen Leren. Festekontrakt datert 1.12.1873.

*Gvensen 17:* Bebygget av vognmann J. E. Olsen, født i nedre Stjørdal. Første feste ikke registrert.

*Gvensen 18:* Bebygget av Jens Vigen. Første feste ikke registrert.

### Bygninger oppført på Gvensen 1890–92

*Høgskoleveien 2:* Tidligere matrikulert som Gvensen 1. Bebygget av Arent H. Hegdal. Grunnen utskilt 1889.

**Høgskoleveien 4:** Tidligere matrikulert som Gvensen 2 og 3. Bebygget over to byggegrunner av Anders Thingvoll. Grunnen utskilt 1889.

*Høgskoleveien 6:* Tidligere matrikulert som Gvensen 4. Bebygget av Henrik Karlsen. Grunnen utskilt 1889.

*Høgskoleveien 8:* Tidligere matrikulert som Gvensen 5. Bebygget av Hans J. Hånde. Grunnen utskilt 1889.

*Gvensen 6:* Bebygget av Lars Knudsen. Grunnen utskilt 1890.

*Gvensen 7:* Bebygget av Marit Øien. Grunnen utskilt 1889.

*Gvensen 8:* Bebygget av Alexander Gaare. Grunnen utskilt 1890.

*Gvensen 9:* Bebygget og trolig oppført av Mikal Eklo. Grunnen utskilt 1890.

*Gvensen 10:* Tidligere Gvensen 10 og 11. Bebygget av Jacob Bjørgan. Grunnen utskilt 1890.

*Gvensen 12:* Bebygget av Peter Bjerkan. Grunnen utskilt 1890.

Oversikt over byggeår for bygningene på Gvensen.

Kilde: Bell 1972



Foto som viser Gløshaugen og bygningene langs Gløshaugveien før NTH ble bygd.

Kilde: www.trondheimsbilder.no



Oversiktsfotografi av Gløshaugen og Høgskoleparken hvor boligområdet Gvensen vises i nedre hjørne til venstre.

Kilde: www.trondheimsbilder.no

bygseisplass ble da nedrevet og flyttet til en tomt rett øst for Gvensen 13 (Nå Christian Fredriks gate 15). E. O. Sommervolds sønn, Odin Sommervold solgte gården i 1892. Den ble da kjøpt av Henrik Eide for 7000 kroner. Siden har Eideslekten eid Sommervoldhuset på Gvensen.

På grunn av økonomisk tilbakegang og lavkonjunktur stoppet utbyggingen opp mellom 1883 og 1888. Grændsenparsellen som det hadde vært planer om å bebygge siden 1875, kunne etter nedgangstidene var over endelig utstykket og bebygges. Bankens rolle i finansiering av utbygging ble etter krisen styrket. Trondheim Realkredittbank har trolig medvirket i utbyggingen av alle gårder bygget på Gvensen etter krisen, med unntak av Høgskoleveien 4. Ved skylddeling i 1889 ble Grændsenparsellen delt i 12 parseller, Grændsen (Gvensen) 1-12. Grunnene ble utskilt i 1889-90 og bygningene oppført mellom 1890 og 1892 (ibid.).

I forbindelse med planene for universitetsutbyggingen på gløshaugen ble Gløshaugveien lagt om og navnet ble endret til Høgskoleveien. I forbindelse med dette fikk bygningene som vendte ut mot veien endret adresse til Høgskoleveien 2, 4, 6 og 8.

## Bygningenes sammenstilling

I Bells avhandling "*Historiske trekk fra et eldre boligområde i Trondheim. Vollan - Nedre Singsaker - Gvensen*" (1972) gjennomgås bygningene på Gvensen og deres sammenstilling. Han peker på at utbyggingen av husrekken fra Gløshaugveien østover mot bekken (*Makalausgrenda*) sannsynligvis har vært mest betinget av eiendomsgrensen til Sommervold gård. Bebyggelsen har, til tross for at de ikke har hatt noen tilknytning til annen bymessig bebyggelse, fulgt utbyggingsprinsippene slik de har blitt anvendt andre steder i byen. Ole Sommervold var sannsynligvis mer og mer avhengig av inntektene fra grunnleien og dette ga motiv for å utnytte grunnen med små og tettstilte gårder.

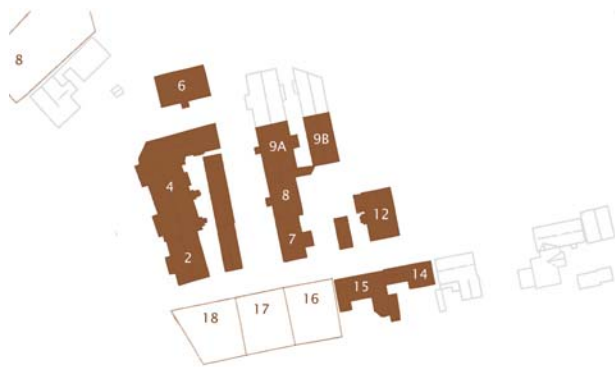
1890-tallsbebyggelsen på Gvensen bryter med retningen i Makalausgrenda. Bygningene her har forholdt seg til sør-nord-retningen i landskapet. Bygningsrekken Gvensen 7-10 understreker landskapstrekket. Bell (1972) mener det er tydelig at man har kommet opp i kompromisser med gårdene som vender ut mot Gløshaugveien (Høgskoleveien).

Stikkveien fra Gløshaugveien med retning mot Gvensen 10 har sannsynligvis kommet ved planleggingen av Thingvallgården og er trolig grunnen til Gvensen 6 er orientert i motsatt retning. Bell peker imidlertid på at det kan være mulig at tuftene etter den gamle Sommervoldgården har hatt innflytelse på planene for denne bebyggelsen.

## Utbygging i nærområdet

Staten ervervet Gløshaugen Vestre i 1886 og tok bygningene i bruk, først til blindeskole og senere til døveskole. Stortinget vedtok i 1900 at Norges Tekniske Høiskole, NTH skulle legges til Trondheim. Kommunen stilte derfor mer areal på Gløshaugen til disposisjon<sup>3</sup>. En plan for høgskoleområdet forelå i 1903. Gløshaugveien ble i denne planen erstattet av Høgskoleveien. Utbyggingen startet i 1905 og Hovedbygningen ble ferdigsstilt med tillatt oppstart av undervisning fra høsten 1910 (<http://www.ntnu.no/2020/forpro-om-gloeshaugn.htm>).

<sup>3</sup> Noe av dette arealet er fremdeles i kommunens eie, blant annet halvdelen av parken nord for Hovedbygningen.



NTNU eier i dag 9 boligeiendommer i området: Grensen 6 (4 boforhold), Grensen 7 (1 boforhold), Grensen 8 (2 boforhold), Grensen 9 (6 boforhold), Grensen 12 (2 boforhold), Grensen 14 (stengt grunnet dårlig standard, opprinnelig 1 boforhold), Grensen 15 (stengt grunnet dårlig standard, opprinnelig 1 boforhold), Høgskoleveien 2 (3 boforhold) og Høgskoleveien 4 (opprinnelig 10 boforhold, i dag stengt grunnet manglende brannsikkerhet). I tillegg eier NTNU de ubebygde eiendommene Høgskoleveien 8 og Grensen 16, 17 og 18.

Under paragraf 4, *Byggeområder, fellesbestemmelser* punkt 1 *Utforming* er det listet opp en rekke vilkår for endring av eksisterende bebyggelse og for ny bebyggelse i området:

“4.1-1 Endring av eksisterende bebyggelse og anlegg skal utformes med respekt for bebyggelsens og omgivelsenes særpreg.

4.1-2 Nye bygninger og anlegg skal utformes i samspill med områdets steds karakter, nabobebyggelsen og gaterommet og plasseres innenfor de volumrammer som er vist på plankartet.

4.1-3 Innenfor områder merket “antikvarisk bevaringsområde” på temakart Byform, skal det ved endring eller nybygg tas særlig hensyn til antikvariske verdier og ny bebyggelse skal tilpasses disse i form, materialbruk og fargevalg. Byggesøknader her skal utformes i samråd med byantikvaren.

4.1-4 Lokalgater skal i hovedsak utformes som symmetriske bygater med fortau og eventuell tosidig allebeplantning, i samsvar med temakart Grønnstruktur

4.1-5 Det skal være fri sikt lang de viste siktlinjene på temakart Byform.

Veiledende retningslinjer til §4.1:

Enkeltbygninger som er merket som monumentalbygg, viktig kulturminne, på Temakart Byform bør bevares, og ha en god synlighet i bybildet i et mest mulig åpent rom. Det bør tas spesielle estetiske hensyn til disse bygningene ved planlegging av nye bygninger og anlegg i nærheten. Byggesøknader i nærheten av disse bygningene bør utformes i samråd med byantikvaren.”

Utdrag fra kommunedelplanen (Trondheim kommune 1999: 3)

På grunn av økt fokus på innregulering av større grønne områder ble parkområdene rundt Gløshaugen sikret i Sverre Pedersens byplan i 1914. Christian Fredriks gate, som også var planlagt i Pedersens byplan, ble utbygd utover 1920-årene. Helgeseterbekken ble da lagt igjen med kulvert opp til Neufeldts gate. Nivåforandringene ble betydelige: Gaten ble liggende fra 3 til 6 meter over bekkens gamle løp. Det ble tatt ut masse fra Høgskoleparken som på samme tid begynte å ta form. Bygningsmassen på Grensen ble ikke betydelig berørt, kun Grensen 10 måtte ombygges. Bakgården fikk etter dette skjev gavll parallellt med gaten.

## Staten kjøper opp – saneringsplaner for området

Fra midten av 1960-årene var hele området Vollan, Nedre Singsakerslette og Grensen vedtatt sanert i forbindelse med en planlagt utvidelse av NTH. Trondheim kommune og Statens bygge- og eiendomsdirektorat (SBE) startet ekspropriasjon av området på begynnelsen av 1960-tallet. Strøket hadde til da vært svært idyllisk, så motstanden til ekspropriasjonen var derfor stor (Bjørkø 1972).

Med unntak av Grensen 10 og 13, Høgskoleveien 6 og Sommervold gård (Christian Fredriks gate 15) ble Grensen kjøpt opp. Boligbyggelaget TOBB fikk i oppdrag å flytte ut beboerne og forvalte området og studenter fikk flytte inn i husene på korttidskontrakter. På grunn av manglende tillatelser fra Stortinget, ble utbyggingen av arkitektavdelingen utsatt i 1970. Den egentlige grunnen til saneringen forsvant, men mange av boligene i NTHs interesseområde var allerede fraflyttet eller revet (Kittang 2006).

Selv om det ikke forelå konkrete planer for utbygging i området, fortsatte saneringen. Innbyggerne i området sendte brev til NTH om at saneringen måtte stoppes på grunn av boligmangelen i byen og det ble dannet en aksjonskomite som arrangerte dugnader for oppussing og innflytting for folk i bolignød i de tomme husene i området. Ofte ble dette gjort uten godkjenning fra TOBB. Velforeningen Uredd ble stiftet i 1971 med formålet «å bevare strøket som boligområde» (ibid.).

Høgskoleveien 8 ble revet i 1971. Velforeningen hadde satt i stand og flyttet tre familier og en enslig mor inn i det tomme huset. Samme morgen som den første flyttet inn, kom riverne eskortert av 8 konstabler og 3 hunder. Rivningsarbeidet ble stanset fordi det strømmet folk til. Riverne kom tilbake neste dag med 17-18 kostabler og 4 hunder. I artikkelen *Historien om saneringsprosessen i området Korsgata- Vollabakken- Singsakerbakken- Grensen* (1972) beskriver Bjørkø aksjonen: «*Politiet sprengte den barrikaderte døren og gikk løs på vaktstyrken. De tok en etter en. Etter ca. tyve minutter var huset ryddet. Riverne ødela huset på kort tid. Politihundene gikk løs på dem som kom for nær huset.*»

I 1982 vedtok Universitetet i Trondheim en disposisjonsplan for interesseområdet hvor Korsgata- Vollabakkenområdet ble foreslått tilbakeført til bostedsområde (Kittang 2006).

## Gjeldende kommunedelplan

Gjeldende kommunedelplan for Elgeseter ble vedtatt i 1999. I henhold til denne skal Grensen opprettholdes som boligområde. Grensen blir videre betegnet som et enhetlig område med historisk verdifulle anlegg og er definert som et “antikvarisk bevaringsområde”. Samtlige bygninger i Grensenområdet er i *temakart Byform* definert som “monumentalbygg, viktig kulturminne”. Til sammenligning ser man av *Byantikvarens antikvariske klassifisering* (1991)

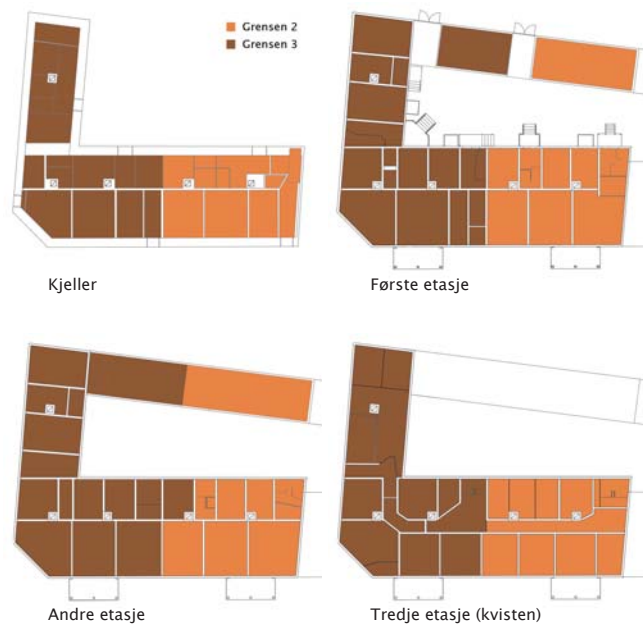




Høgskoleparken med Thingvallagården i bakgrunnen. Bildet er tatt like før krigen i 1935. Kilde: [www.trondheimsbilder.no](http://www.trondheimsbilder.no)



Thingvallagården og Høgskolebakken ca 1970. Kilde: Dag Nilsen



Diagrammer som viser oppdelingen mellom eiendommene Grensen 2 og 3 basert på informasjon hentet fra branntakster og byggesaksmapper.

av Trondheims bebyggelse at Høgskoleveien 4 er blitt vurdert til å ha høy antikvarisk verdi, mens de øvrige bygningene på Grensenplatået, med unntak av Høgskoleveien 6, er klassifisert som bygninger med antikvarisk verdi.

I kommunedelplanens hovedmålsettinger står det at “[d]et er et hovedmål å bevare og utvikle kulturverdier som det åpne, grønne preget, rekreasjonsverdier samt bomiljø i eksisterende bebyggelse og landskap.” (Trondheim kommune 1999: 1)

## Thingvallagården

I 1889 kjøpte Anders Thingvold to parseller av Edvard Strøm: Grændsen 2 og 3, og i august 1890 ble Thingvallagaarden oppført. Rett etter oppføring (25.08.1890), ble Thingvallagården taksert som to bygninger, hvor den ene (Grensen 2) var 12,1m lang og den andre (Grensen 3) var 13,1m. Sett under ett ville huset da ha yttermålene 25,2m i lengde, 9m i dybde og 7,4m i høyde. Østfløyen mot nord ble beskrevet som 12m lang, 5,4 bred og 7,4m høy (Branntakstprotokoll 4, Strinda, 1888-1896).

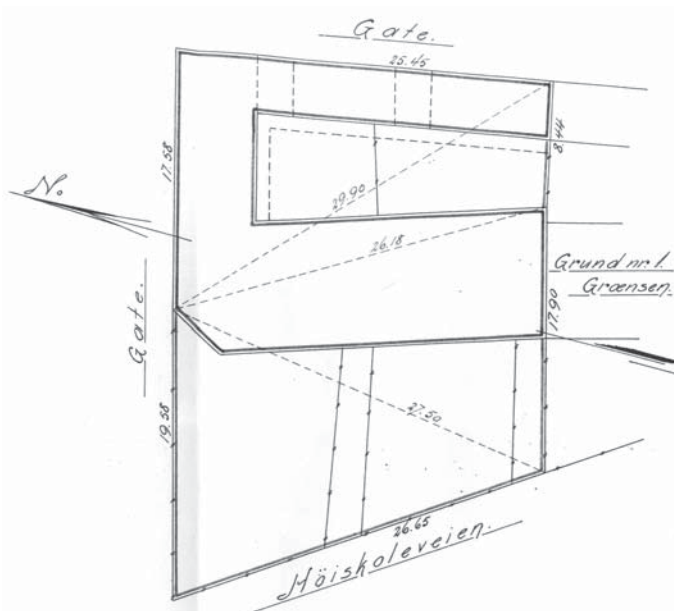
Husene ble beskrevet som toetasjes bygninger, hvor tredje etasje ble betegnet som ”kvisten”. Den nederste delen av bygningene (3m) besto av en pusset 1 ½ -(tegl)steins mur på grunnmur. Mot nord var det også gråstein i denne muren (ibid.).

I følge Brandtakstprotokollen besto de nyoppførte bygningene av bordkledd plankereisverk kledd med isoleringspapp utvendig og ullpapp innvendig (Grændsen 3 er kun beskrevet som ”papbelagt”) og med bord på begge sider. Vinduer og dører hadde utskårede karmen. Halvveis opp på ytterveggen gikk et utskåret listverk rundt husene (beskrevet som gesims i protokollen og betegnet som etasjeband videre i denne oppgaven). Bygningene hadde også en utskåret takgesims med konsoller og sinktakrenner (takrennene ble beskrevet som blick (”blek”) i 1894) (Branntakster for Trondhjem, Protokoll U 1892-1895).

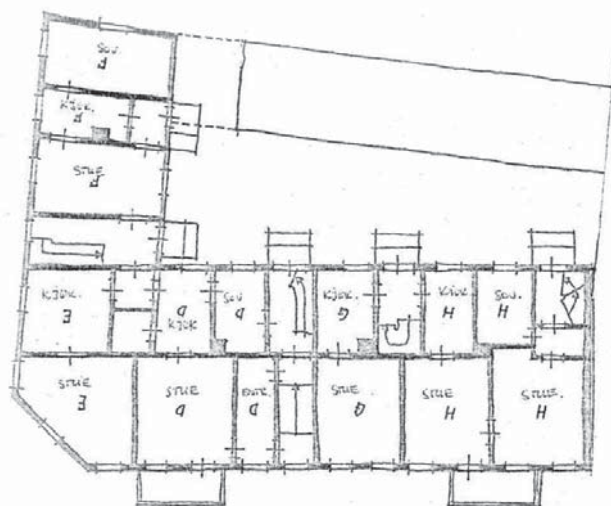
Da bygningene ble reist var taket i all hovedsak tekket med skifer, bortsett fra nord- og sørsidene, som var dekket kun med bord frem til november samme år, da også disse ble heltekket med skifer. Verandaene ble beskrevet som «verandaer av utskåret stolpeverk med et frontespisset tak dekket med skifersten» (Branntakstprotokoll 4, Strinda, 1888-1896: 87h). Størrelsen på disse var 1,9m i dybde, 4,1m i lengde og 11,3m i høyde (ibid.).

Ved taksering 26.11.1890 hadde de to eiendommene til sammen 3 doble, 50 enkle og 8 mindre dører. Alle de doble og 6 av de enkle hadde glassinfatning(er). Bygningene hadde videre 79 fagvinduer, 4 enkle vinduer samt 3 større og 3 mindre takvinduer (ibid.). Ved taksering 24.01.1894 hadde eiendommene til sammen 15 takvinduer (Branntakster for Trondhjem, Protokoll U 1892-1895).

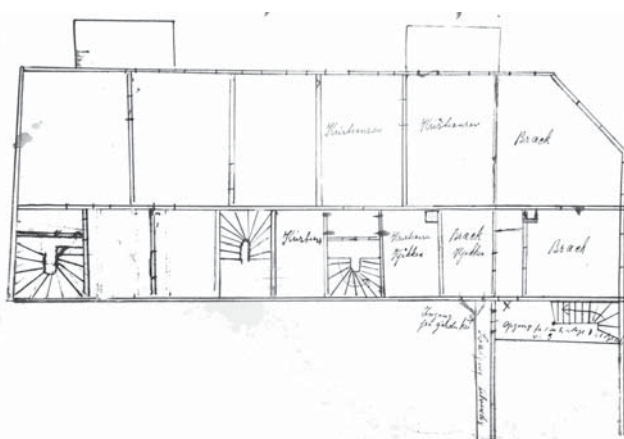
Innredning av leiligheter ser ut til å ha skjedd gradvis etter oppføring. Ved taksering 25.08.1890 var de fleste rom i kjeller, første og andre etasje avdelt. Også på kvisten i Grensen 2 var rommene avdelt. Kvisten tilhørende Grensen 3 besto av et åpent rom. Flere av de avdelte rommene var enda ikke blitt innredet. To kjøkken og fire stuer i kjelleren (Grensen 2 og 3), tre rom og et kjøkken i første etasje (Grensen 3) og et kjøkken (Grensen 2) og fire stuer (to i Grensen 2 og to i Grensen 3) i andre etasje var innredet. (Branntakstprotokoll 4, Strinda,



Felles målebrev fra 1913 for de to eiendommene.  
Kilde: Trondheim Byarkiv



Planskisse over første etasje fra boligundersøkelsen i 1950 viser at etasjen var oppdelt i fem leiligheter.  
Kilde: Trondheim kommune



Planskisse over andre etasje tegnet av eier Asbjørn Aune i 1956 som viser planlagt forlengelse av svalgangen. Tegningen viser også hvordan rommene var fordelt mellom de to leilighetene.  
Kilde: Trondheim Byarkiv

1888-1896)

Ved ny taksering 26.11 samme år var de fleste av rommene i bygningen innredet og i værelser, stuer, saler og kjøkken hadde det blitt satt inn ovner og komfyrer. Også fløyene var blitt innredet til leiligheter. I kvistetasjeene var det blitt innredet leilighet i Grensen 2 og pikeværelse i Grensen 3. Totalt besto Grensen 2 av fire leiligheter; En i hver etasje. I Grensen 3 fantes totalt fem leiligheter; En i kjelleren, to i første etasje (hvorav en i fløyen) og to i andre etasje (hvorav en i fløyen). (ibid.)

Ved taksering 24.01.1894 var det i Grensen 3 blitt innredet et kjøkken på kvisten og en butikk i sokkelen. Bygningene besto da av totalt ti leiligheter (fire i Grensen 2 og seks i Grensen 3) samt en butikk i kjelleren i Grensen 3. Ved samme taksering opplyses det om en indre forbindelse mellom de to eiendommene. Dette gjelder en panelt boddør på loftet/kvisten. (Branntakster for Trondhjem, Protokoll U 1892-1895)

I 1913 ble tomta fradelt med felles målebrev for de to eiendommene.

På grunn av at bygningene hadde samme pantelån, at det var blitt utferdiget et felles målebrev for eiendommene og fordi husene hadde indre forbindelse, ble eiendommene anmodet taksert under ett i 1915 (19.11) av daværende eiere, fruene E. Laugen og G. Holstein. I følge branntaksten var husene da forbedret. I både første og andre etasje var det da 11 værelser, 3 kjøkken, entreer og ganger, tredje etasje/kvisten inneholdt 6 værelser, 2 kjøkken, gang og klesloft (dels panelmalt, dels malt lerret- og papirtrukket rupanel), mens kjelleretasjen hadde 3 værelser, 3 kjøkken, butikk, ganger og 2 størhus.

I byggesaksmappene finner man informasjon om at en leilighet ble delt i to i 1934. Dette gjelder leiligheten mot nord i hovedfløyens andre etasje. Skisser fra en senere byggesak<sup>4</sup> gir oss en oversikt over hvordan denne da hadde blitt delt opp (se illustrasjon i marginen).

En ombygging av takvindue (påsetting av tre kobbhus) mot vest ble gjennomført i 1946 (Byggemelding 29. aug 1946). Sammen med byggesøknaden forelå plantegninger av tredje etasje, snitt og tegninger av vestfasaden som viste situasjonen før og etter påsetting av kobbhusene (tegningene er vist på de neste sidene).

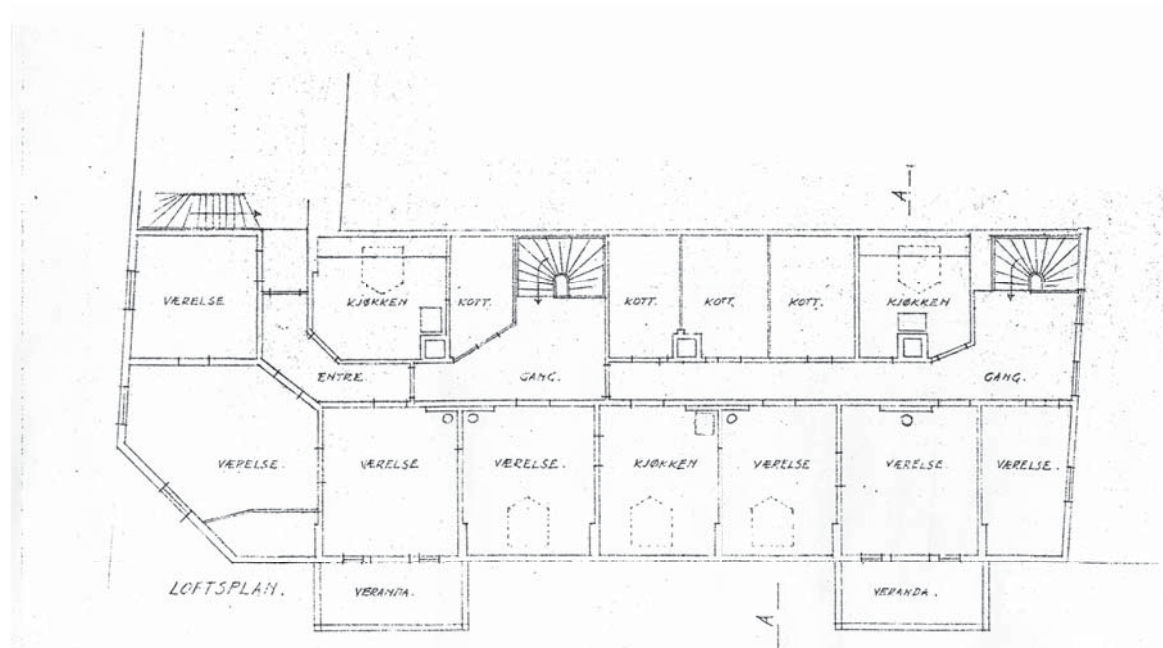
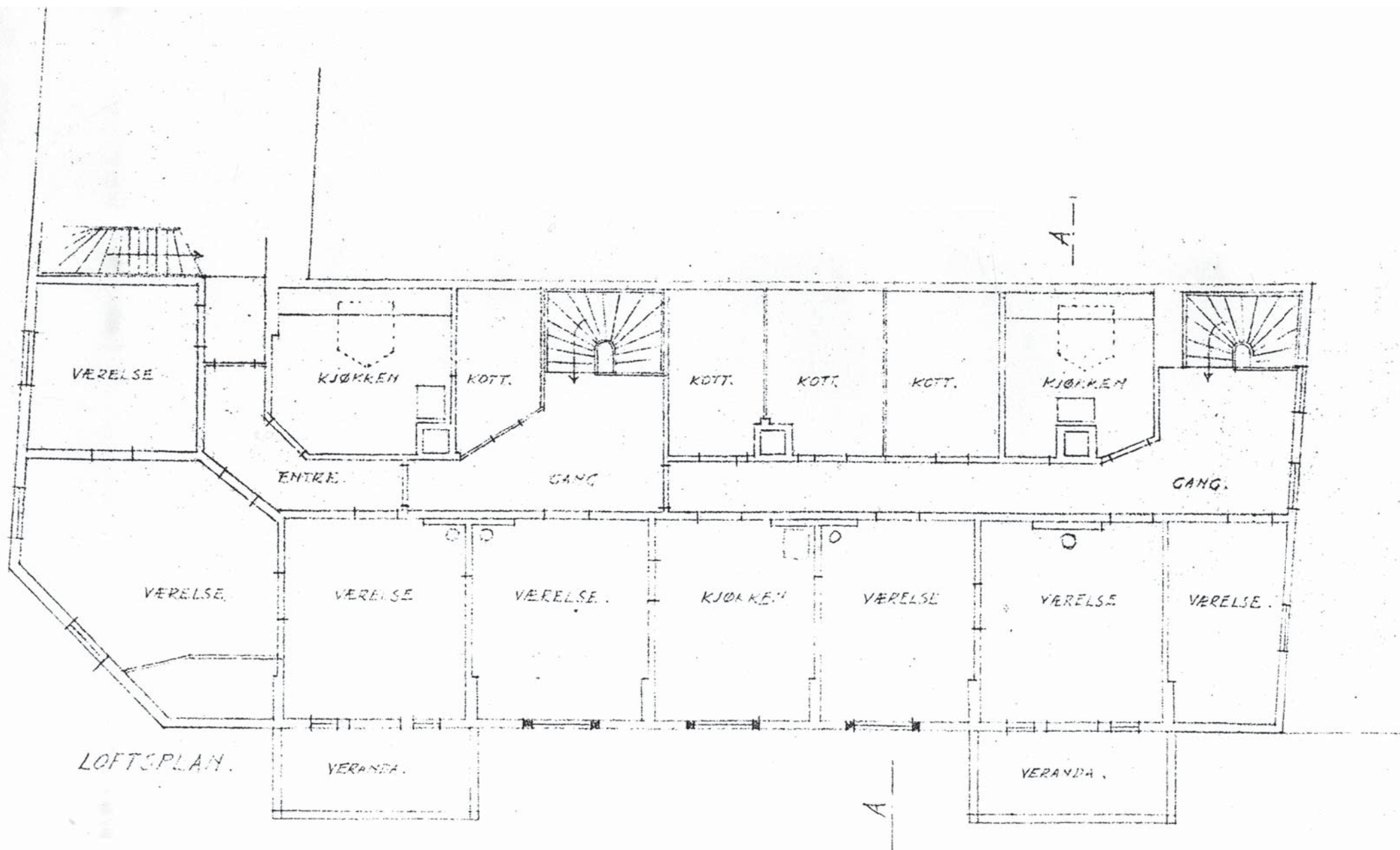
I forbindelse med Boligundersøkelsen som ble gjennomført i Trondheim i 1950, ble det tegnet en planskisse over Thingvallagårdens første etasje. Det kan her se ut til at første etasje på denne tiden var oppdelt i fem boenheter.

I 1956 søkte eier Asbjørn Aune om tillatelse til å stenge døren mellom to kjøkken i andre etasje. Søknaden ble godkjent, men med forbehold om at svalgangen måtte settes i forsvarlig stand og utvides bort til nærmeste vindu på hovedfløyens østvegg. I et brev fra Trondheim Bygningssjefkontor datert 10.07.1957 fikk eier pålegg om å ferdigsstille balkongen (svalgangen) innen 14 dager og i august samme år var svalgangen foran vinduet ferdigstilt (Brev fra eier Asbjørn Aune til bygningssjefen i Trondheim datert 15.08.1957).

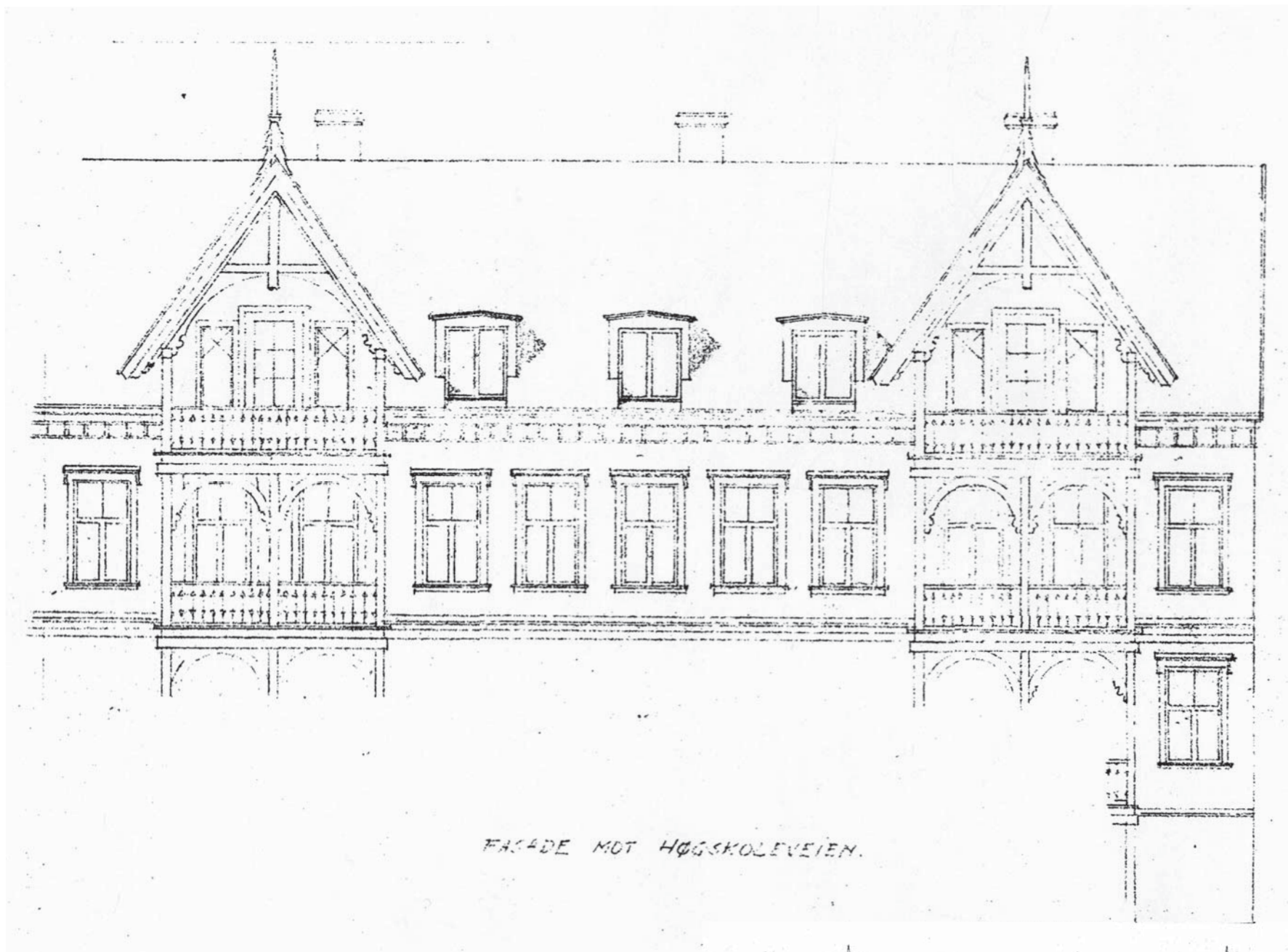
Da det ble satt i gang en ekspropriasjon av Grensenområdet på begynnelsen av 1960-tallet, ble også Thingvallagården kjøpt opp av Statens bygge- og eiendomsdirektorat (SBE). Akkurat når bygningen ble solgt har vi ikke funnet informasjon om.

4 Brev med tilhørende skissetegning fra Asbjørn Aune (eier) til bygningssjefen i Trondheim datert 16.04.1956



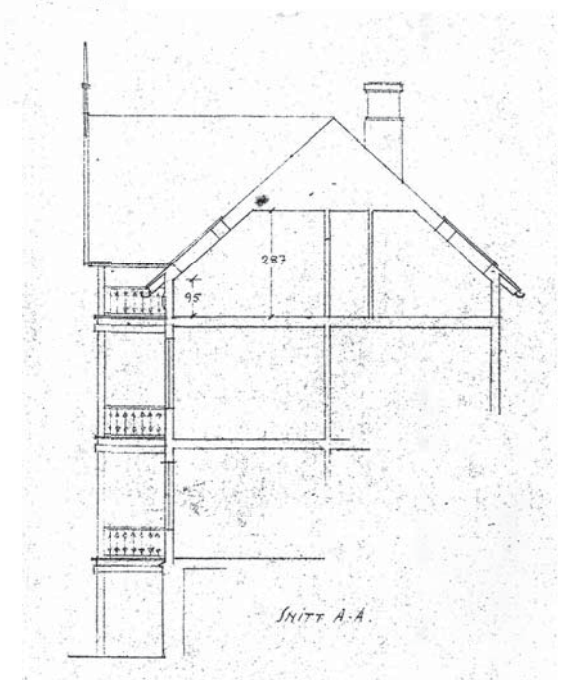
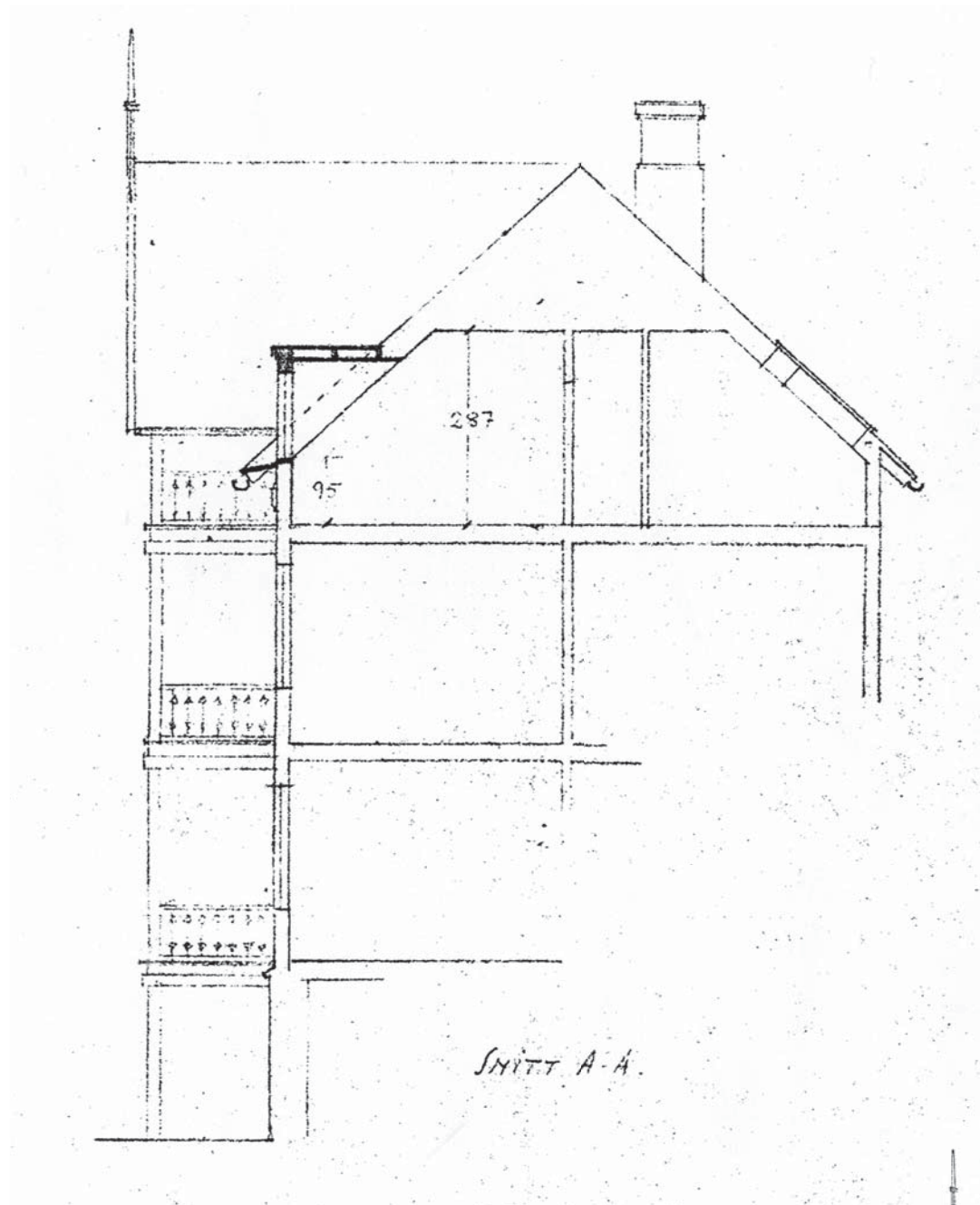


Plantegning over tredje etasje før (t.h., i målestokk 1:200) og etter (over, i målestokk 1:100) påsetting av de tre kobbhusene. Tegningene er fra august 1946 og er tegnet av Erling H. Sollistad. Kilde: Trondheim Byarkiv.



Fasadeoppriss mot vest før (t.h., i målestokk 1:200) og etter (over, i målestokk 1:100) påsetting av de tre kobbhusene. Tegningene er fra august 1946 og er tegnet av Erling H. Sollistad. Kilde: Trondheim Byarkiv.





Snitt før (t.h., i målestokk 1:200) og etter (over, i målestokk 1:100) påsetting av de tre kobbhusene.  
Tegningene er fra august 1946 og er tegnet av Erling H. Sollistad.  
Kilde: Trondheim Byarkiv.

Thingvallgården ble registrert i SEFRAK-registeret i 1993. SEFRAK er et landsdekkende register over eldre bygninger og andre kulturminner. Generelt gjelder dette alle bygninger og kulturminner fra før år 1900, men det gjøres unntak enkelte steder i landet. SEFRAK er en forkortelse for Sekretariatet For Registrering Av faste Kulturminner i Norge, organet som startet prosjektet. Riksantikvaren har senere overtatt ansvaret for registeret. (<http://www.kulturminnesok.no/?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=2959/>)

## Forklaringer til SEFRAK-skjemaet

Informasjonen er hentet fra handboken *Registrering av hus etter SEFRAK-metoden*, skrevet av Sekretariatet for registrering av faste kulturminner i Norge og utgitt av Riksantikvaren i 1993.

12 og 13. *Opprinnelig og nåværende funksjon (formål):* 2 Boligbebyggelse uten næringstilknytning: 212 To- eller flerfamiliebolig av villatype

16. *Fysisk miljø. Sammenheng:* 1 Større tettsted: 1 Sentralt bystrøk

17. *Konstruksjon av underbygningen:* 1 Grunnmur: 3 Naturstein med bindemiddel, pusset, kalket e. l.

18. *Utnyttelse av kjeller/underetasje:* 2 Rom i ganghøyde (innbygd og lukket rom med utnyttbar høyde): 1 Rommet overdekket med trebjelker og tregolv

19. *Konstruksjon av yttervegg:* 1 Trekonstruksjon: 5 Lafteverk (her skulle det stått 3. Reisverk)

20. *Fasadekledning:* 3 Kledning av tre: 2 Horisontalt trepanel, supanel med eller uten kantskjæring

21. *Takform:* 1 Saltak: 1 Vanlig saltak

22. *Taktekkingsmateriale:* 3 Tekning av naturstein: 2 Hoggen skifer

23. *Etasjetall:* Hus i tre fulle etasjer uten utnyttbart rom (ganghøyde) på loft

28. *Tidfesting/byggeår:* 184 er kode for hus bygd mellom år 1875 og 1899

32. *Vedlikeholdssituasjon:* 1 God stand: 0 Bare løpende vedlikehold nødvendig for å holde huset i fortsatt god stand

I registreringen er det gjort antagelser om at bygningen er oppført med laftede yttervegger. Dette stemmer ikke. Thingvallgården er oppført i reisverk.

RIKSANTIKVAREN	
REGISTRERING AV HUS ETTER SEFRAK-METODEN	
skjema versjon april 1991 (Bokmål)	
OBJEKT	BOLIG
EIER (navn, postadresse)	STATEN V/NTH
BRUKER (navn, postadresse)	NTH
1 OBJEKTNUMMER	Kommunennummer 1607 Registreringskretsnummer 372 Hus leptonummer 022
2 FOTONUMMER	Filmnr. 002 Bildenr. 37 h. 32 Filmnr. 004 Bildenr. 29 h. 35
3 KARTBLADNR.	Karttype 7 Kartblad CL 126-5-2
5 KOMMUNE	Kommunenavn TRONDHEIM Topografisk betegnelse navn / nr. ELGESETER 324
6 TOPOGR BETEGN.	G.nr. 405 B.nr. 47 Feste- Underfeste- G.nr. B.nr. Feste- Underfeste-
7 MATRIKEL	Merknad
9 EIENDOMMENS NAVN	Dialektform 2 Offisiell form
10 VEI / GATEADR.	Vei / gatenavn HØRSKOLEVEIEN Nr. 4 Bokstav
11 LOKAL BETEGN. PÅ HUSET	Merknad
12 OPPR. FUNKSJON (FORMÅL)	Kode 1 2 3 4 Merknad
13 NÅV. FUNKSJON (FORMÅL)	Kode 1 2 3 4 Merknad
14 OPPR. SOSIAL SAMMENHENG	1. Embetsverk m.m. 2. Næringsdriv. 3. Tjenestemann Merknad
15 FORHOLDET TIL ANDRE HUS	1. Selvsendig frittst. s.bygd. 2. Del av anlegg (gruppe) frittst. s.bygd. Merknad
16 FYSISK MILJØ-SAMMENHENG	1. Sterke tettsted (by) 2. Mindre tettsted 3. Gårdsbukt (innmark) Merknad 4. Seter 5. Annet grøntstråk 6. Ubygget stråk
50 REFERANSE	

17 KONST. AV UNDERBYGNINGEN	1. Grunnmur 2. Plaser, løststein e. l. Merknad	37 REGISTRERT / OPPMÅLT-FOR?	JA <input checked="" type="checkbox"/> NEI <input type="checkbox"/>
18 UTNYTT. KJELLER / UNDERET.	1. Opplytt 2. Ganghøyde 3. Kryperom 4. Åpen Merknad	38 ELDERE FOTOGRAFIER / TEININGER?	JA <input checked="" type="checkbox"/> NEI <input type="checkbox"/>
19 KONSTRUKSJON AV YTTERVEGG	1. Tre 2. Mur 3. Steg 4. Metall 5. Blandings 6. Annet Merknad	39 FORSIKRINGSSELSKAP	
20 FASADEKLEDNING	1. Ingen 2. Jord, torv 3. Tre 4. Stein 5. Sement 6. Plater 7. Papp, plast 9. Annet Merknad	40 INNSKRIFTER, DEKOR M.M.	
21 TAKFORM	1. Saltak 2. Valm m.m. 3. Pult, flatt 4. Hvelv, kup. 9. Annet Merknad	41 BYGGHERRE	
22 TAKTEKKINGS-MATERIALE	1. Nevr, torv 2. Tre 3. Naturstein 4. Tegstein Merknad	42 BYGGMESTER / ARKITEKT	
23 ETASJETALL	1 et. 11 et. 2 et. 21 et. 3 et. 31 et. 4 et. 41 et. 5 et. Merknad	43 ANDRE OPPLYSNINGER	
24 HOVEDMÅL / TALL PÅ SKORSTEINER	Lengde 150 cm Bredder 200 cm Skorsteiner 5 etc. VINKELMÅL Merknad		
28 TIDFESTING / BYGGÅR	Tidkode 1 2 3 Merknad		
29 TILBYGGING / OMBYGGING	Merknad forts.		
30 FLYTTING	Tidkode 1 2 3 Merknad		
31 REVET / BRENT / FALT I RUIN	Tidkode Merknad		
32 VEDLIKEHOLDSSITUASJON	1. God stand 2. Beg. forfall 3. Langt kommet forfall 4. Ruin Merknad		
33 VEDTAK OM VERN OG RETNINGSGIVENDE PLANER	1. Regulert til bevaring pbl. § 25.6 2. Klausulering etter kommuneplan pbl. § 20-4.4 Retningsgivende planer		
34 EIERS / BRUKERS MENING OM HUSET	1. Bevaring på stedet 2. Bevaring annet sted på samme eiendom 3. Flytting / salg til annen eiendom 4. Fortst / riving for godt	DENNE REGISTRERINGEN ER UTFØRT:	Trondheim 1993 OPPRAV
35 FREDNING / SIKRING	1. Ingen fredning / sikring 2. Kml § 4 3. Kml § 5 4. Kml § 6 5. Kml § 15 6. Kml § 21 7. Tinglyst vern- og vedlikeholdssavtale	REGISTRERINGEN ER REVIDERT / SUPPLERT / AJOURFØRT:	

SYMBOLER FOR KONTROLLFELTENE: V - rubrikken utfyllt, opplysningen sikker - - - - - usikker/mangler - - - - - mangler - - - - - rubrikken irrelevant - - - - - fyller ut med kodesiffer - - - - - fyller ut med kryss

Utfyllt SEFRAK-skjema fra registrering i 1993. Kilde: Trondheim kommune





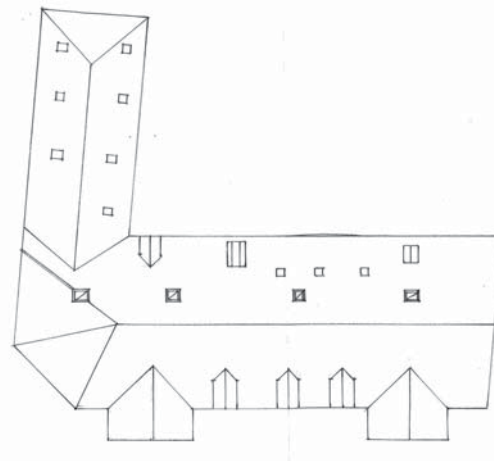
Thingvallagårdens vestfasade fotografert i oktober 2009, november 2009, februar 2010 og juli 2010.

I 1996 ble det gjennomført en rehabilitering av balkongene (verandaene) mot Høgskoleveien. Disse var da i dårlig forfatning med behov for snarlig vedlikehold. Studentsamskipnaden var ansvarlig for rehabiliteringsarbeidet, men det ble på grunn av «bygningens spesielle karakter» anmodet at arbeidene skulle planlegges og gjennomføres i nær kontakt med NTNUs bygningsseksjon.

«Etter samråd med Byantikvaren v/Gunnar Houen og Byggesakskontoret v/Stie von Krogh anser vi riving av balkongene som et uaktuelt alternativ. Imidlertid vil en utskiftning med trykkimpregnerte materialer bli akseptert forutsatt at rehabiliteringen resulterer i et identisk utseende.» (Brev fra Teknisk avdeling, NTNU til Studentsamskipnaden datert 18.06.1996)

Det er i tillegg gjort noen endringer som man ikke finner dokumentasjon på verken i branntakstene eller byggesaksmappene. Bygningen har i dag et kobbhus mot øst og en rekke vinduer er blitt skiftet ut (en del vinduer er fra 1978). Innvendig er det gjort endringer i enkelte rom, for eksempel ved blanding eller flytting av dører, utforing av vegger og nedføring av himlinger. Det er også innredet tre baderom. Dette kan sannsynligvis ses i sammenheng med at det ble montert vannklosetter i hovedhuset i 1998<sup>5</sup>.

Det foreligger plantegninger av bygningen fra 2002 basert på oppmålinger gjort for Drifts- og vedlikeholdsavdelingen ved NTNU. Bygningen var på denne tiden oppdelt i 13 leiligheter, hvorav 8 var bebodd. I samme tidsrom var to inngangstrapper i gårdsrommet under fornyelse<sup>6</sup>.



Takplan i målestokk 1:400 tegnet av Nina Tancke-Nilsen i 2002. Det bemerkes at nøyaktig oppmåling ikke er foretatt. Kilde: Eiendomsavdelingen, NTNU

Tegninger av kjeller, første, andre og tredje etasje fra 2002 er vist på de neste sidene.

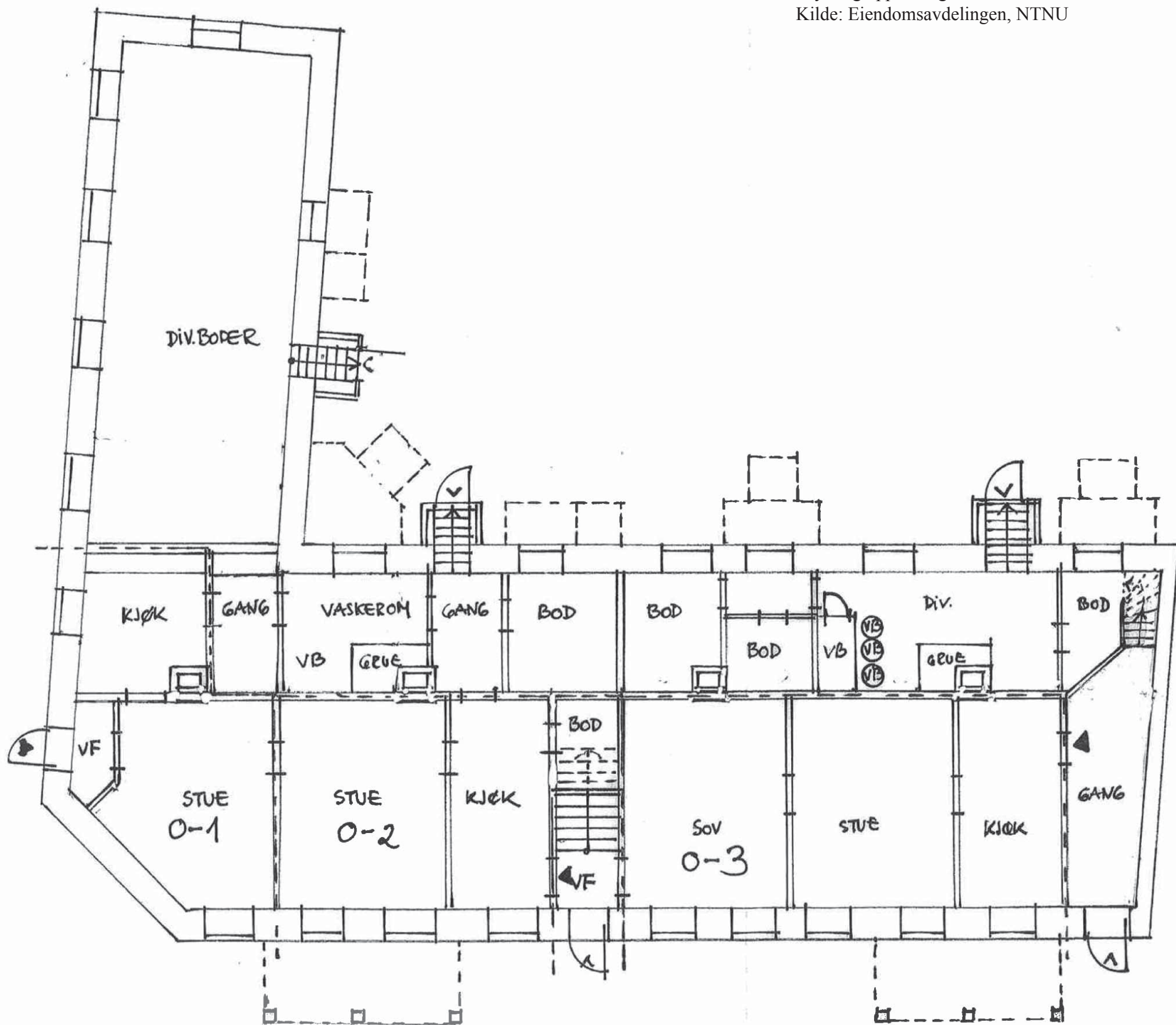
Bygningen har stått ubebodd siden 2004, da det grunnet manglende brannsikkerhet ikke lenger var forsvarlig å bo i Thingvallgården. NTNU planlegger imidlertid i disse dager å restaurere Høgskoleveien 4 til gjestebolig for besøkende ved universitetet. Høgskoleveien 2 er også inkludert i disse planene, men denne bygningen vil trolig bli revet og erstattet med et nybygg på grunn av store skader på fundament og grunnmur. HUS Arkitekter AS jobber nå med en reguleringsplan for området og med forslag for utvikling av bygningene.

21.juni 2010 ble arbeidet med å rydde ut av Thingvallgården startet opp. Braa og Sørvåg Bygg AS skal gjennomføre det videre restaureringsarbeidet.

5 Søknadsskjema til Trondheim kommunes Tekniske etat undertegnet Einar Wold, VVS AS datert 23.12.1997. Ferdigmelding datert 30.01.1998.

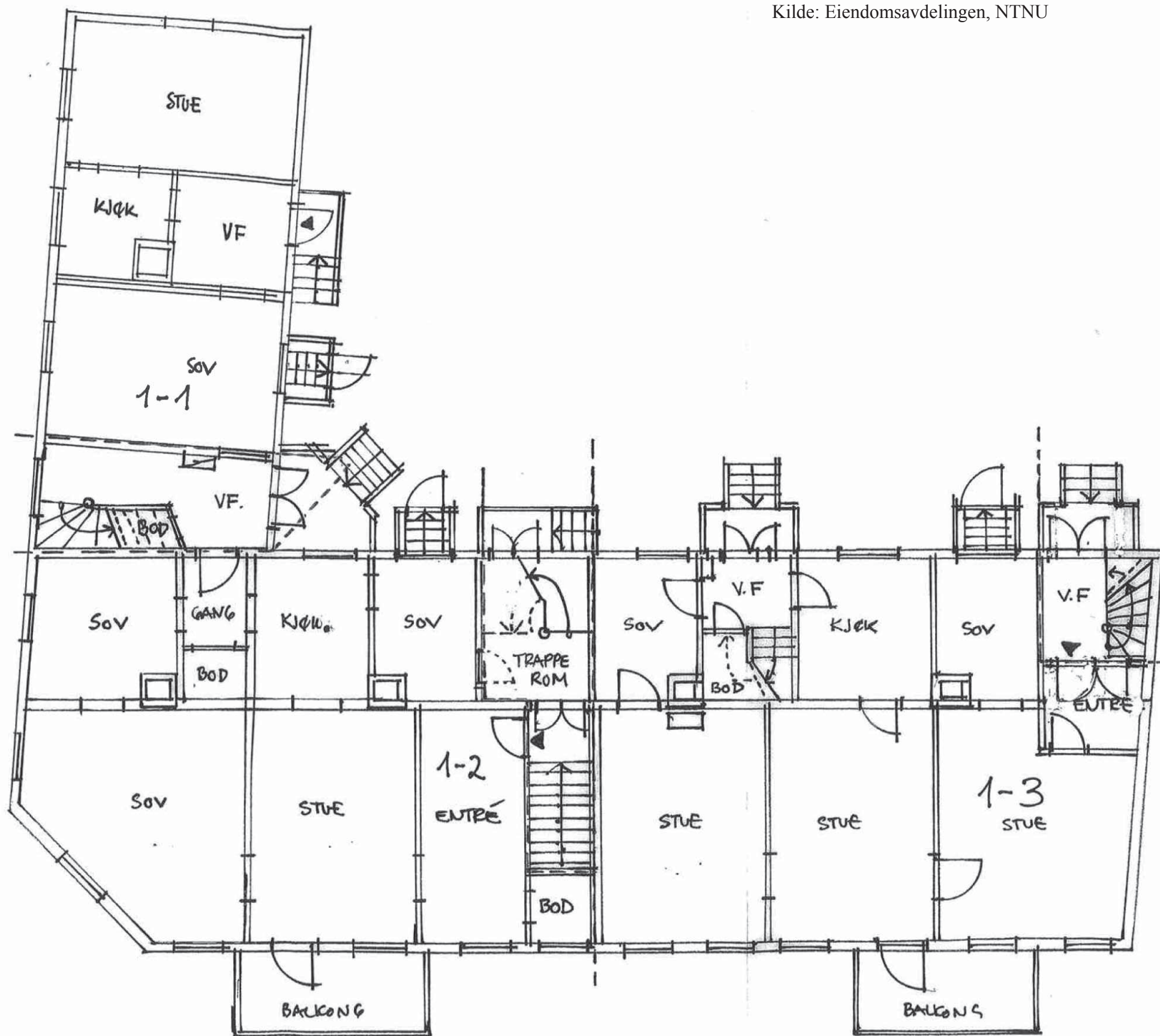
6 Foreløpig rapport fra 2002 om Høgskoleveien 4 skrevet av Nina Tancke-Nilsen.

Plan over kjelleretasjen i målestokk 1:100 tegnet av Nina Tancke-Nilsen i 2002. Det bemerkes at nøyaktig oppmåling ikke er foretatt.  
Kilde: Eiendomsavdelingen, NTNU

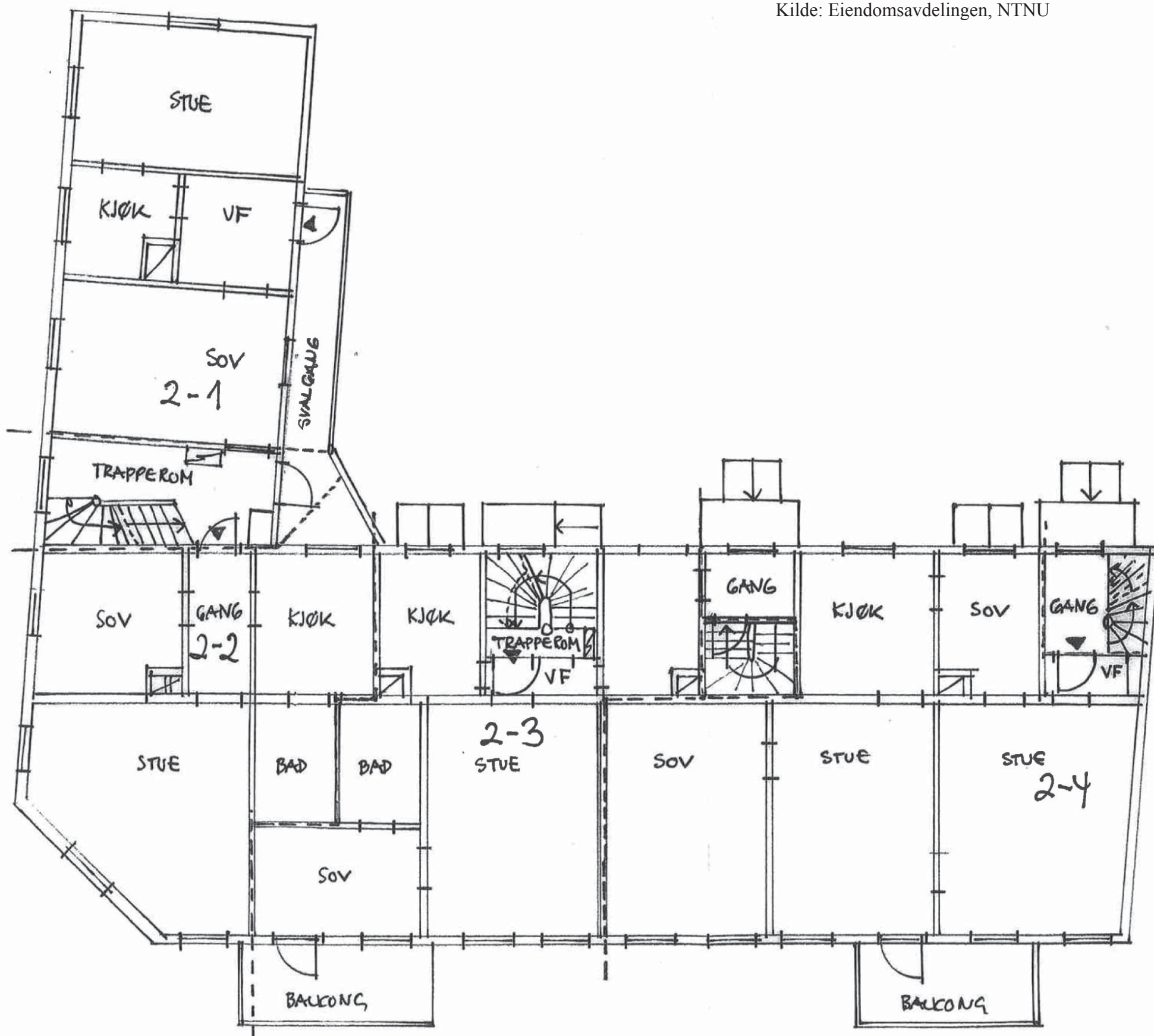




Plan over første etasje i målestokk 1:100 tegnet av Nina Tancke-Nilsen i 2002. Det bemerkes at nøyaktig oppmåling ikke er foretatt.  
Kilde: Eiendomsavdelingen, NTNU

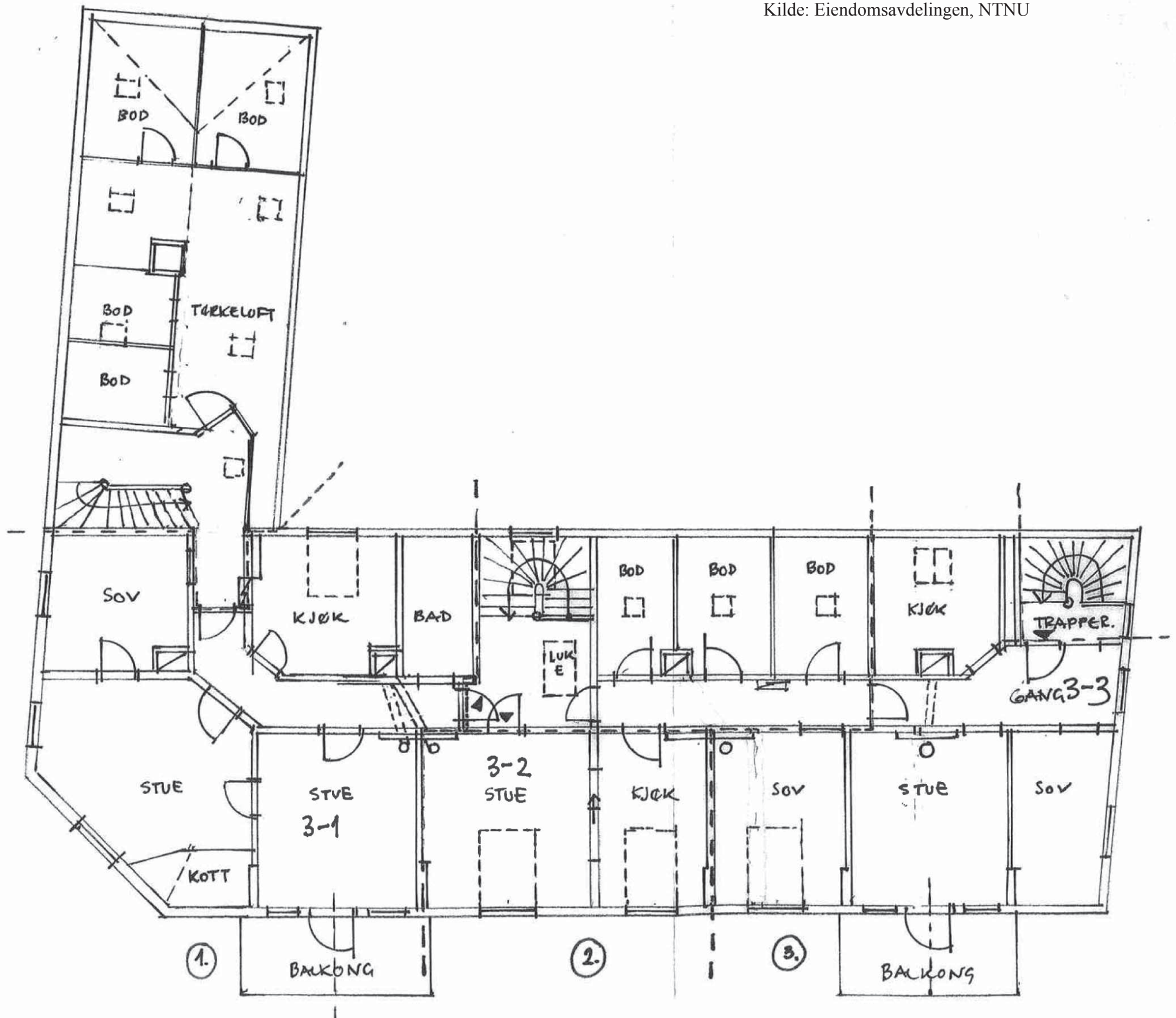


Plan over andre etasje i målestokk 1:100 tegnet av Nina Tancke-Nilsen i 2002. Det bemerkes at nøyaktig oppmåling ikke er foretatt.  
Kilde: Eiendomsavdelingen, NTNU





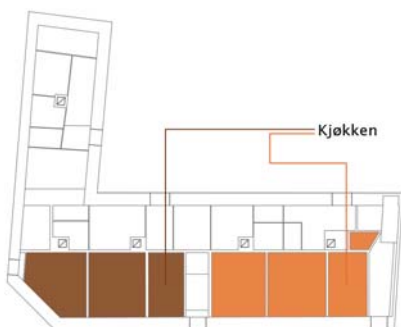
Plan over tredje etasje i målestokk 1:100 tegnet av Nina Tancke-Nilsen i 2002. Det bemerkes at nøyaktig oppmåling ikke er foretatt.  
Kilde: Eiendomsavdelingen, NTNU



## Situasjon ved taksering 26.11.1890

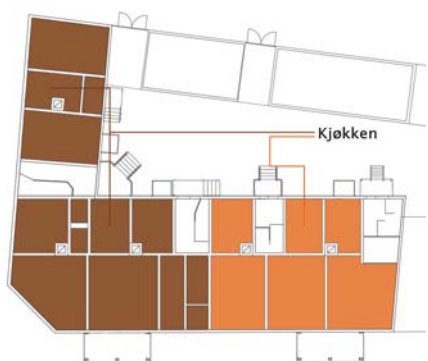
Bygningen inneholdt til sammen ni leiligheter i tillegg til et pikeværelse på kvisten i Grensen 3.

Kjelleren i Grensen 3 besto av en gang, et kjøkken, en stue, en hjørnestue, et rom til ildhus og kjeller med en grunnmurt skorstein med arnested og en grunnmurt skorsteinspipe med feieluke og under østre fløy et uinnredet kjellerrom med grunnmurt skorsteinspipe med feieluke.



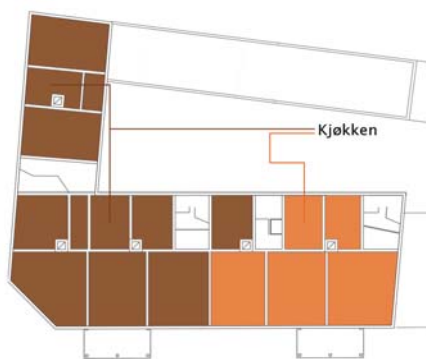
Kjelleren i Grensen 2 besto av en gang, et kjøkken med faste benker og skap, to stuer, et størhus med grunnmurt skorstein med arnested samt et påtenkt kjellerrom med en grunnmurt loddpipe.

Første etasje i Grensen 3 besto av to ganger (en med svingtrapp), tre værelser, en stue, en hjørnestue og et kjøkken. Fløyen besto av en gang, et kjøkken og to værelser.



Første etasje i Grensen 2 besto av to ganger med trapp, et værelse, to stuer (en med dør ut til verandaen), to kammer og et kjøkken.

Andre etasje i Grensen 3 besto av en gang med trapp, to saler, en hjørnestue, to soveværelser, en gang, et kjøkken med faste benker og skap og et spisskammers. Fløyen besto av en gang, et kontor, et kjøkken og en stue.



Andre etasje i Grensen 2 besto av to ganger med trapp, en stue, to saler, to kammer (et med ovn) og et kjøkken med faste benker og skap.

Kvisten i Grensen 3 besto av to kvistværelser, en gang, et uinnredet rom og et pikeværelse.

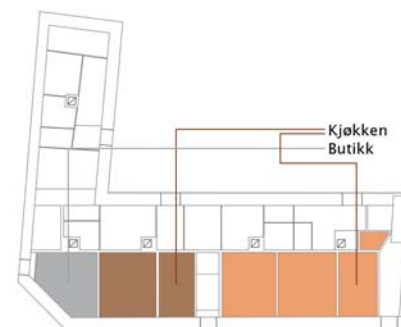


Kvisten i Grensen 2 besto av fire kvistværelser, et kjøkken og tre kledoværelser.

## Situasjon ved taksering 24.01.1894

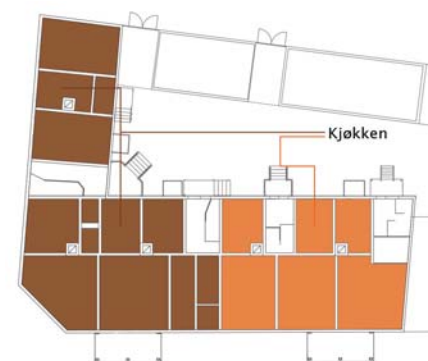
Bygningen hadde til sammen ti leiligheter. I tillegg var det innredet en butikk i kjelleren i Grensen 3.

Kjelleren i Grensen 3 besto av et kjøkken, et værelse, en butikk, en gang, et kott og ti rom.



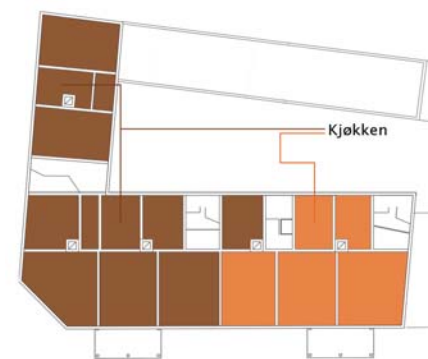
Kjelleren i Grensen 2 besto av et kjøkken, et værelse, en gang med trapp, et kott, et størhus og tre rom.

Første etasje i Grensen 3 besto av fire ganger (to med trapper), to kjøkken, sju værelser, en entre, et spisskammers og et kleskott.



Første etasje i Grensen 2 besto av tre ganger (to med trapper), et kjøkken, fem værelser og et kleskott.

Andre etasje i Grensen 3 besto av tre ganger (to med trapper), en entre, to kjøkken, et spisskammers og sju værelser.



Andre etasje i Grensen 2 besto av to ganger (en med trapp), en entre, et kjøkken og fem værelser.

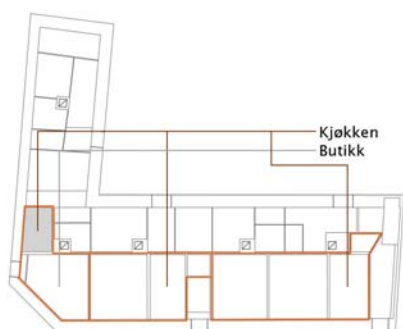
Kvisten i Grensen 3 besto av to ganger, et kjøkken, tre værelser, fire klesloft og et rom.



Kvisten i Grensen 2 besto av et kjøkken, to værelser, en gang og fem klesloft.

## Situasjon ved taksering 19.11.1915

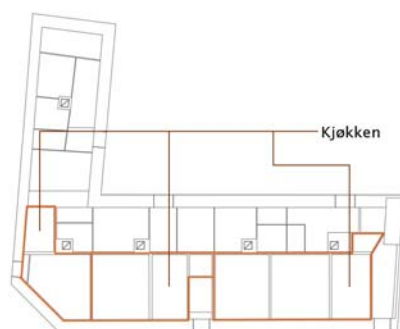
Eiendommene ble for første gang taksert under ett. Bygningen inneholdt til sammen ti leiligheter.



Kjelleren besto av tre kjøkken, tre værelser, butikk, ganger og to stuerhus.

## Endringer mellom 1915 og 1950

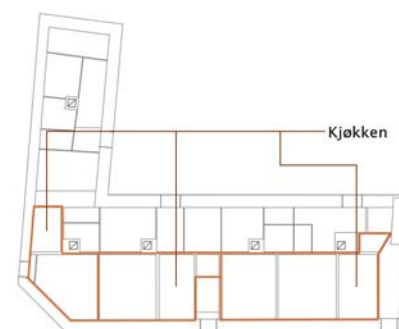
I en periode kan det ha vært totalt 15 boenheter i bygningen.



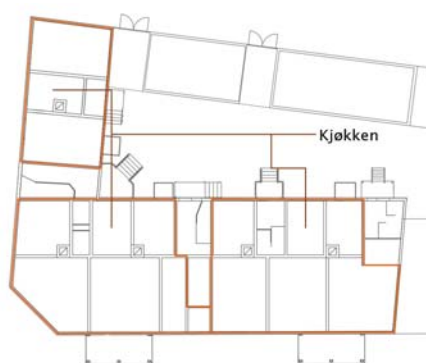
Det er usikkert når butikken i kjelleren opphørte, men den ble etter det ominnredet til en leilighet.

## Situasjon i plantegninger fra 2002

Bygningen inneholdt totalt 13 leiligheter. Butikken i kjelleren hadde blitt tatt i bruk som leilighet og tre baderom hadde blitt innredet (to i andre etasje og et på kvisten).



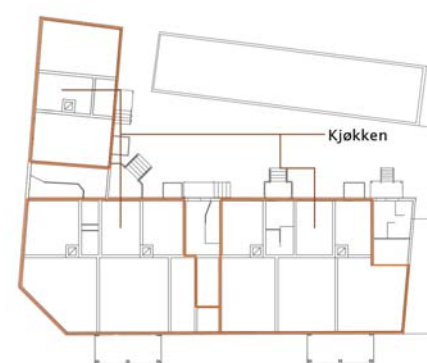
I plantegningene fra 2002 består kjelleren av tre leiligheter.



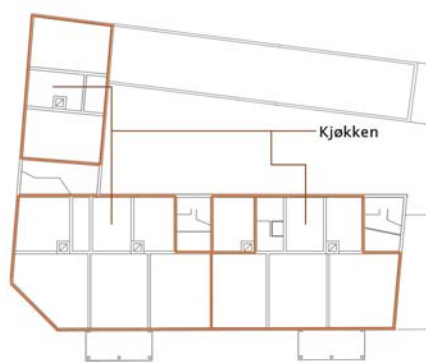
Første etasje besto av tre kjøkken, elleve værelser, entreer og ganger.



Planskissen fra boligundersøkelsen i 1950 forteller oss at det i første etasje var fem leiligheter på denne tiden. Oppdelingen av leilighetene må ha skjedd en gang etter 1915.



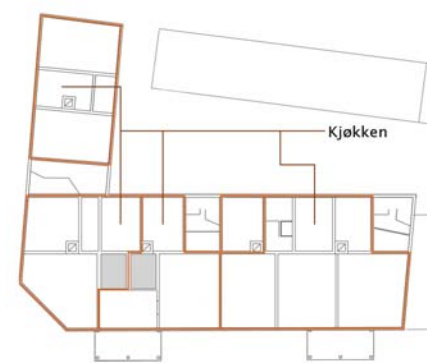
Første etasje består av tre leiligheter. De mindre leilighetene som var innredet i 1950 er slått sammen igjen.



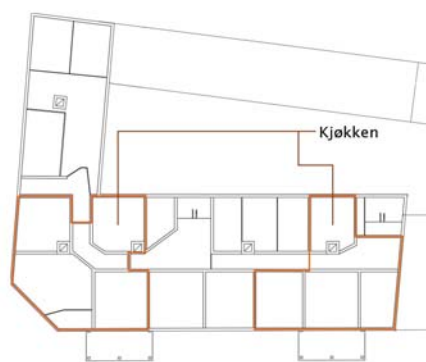
Andre etasje besto av tre kjøkken, elleve værelser, entreer og ganger.



I andre etasje ble en leilighet oppdelt i to mindre leiligheter i 1934.



I andre etasje er en stue blitt oppdelt til en mindre stue og to bad. Dette kan man anta at har skjedd rundt 1998, da det kom vannklosetter inn i bygningen.



Kvisten besto av to kjøkken, seks værelser, gang og klesloft.



En ny leilighet med kjøkken er tegnet inn i en plantegning fra 1946. Denne leiligheten må ha blitt innredet en gang mellom 1915 og 1946.



På kvisten er det blitt innredet et bad. En vegg mellom to av rommene som ligger mot vest er blitt fjernet og gangen er delt opp med to nye dører.





Bilder fra Gvensen ca 1970 som viser hvordan det gamle uthuset var utformet. Det øverste bildet er fotografert fra taket på Gvensen 16.

Kilde: Dag Nilsen



Diagrammer som viser portrom og svalgang tilknyttet den tidligere uthusbygningen. Opptegningene er basert på beskrivelser vi har funnet i branntakstene og i dokumenter fra byggesaksmappene.



Foto av uthuset som ble ferdigstilt i 1980.

## Uthuset

To uthusbygninger ble oppført samtidig med hovedhusene. Disse sto øst for hovedbygningen og var sammenhengende med hovedbygningens fløy. I branntakstene står det at uthusene lå parallellt med hovedbygningen (Branntakstprotokoll 4, Strinda, 1888-1896). Her menes antakelig at de lå parallellt med fløyen og fortsatte langs veien. Møtet mellom fløyens gavlvegg mot øst og uthusenes vegg langs veien kan man se på bilder fra veien tatt på 1970-tallet. Mot sør støtte uthuset tilhørende Gvensen 2 umiddelbart til uthusbygningen på naboeiendommen, Høgskoleveien 2.

Uthuset tilhørende Gvensen 2 sto sju meter fra hovedbygningen. Dette målet er sannsynligvis tatt fra det punktet hvor de to uthusbygningene (tilhørende Gvensen 2 og 3) møttes. Det var 8,3 m langt, 3,9 m bredt og 6 m høyt. Uthuset på Gvensen 3 støtte umiddelbart til uthuset på Gvensen 2 og var 11,9 m langt, 3,9 m bredt og 6 m høyt (ibid.). Vi antar at denne høyden er opp til uthusenes møne. Uthusene var utformet med saltak, og fra bilder fra 1970-tallet kan man se at uthusenes mønsås treffer mønefløyen.

Uthusene var oppført av bordkledd bindingsverk tekket med malt bordkledning. De hadde skifertekt tak og takrenner av «Træ» og «Blek». De hadde to etasjer (ganghøyde i røstet) og inneholdt vedboder, rom til «priveter», boder og tørresrom (ibid.).

Begge uthusene hadde trapper fra gårdsplassen til andre etasje, men det er uvisst hvor disse lå.

Utenfor andre etasje i uthuset tilknyttet Gvensen 2 lå det angivelig en «Plattform med Rækværk» (Branntakster for Trondhjem, Protokoll U 1892-1895: 108). Også for uthuset tilknyttet Gvensen 3 beskrives en åpen gang på vestsiden av andre etasje. Dette kan tyde på at det gikk en svalgang langs uthusenes vegg mot vest.

Begge uthusene hadde portrom. Ved taksering 24.01.1894 hadde Gvensen 2 en dobbel port, tolv dører og fire vinduer og Gvensen 3 en dobbel port, elleve dører og fire vinduer (ibid.). Det finnes ingen bilder som viser uthusets langvegg inn mot gårdsrommet, og vi vet derfor ikke hvor disse dørene og vinduene var plassert.

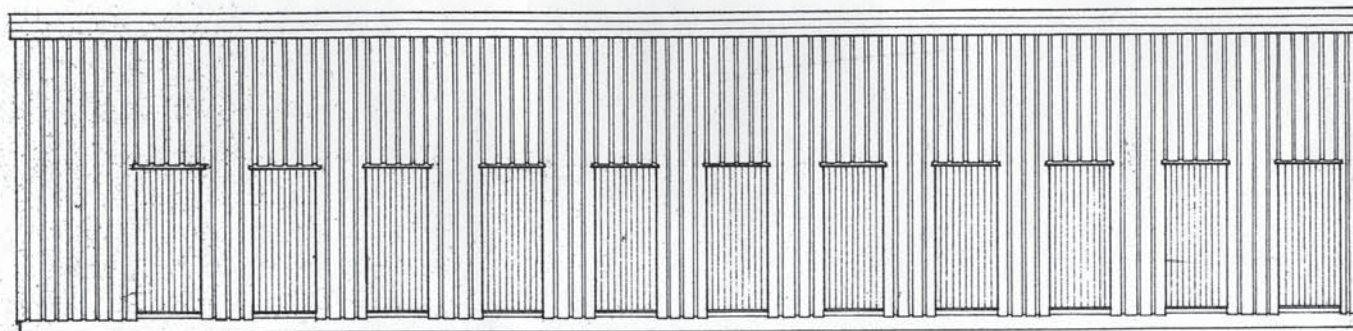
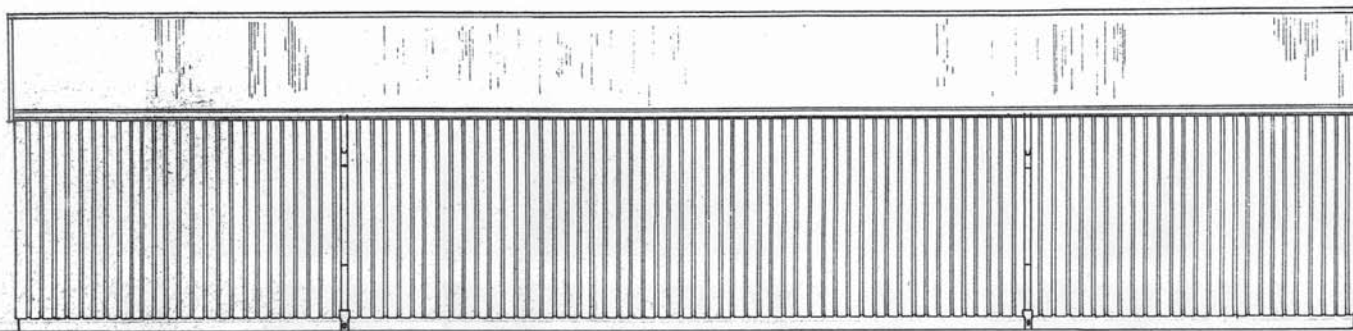
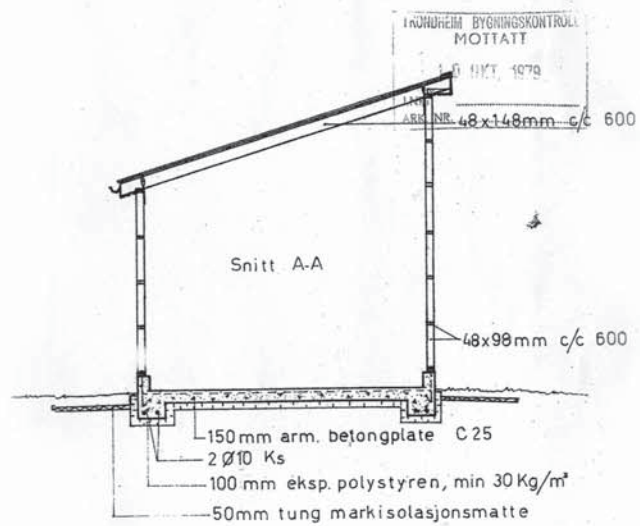
Uthusene ble taksert under ett på samme tid som hovedbygningen, i 1915.

Trondheim og Omegn Boligbyggelag (TOBB) (som på vegne av NTH var anmelder i saken) søkte i 1979 om tillatelse til å rive uthuset på eiendommen og sette opp et nytt. De begrunnet søknaden med at eksisterende uthus var i meget dårlig forfatning og at den var til dels helsefarlig med hensyn til utøy som rotter og mus. Søknaden inkluderte planer for et «midlertidig» nytt uthus med boder og klosetter. Søknaden ble innvilget og det nye uthuset sto ferdigstilt i 1980. Det er dette uthuset som står her i dag.

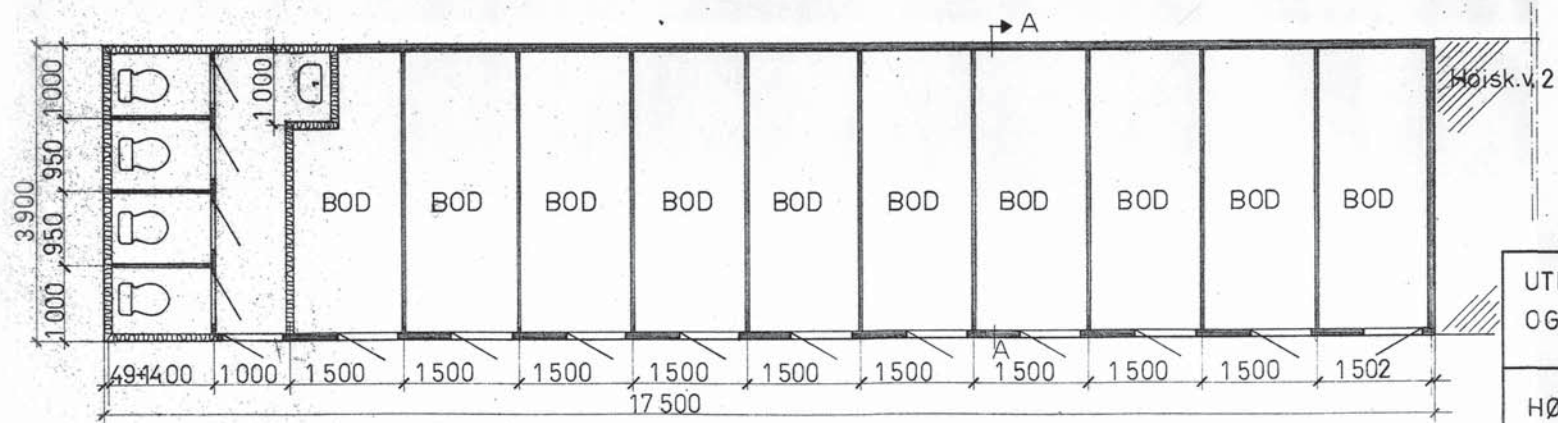
Det er montert nytt panel på et parti av sørfasaden (mot øst). Dette kommer antakelig av at det nye uthuset ikke ble sammenbygd med fløyen på samme måte som det tidligere uthuset hadde vært. Det nye uthuset står med en avstand på omtrent 2,4 meter fra fløyens vegg mot sør.



Tegninger i målestokk 1:100 av uthuset som ble ferdigstilt i 1980. Kilde: Trondheim Byarkiv.



FASADE/GÅRDSIDE

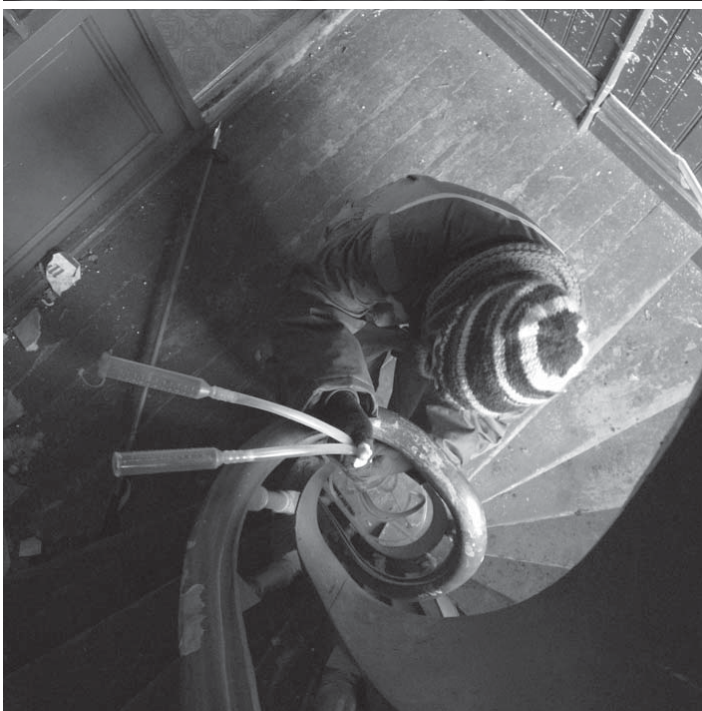
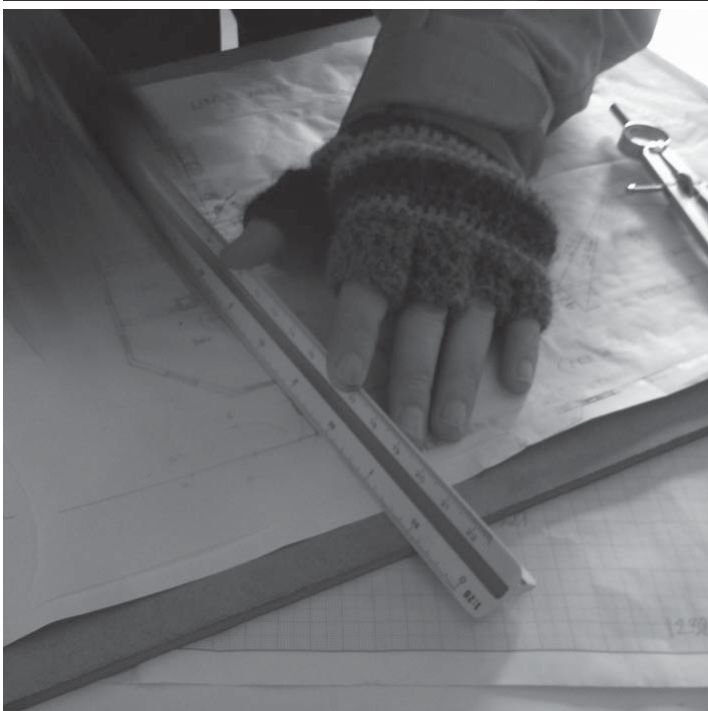








## Kapittel 2 Oppmåling, registrering, tegning og modellering









Nivelleringskikkert med stativ (til venstre) og håndholdt lasermåler.



Et slangevater er en blank plastslange med egne endestykker som fylles med vann og som brukes til å finne samme horisontalnivå for to punkter.

Fra litteratur- og arkivstudiene hadde vi skissemessige plantegninger fra 2002, tegninger av deler av vestfasaden og et tverrsnitt (øst-vest) med noen høydemål. Vi hadde også beskrivelser av husets oppbygning fra brantakster og andre undersøkelser som var blitt gjort tidligere.

Vi hadde behov for et godt og komplett tegningsgrunnlag av Thingvallgården samt kunnskap om bygningens oppbygning, struktur og detaljering for å gjennomføre videre undersøkelser og prosjektering. For eksempel var denne kunnskapen nødvendig for å gjennomføre tilstandsanalysen og for å gjøre masseberegninger av bygningens materialer og komponenter i livsløpsvurderingen.

## Metodebeskrivelse

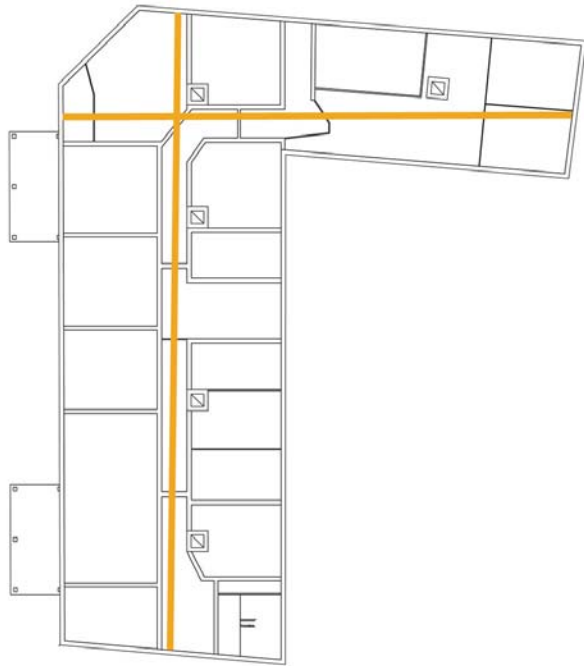
I utgangspunktet var planen å gjøre en nøyaktig oppmåling av én etasje og deretter ta overordnede kontrollmål i de resterende etasjene<sup>1</sup>. Slik kunne vi kontrollere og komplettere de eksisterende plantegningene (både for å kartlegge feil og eventuelle endringer i eksisterende tegningsgrunnlag). Vi ønsket også å tegne ut to tverrsnitt av henholdsvis hovedbygning og fløy og et langsnitt av hovedbygningen. Samtidig ville vi kontrollere tegningen av fasaden mot vest, og trenge i tillegg tegninger av fasadene som vender mot nord, øst og sør. I tillegg ønsket vi å dokumentere bygningens oppbygning gjennom ulike detaljsnitt og beskrivende tekst, samt å utarbeide en 3D-modell av bygningens konstruksjon og oppbygning.

### Utstyr

Vi fikk låne utstyret til oppmåling på Institutt for Byggekunst, historie og teknologi. Utstyret vi brukte under oppmåling er som følger:

- nivelleringskikkert med stativ
- målebånd: 30m og 5m
- tommestokk
- håndholdt lasermåler
- slangevater (blank plastslange med egne endestykker) og frostvæske
- vater
- loddesnor
- maskeringsteip
- snor (til aksel)
- småstift
- A3 millimeterpapir, A3 tegneark
- tegneplate
- reduksjonsstav og linjal
- blyant, viskelær, penn og tusj
- passer
- gradskive

<sup>1</sup> Med bakgrunn i at vi hadde begrenset med tid.



Plan som viser aksene og deres endepunkter.

## Nøyaktig oppmåling og tegning av plan

Det første vi gjorde var å kontrollere hovedmålene i bygningen (fra yttervegg til yttervegg). Dette ble gjort i tredje etasje (kvisten) der det er en gjennomgående korridor gjennom hele hovedbygningen (nord-sørgående). Disse målene stemte med tegningene vi allerede hadde.

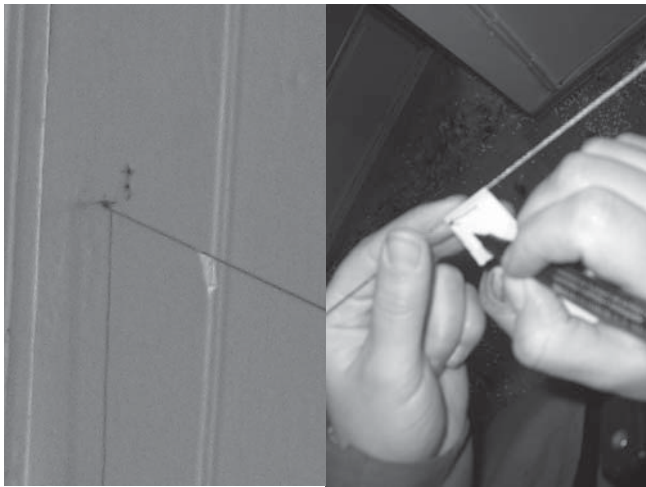
Vi besluttet å gjøre den nøyaktige oppmålingen i tredje etasje da dette var den eneste etasjen der det var mulig å spenne opp en horisontal akse over hele byggets lengde og dybde (på grunn av den ovenfor nevnte korridoren). I tillegg var det hensiktsmessig med tanke på at vi kunne plassere og tegne detaljer fra takkonstruksjonen (som for eksempel knebukker, takvinkler og takvinduer).

Ved å etablere faste akser i etasjen har man en referanselinje<sup>2</sup> å måle ut ifra. Mål tatt fra punkter eller merker på aksene vil alltid kunne tegnes ned og bli plassert i forhold til hverandre i henhold til denne. For å plassere et punkt i bygningen må dette punktet måles ut fra (minst) to av punktene på aksene. Man må påse at punktene man måler ligger i samme horisontalplan som aksene. Riktig høyde kan finnes ved hjelp av et slangevater. Jo færre ulike punkter en måler ut fra jo mindre er faren for unøyaktigheter.

Vi etablerte akser ved å spenne opp snorer. Vi spente én gjennom hovedbygningen (nord-sør) og én gjennom fløyen (øst-vest). Endepunktene til aksene ble satt ved hjelp av nivelleringskikkerten, slik at alle punktene lå i samme horisontalplan. Dessuten kunne vi lese av vinkelen mellom aksene (kikkerten sto plassert i origo). Ved innmåling måtte en person stå bak kikkerten, mens en annen sto ved veggen der punktet skulle settes. Det riktige punktet på veggen fant man ved veiledning fra personen bak kikkerten. I endepunktene ble det slått inn stifter som snora ble festet i. For at ikke siget i den lengste aksene (i hovedbygningen) skulle påvirke (trykke ned) den korteste, valgte vi å feste den lengste slik at den kom under den korteste. Langs disse to aksene satte vi merker i origo (krysningspunktet mellom aksene), for hver femte meter, i tillegg til to merker utenfor hver døråpning i korridoren. Merkene ble målt inn med målebånd og markert på snora ved hjelp av en teipbit med en strek på.

De fleste rommene i tredje etasje var henvendt mot korridoren i hovedbygningen hvor vi hadde spent den ene aksene. Ideelt sett ville det vært ønskelig med en tilleggsakse vinkelrett på hovedaksene inn i alle rom. Problemet var at i nesten alle rommene ville en tilleggsakse gå rett inn i et vindu eller inn i skråtak og vi valgte derfor å bruke dørkarmene som tilleggspunkter til de vi hadde på aksene. Det betød at vi målte inn døråpningens plassering i forhold til aksene først, for deretter å måle inn resten av rommet ut ifra døråpningen. Der rommene ble for dype eller ikke hadde noen åpning mot aksene, spente vi opp en tilleggsakse.

Vi målte opp rom for rom og plasserte dem i forhold til aksene. Under oppmåling hadde én person ansvar for nedtegning/notering, mens de to andre holdt målebåndet, leste opp målene og håndterte slangevateret. Målene ble notert på en skisse av rommet. Lasermåleren ble brukt der det var vanskelig å komme til med målebåndet (for eksempel over trapper). Da vi var ferdige med en oppmålingsøkt, ble rommet konstruert i tegning ut ifra målene. Vi begynte å tegne ved hjelp av reduksjonsstav og passer i målestokk 1:25, men fant etterhvert ut av at presisjonen ville bli større ved å tegne ved hjelp av et dataverktøy. Vi har siden benyttet oss av studentversjonen av programmet *AutoCAD Architecture 2010* ved tegning. Det har vist seg å være en svært stor fordel å tegne digitalt, da det gjør det meget enkelt å gjøre fortløpende endringer på tegningene.



Snor og spiker (t.v.) og markering av punktene på snora.



Ulike arbeidsoppgaver.

<sup>2</sup> En rett linje som er fristilt fra bygningen.









Lasermåler passer ikke inn i hjørne.

### *Akser og snorer*

Spesielt over det lengste strekket (i hovedbygningen) ble det tydelig at snoren ga etter for strekkraftene den ble utsatt for. Dette gjorde at punktene avsatt på aksene beveget seg. Tre dager etter at snoren ble spent opp første gang strammet vi snoren kraftig og etter dette var sigene i snoren tilnærmet ubetydelige. Vi målte da opp punktenes plassering på aksene på nytt. Ved måling fra aksene var det også lett å komme borti eller dra litt i snora slik at den ble flyttet bort fra sin «egentlige» plassering. Vi burde ha brukt en strekkfast snor for å unngå at den slakket. Dessuten bør man utvise stor varsomhet ved måling fra aksene.

Et annet problem kom av nord-sør aksens plassering. Det at den fulgte en korridor gjorde at den enkelt kunne spennes gjennom hele hovedbygningen, men samtidig betød det at man for det meste måtte måle seg ut fra punktene i aksene gjennom døråpninger. Det var ikke mulig å måle opp rommene direkte fra aksene fordi døråpningen ble for smal (det kreves en viss avstand mellom de to punktene på aksene som de ulike punktene i rommet skal måles ut ifra). Som tidligere nevnt, måtte vi derfor måle inn døråpningens plassering i forhold til aksene først, for deretter å måle inn resten av rommet ut ifra døråpningen. Vi hadde da et punkt på hver side av døråpningen. Rommene ble altså målt via noe annet opp mot aksene. Jo flere slike «ledd» man får i målingen, jo større blir usikkerheten.

### *Målebånd og laser*

Målebåndet begynner å sige allerede ved strekker over fire meter og alt ettersom hvor langt strekket er vil siget i målebåndet utgjøre tilsvarende unøyaktighet. For å hindre sig i målebåndet er det om å gjøre å stramme det mest mulig ved måling - uten å rive det ut av hendene til den som står i andre enden. Samtidig vil målet kunne variere med noen millimeter i forhold til hvordan båndet holdes i nullpunktet og ettersom hvor lett det er å komme til i alle punkter. Menneskelig svikt kan også fort oppstå. Målene skal leses av, videreformidles og noteres på rett plass på tegningen, for så å leses av igjen ved inntegning på data. Dessuten er det temmelig vondt/smertefullt å holde målebåndet i nullpunktet over tid mens det strammes og målet skal avleses. Når det gjelder menneskelig svikt er det mange feilmål som kan forhindres med god kommunikasjon og gode rutiner, slik at for eksempel alle vet hvilke mål som blir tatt og at målene leses opp på en bestemt måte. For å unngå unødig forvirring kan det hende at noen oppgaver krever at det er samme person som utfører dem gjennomgående (for eksempel notere punkter og avstander ved måling av et rom).



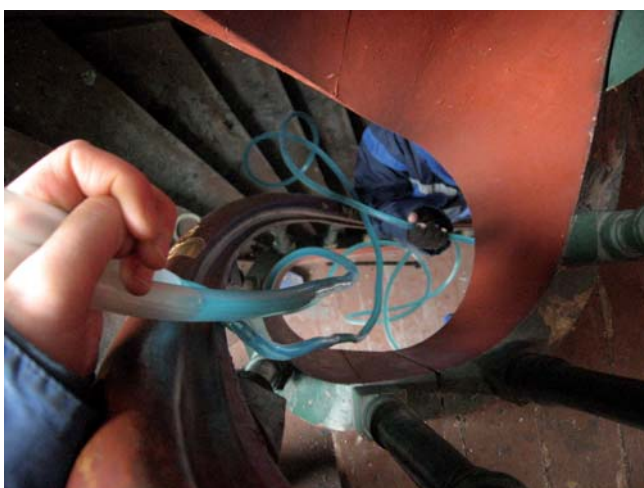
Riktig plassering av merket kunne være vanskelig og av og til kunne luftbobler, krystaller eller is medføre ulikt nivå på overflatene.

En lasermåler hadde vært et meget godt alternativ til å bruke målebånd, da de måler raskt og nøyaktig. Her satte utstyret begrensninger for oss. Lasermåleren vi hadde tilgjengelig var en firkantet boks som målte fra en av sideflatene. Det gikk derfor fint å måle for eksempel langs vegger, mens den ikke var laget for å måle diagonaler. I ettertid ser vi at vi kunne ha brukt en tommestokk eller en kloss. Samtidig var det svært vanskelig å holde lasermåleren stødig og i vater i forhold til aksene (ingenting å lene/holde den mot).

Vi tok alle mål i millimeter, men på dette detaljnivået hadde det vært tilstrekkelig å måle i centimeter.

### *Slangevater*

Ved bruk av slangevater vil plassering av horisontallinja man skal sette variere en del avhengig av vinkelen man ser fra. Dessuten vil overflatespenningen på væsken gjøre at den trekker seg litt opp mot kanten av slangen. Man må derfor bli enig om hvor merket skal settes i forhold til overflaten og passe på å se vinkelrett på slangen. Luftbobler (og is, som vi kommer til i neste avsnitt) i slangen gir avvik mellom overflatenivået i slangens endepunkter.



Fjerning av luftbobler i slangevateret.



Vertikal måling med lasermåler og vater.

Derfor må en være nøye med å se etter/kontrollere om dette forkommer. I tillegg var det vanskelig å komme til med slangevateret over alt.

#### *Kulde*

Oppmålingene begynte i uke 2, altså i midten av januar. Temperaturen i januar og begynnelsen av februar lå mellom  $-15$  og  $-20^{\circ}\text{C}$ . Dette vanskeliggjorde oppmålingsarbeidet. Kalde fingre og /eller votter gjør det vanskelig å håndtere vater, blyant, målebånd og så videre. Dessuten ble slangevateret upålitelig ved veldig lave temperaturer. Frostvæsken hadde frysepunkt på  $-15^{\circ}\text{C}$ , men enkelte dager var det rett og slett for kaldt også for den og det ble dannet krystaller og is i slangen. Dette ga ulike nivåer på overflaten i endene på slangen, da tettheten på is og vann er ulik. For å løse dette helte vi varmtvann i slangen eller tok den med oss inn (vi hadde "base" hjemme hos Lillian som bor i en av nabobygningene) så den fikk tint seg. Ulike nivåer på overflatene dukker også opp dersom blandingen av vann og frostvæske i slangen ikke er homogen. Det er derfor viktig å blande vann og frostvæske godt før man har det i slangen, da ujevn blanding kan gi feil utslag (spesielt ved større trykk i slangen, noe som forekommer dersom høydeforskjellen mellom endene og resten av slangen blir stor). En annen ulempe ved kulda var at slangen ble stiv og uhåndterlig. Dette senket nøyaktighetsgraden ytterligere.

#### *Fysiske hindringer*

Interiør og konstruksjonsdeler (altså objekter som ikke kunne flyttes) kunne ofte gjøre det vanskelig å komme til og få tatt viktige mål. Videre var også listverk og ledninger i veien for oppmålingen, spesielt i hjørner. Her tok vi mål bort til listverk/ledning og la på den avstanden vi antok at manglet inn til hjørnet. Her kan vi ha gjort uriktige anslag. Ved store hindringer, som hjørneskap eller lignende, satte vi av et punkt på veggen så nært hjørnet som mulig og anslo at hjørnet ville være i fortsettelsen av veggen gjennom dette punktet. Dette kan være en feilkilde, da veggene ikke alltid følger en rett linje.



Avmerking av nytt horisontalnivå over trapp.

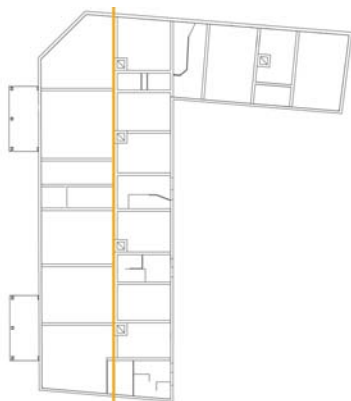
## Oppmåling og tegning av langsnitt

Vi ønsket å tegne et langsnitt av bygningen blant annet for å kartlegge tykkelser på etasjeskillere, for å finne typiske romhøyder, veggtykkelser og så videre. Vi valgte å gjøre dette i hovedbygningen, da det er den største og lengste delen av huset. For å få størst mulig grad av nøyaktighet kunne vi ha spent opp akser i alle etasjer slik at de lå parallellt i et vertikalt plan. Dette ville medført av vi måtte bore hull i vegger og etasjeskillere – noe som ville være meget vanskelig å tidkrevende å få til (hullene må bores slik at snora går fritt igjennom). Dessuten ville det være til skade for huset. Vi besluttet at dette ikke ville være hensiktsmessig med tanke på detaljeringsgraden vi hadde behov for. Det er heller ikke tatt hensyn til skjevheter i vegger.

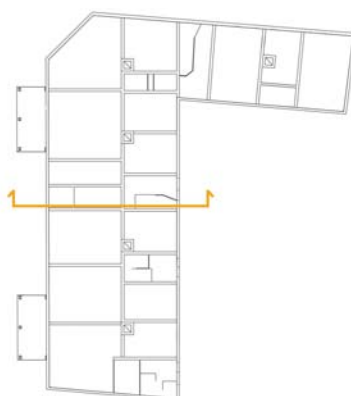
Vi bestemte oss da for å ta utgangspunkt i den vertikalt gjennomgående innerveggen som strekker seg mellom alle pipene. Dette medfører at snittet antakeligvis ikke går langs en snorrett linje, men forflytter seg litt i plan. På denne veggen merket vi av punkter langs en horisontal linje ved hjelp av slangevateret, for eksempel i hjørnene ved tilstøtende innervegger. Vi satte ellers punkter med omtrent én til halvannen meters avstand og målte avstanden mellom punktene. Ved måling av avstand mellom to punkter som sto på hver sin side av en tilstøtende vegg, målte vi veggens tykkelse der vi kom til, som regel i døråpninger. Disse målene er altså ikke tatt direkte på «snittveggen». Der snittet går diagonalt gjennom en vegg var det vanskelig å estimere den nøyaktige tykkelsen på denne.

Fra alle punktene på dette horisontalplanet brukte vi lasermåleren til å måle avstanden

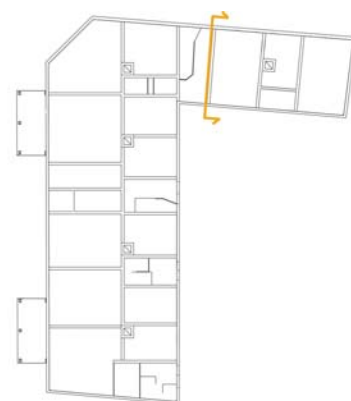




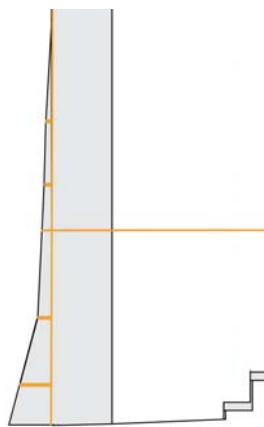
Langsnittet er målt med utgangspunkt i den vertikalt gjennomgående innerveggen.



Tverrsnittet gjennom hovedbygningen er målt i et trapperom.



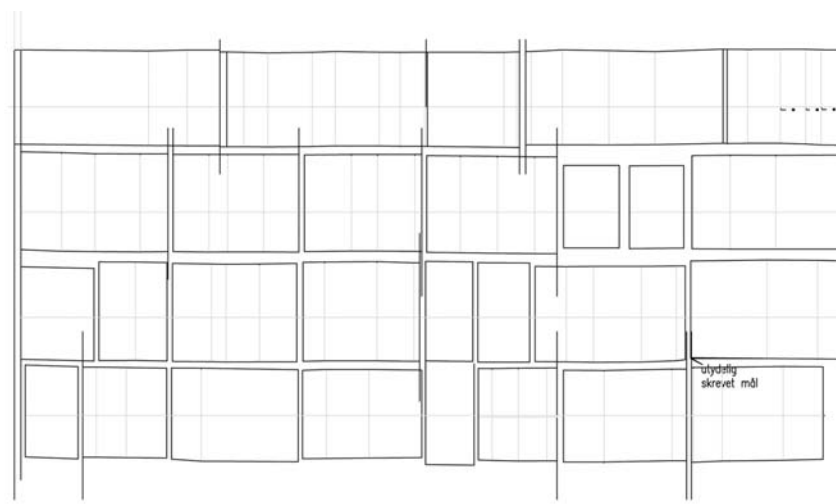
Tverrsnittet gjennom fløyen er også målt i et trapperom, men snitter ikke gjennom trappen.



Måling av tykkelse på sokkelmuren.

vertikalt både opp til himlingen og ned til gulvet. Dette ble gjort i hver etasje. I vanskelige tilgjengelige hjørner ble høydene målt med målebånd. Avstanden mellom punktene ble målt med målebånd, men vi brukte også lasermåleren der dette var hensiktsmessig (for eksempel mot tilstøtende vegger). Type gulvbelegg, plassering av pipe og mål tatt opp til taklist ble notert. Vi fortsatte med å delegere ansvaret med å notere og tegne til én person, mens de to andre tok seg av måling og avlesning. Til slutt måtte vi finne avstanden mellom horisontalnivåene i hver etasje. Ved hjelp av slangevateret merket vi av horisontalnivået på en av søylene på balkongen. Ved å holde målebåndet fra den øverste balkongen, kunne vi lese av avstandene i alle etasjene nedover på balkongene. Da veggen ikke fremsto som tydelig skjev, kontrollerte vi ikke de små skjevhetene som eventuelt måtte finnes.

Loftet ble ikke tatt med under oppmålingen av langsnittet, men vi tok i bruk mål fra oppmåling av tverrsnitt og loftsplan under tegning.



Opptegning av langsnitt. Der linjene fortsetter forbi etasjeskillet har vi ikke kommet til for å måle høyder.

## Oppmåling og tegning av tverrsnitt

Vi tegnet et tverrsnitt av fløyen og et av hovedbygningen for å få oversikt over både ytterveggssnitt og takhøyder. For å få oversikt over noen av trappeforløpene valgte vi å legge tverrsnittet i hovedbygningen til et av trapperommene. Tverrsnittet er målt på samme måte som langsnittet; Ved å sette av et horisontalplan langs en vertikalt gjennomgående vegg og deretter måle avstander og høyder. Vi brukte det samme horisontalplanet som vi brukte ved oppmåling av langsnittet. Dette horisontalplanet snittet imidlertid gjennom trappa i hver etasje, så her etablerte vi nye horisontalplan som gikk over trappene.

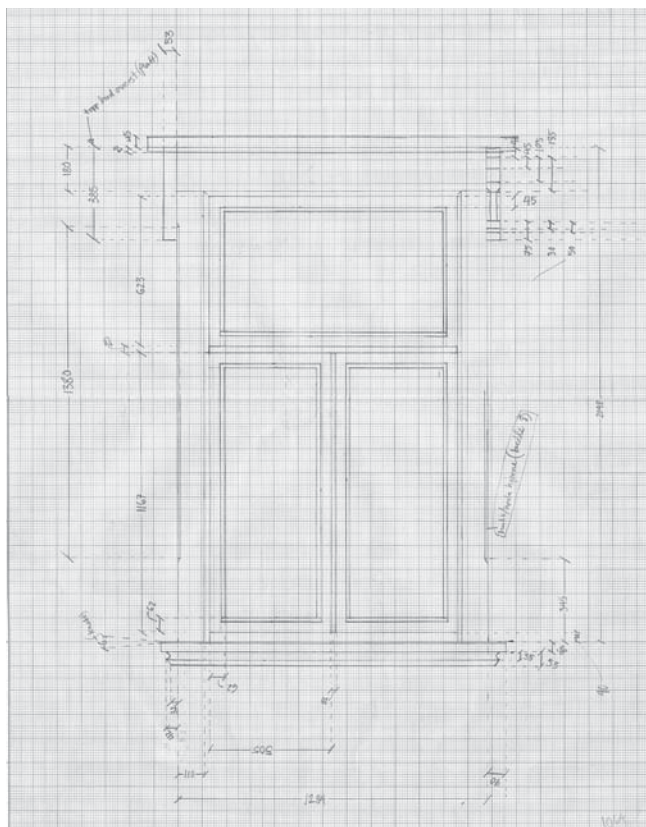
For å måle trappene satte vi av merker på det nye horisontalplanet (avmerket på veggen med tape) ved ytterkanten av trinnene. Dette ble gjort ved hjelp av loddesnora. Deretter målte vi den vertikale avstanden mellom horisontallinja og trinnene og avstanden mellom merkene (det som altså tilsvarer inntrinnet). Vi har tatt kun ett mål for å etablere høyden til hvert trinn (i forhold til horisontalplanet). Det vil i tegning derfor fremstå som om trinnflatene er vannrette, selv om de i virkeligheten antakelig har en liten skjevhet.

Ved oppmåling av snittet gjennom ytterveggen i vestfasaden målte vi først opp sokkelmuren. Denne avtar i tykkelse oppover i høyden. Vi merket av horisontalplanet på utsiden av sokkelmuren. I døråpningen nærmest snittlinja fikk vi oversikt over hvordan murens tykkelse avtok oppover. Vi opprettet en vertikal akse i åpningen og satte av en rekke punkter oppover





Vinduet som ble brukt som "standard".

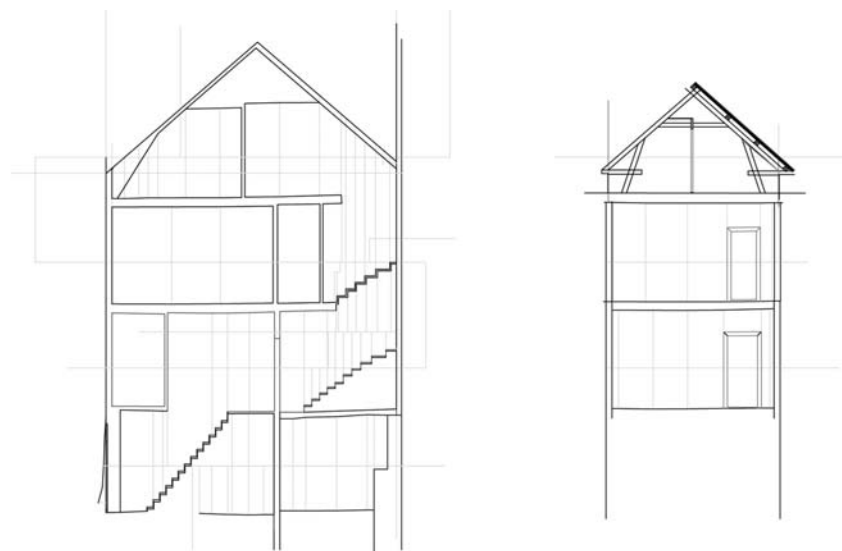


Oppmålingstegning av vindu.

langs denne linja. Murens tykkelse ble målt i horisontallinja gjennom hvert punkt. (Murens tykkelse og helning vil variere noe, og målene vi tok gir mest et bilde av hvordan det var akkurat der.)

I overgangen mellom kjeller og første etasje begynner reisverksveggen. Tykkelsen på reisverksveggen ble målt i en vindusåpning i første etasje og vi anslo (ved hjelp av noen kontrollmål) at denne tykkelsen var omtrent den samme i hele vestfasaden og i østfasaden (Ytterveggens tykkelse måtte måles gjennom enten vindu- eller døråpninger hvor det som regel var listverk rundt. Tykkelsen på dette måtte vi anslå – noe som kan være vanskelig med profilerte lister). I tillegg estimerte vi hvor tykk veggen skulle være ut ifra det vi visste om dens oppbygning. Sokkelmuren i østfasaden har en (så godt som) loddrett ytterside som går tilnærmet i flukt med reisverksveggen over. Sokkel- eller kjellermurens tverrsnitt fikk vi tilgang til gjennom en vindusåpning.

Tverrsnittet i fløyen er målt opp på samme måte. Også her er sokkelmuren loddrett og ligger i flukt med reisverksveggen.



Opptegning av tverrsnitt gjennom hovedbygningen (t.v.) og fløyen (t.h.).

## Oppmåling og tegning av fasade

Det eksisterte allerede en tegning over deler av vestfasaden fra 1946. Denne ble i første omgang tegnet inn i AutoCAD og brukt som grunnlag for videre tegning.

Fasadene er målt i flere omganger og tegningene ble oppdatert mellom hver gang. Ved oppmåling og tegning er det gjort en del antakelser. Den viktigste – som i stor grad har vært styrende for hvordan oppmålingen har foregått – har vært at vinduer står på linje både horisontalt og vertikalt (i et fastsatt rutenett).

Oppmålingen av fasadene begynte med detaljoppmåling av et vindu. Dette vinduet ble senere brukt som «standard» for resten av husets vinduer. Selv om de fleste vinduene i huset ser temmelig like ut er det små forskjeller på grunn av ulik alder, type og så videre. Dette er det altså ikke tatt hensyn til i fasadetegningene.

Deretter tok vi horisontale mål med målebånd langs alle fasadene (langs første etasje på fasaden mot øst og mot sør og langs sokkelmuren på fasadene mot nord og vest), hvor fasadenes lengde og vinduers og dørers plassering ble fastsatt. Et unøyaktighetsmoment kan



Knekk i taket i fasaden mot nord.

være at denne målingen trolig ikke er helt horisontal. Vinduene i de høyere etasjene er plassert rett over vinduene i første etasje og siden det var vanskelig å komme til i høyden tok vi derfor ikke liknende mål på fasaden i andre og tredje etasje. Vi målte også inn vinduenes vertikale plassering i forhold til horisontalplanet i hver etasje (innvendig). På denne måten kunne vi finne vinduenes plassering i fasaden. Da det står et tilgrensende nabobygg langs den ene fasaden mot sør fikk vi ikke målt langs denne, men fasadens lengde ble tatt fra tverrsnittet. Vinduene på sørgavlen er målt inn fra innsiden og plasseringen av nabobygget er målt inn på bakkenivå. Vi tok også mål ut fra vinduene i tredje etasje og ned mot nabobyggets tak.

Første steg i fasadetegningen ble å tegne det oppmålte vinduet og deretter å tegne opp hver fasade med vindusplassering, dørenes plassering og ytre omriss. For å finne tak- og mønehøyder tok vi i bruk mål fra tverrsnittene.

Videre målte vi dørenes høyde på veggen i forhold til vinduene. Dette ble gjort på tre dører og gjennomsnittet av disse målingene ble brukt i videre opptegning. Et unøyaktighetsmoment her kan være at det i virkeligheten er ulik høyde på dørene.

Deretter målte vi inn trammens plassering (på øst- og sørfasaden) ut ifra de allerede etablerte elementene (vinduer og dører). Vi målte også inn vinduer i kjelleretasjen, utbyggene rundt kjellernedgangene og balkongen i andre etasje på sørfasaden. Balkongens vertikale plasseringen på veggen er målt ut fra et vindu i andre etasje. Det var vanskelig å komme til og få eksakte mål av balkongens konstruksjon på undersiden og dimensjonene er derfor justert med bakgrunn i kjente materialdimensjoner. Vannbordet mellom ytterkledning og sokkelmur ble innmålt i forhold til et vindu i første etasje på østfasaden. Dette målet kan muligens variere fra fasade til fasade.

Videre målte vi opp verandaene på vestfasaden og fant da relativt store avvik fra tegningene fra 1946. Vi målte verandaenes plassering i forhold til vinduer og målte også verandaene innad. Etasjebandene (både mellom første og andre etasje og mellom andre etasje og takutstikk/tredje etasje) ble målt inn og plassert i forhold til vinduer.

Ved tegning av nordfasaden ble det gjort antakelser ut ifra bilder og observasjon. Taket knekker opp, slik at ytterveggen har full høyde et lite stykke i fasaden. Høyden på denne veggen ble her satt ut ifra høydemål gjort på innsiden av ytterveggen.

Pipenes plassering er funnet ved bruk av plantegningene (disse beskrives i neste avsnitt). Også her fant vi store forskjeller i forhold til fasadetegningen fra 1946. Takvinduene ble målt inn fra innsiden.



Tidligere versjoner av sør-, øst-, nord- og vestfasade (redigert 07.03.2010)

## Oppmåling og tegning av planer

Da den «nøyaktige» oppmålingen ikke ga de resultater vi hadde tenkt, måtte vi finne en annen fremgangsmåte for oppmåling og tegning av plan. Vi valgte å ta utgangspunkt i planene fra

Skisse fra opptegning av utvendig trapp 10.03.2010.

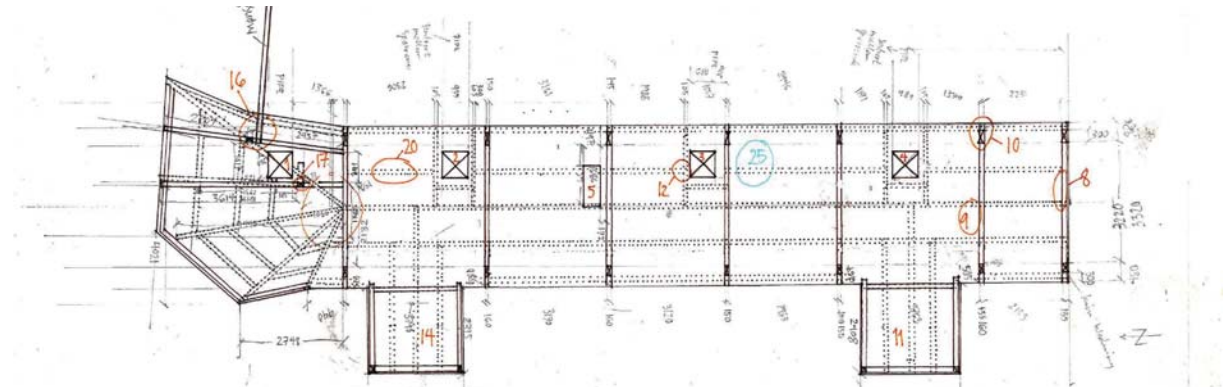


2002, spesielt omrisset. Omrisset eller lengden på ytterveggene ble justert etter lengdemålene av fasadene og her fant vi også vinduenes og ytterdørenes plasseringer. Både langsnittet og tverrsnittene ble brukt i stor utstrekning; Her fant vi blant annet ytterveggenes tykkelse og mange av innerveggenes plassering og tykkelse. Veggtykkelser som ikke var med i noen av snittene ble tegnet som et anslag/gjennomsnitt. Disse tykkelsene ble videre justert med riktige mål der vi kunne observere avvik fra antakelsene.

Videre brukte vi lasermåleren til å ta innvendige mål i alle rom – i hovedsak i nord-sør og øst-vest retning. Der vi tydelig så at rommene hadde skråstilte vegger (i plan), målte vi inn dette. Der det er gjennomgående trappeløp ble de tilgrensende innerveggene i alle etasjer justert så de sto over hverandre (en justering på maksimalt +/- 100 mm). Målene er ikke tatt i samme horisontalplan slik som i den nøyaktige oppmålingen, men er tatt i tilnærmet samme høyde. I planene fra 2002 manglet deler av kjelleren i sørøstlig ende i hovedbygget og i hele fløyen. Kjellerene ble oppmålt som i de andre etasjene. Så ble døråpningenes plassering i innerveggene innmålt samt andre detaljer som sprang i veggtykkelse, fast innredning og så videre.

Pipeløpene plassering i forhold til innerveggene ble målt opp i hver etasje. Vi har gjort en antakelse om at pipeløpene indre dimensjon er lik i alle pipeløp og i alle etasjer. Pipenes ytre mål varierer i de ulike etasjene på grunn av ulik tykkelse på puss og diverse utmuringer. Vi har brukt gjennomsnittlige mål for pipenes ytre omriss (når de står fristilt) i tegning. Pipene er også plassert over hverandre i plan, selv om det er mulig at de er murt på skrå gjennom etasjeskillene. Dette var imidlertid vanskelig å undersøke. Trappene ble målt opp for seg selv. Det ble tatt mål av trinnenes bredde og inntrinn på hver side.

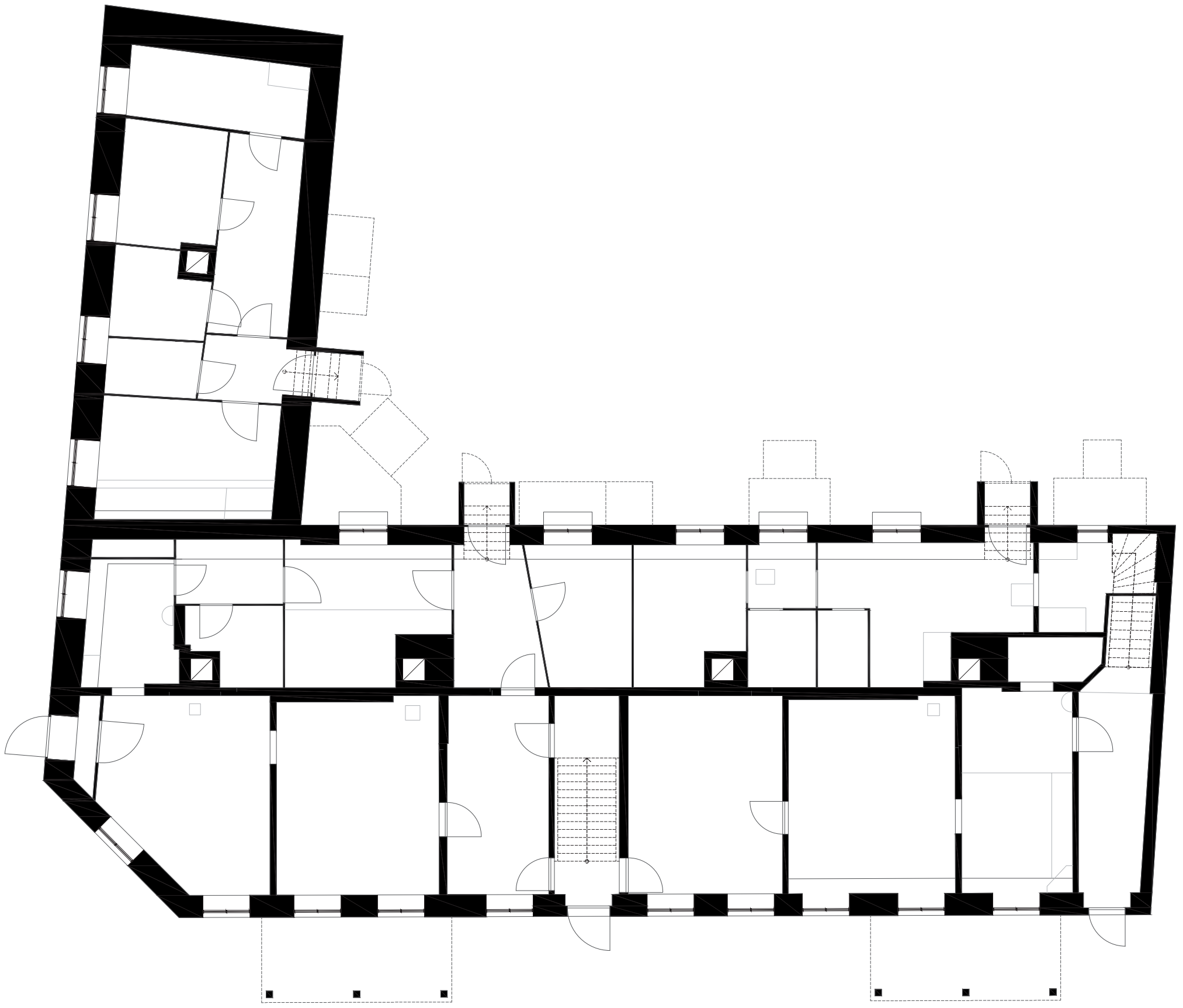
Loftet over hovedfløyen fantes det ikke tegninger av, så dette måtte måles opp fra grunnen av. Oppmålingen ble i hovedsak gjort med lasermåler. Vi tok utgangspunkt i taksperrene og målte deres dimensjoner og innbyrdes avstand (avstand er målt både på vest- og østsiden). Vi målte deretter inn takutstikkene over verandaene i forhold til disse. I nordenden av loftet blir regelmessigheten i konstruksjonen brutt. Her ble oppmålingen litt mer komplisert; kort fortalt begynte vi med ett objekt og målte deretter plasseringen til de andre ut ifra dette. Ved tegning ble omrisset fra planen til tredje etasje brukt som underlag. Oppmålingen av konstruksjonen på loftet passet godt med planen til tredje etasje, og det trengtes kun små justeringer for å få det til å passe overens (disse justeringene ble gjort i loftsplanen da målene her var ganske omtrentlige, da særlig i nordenden). Videre ble åser og pipeløp innmålt.



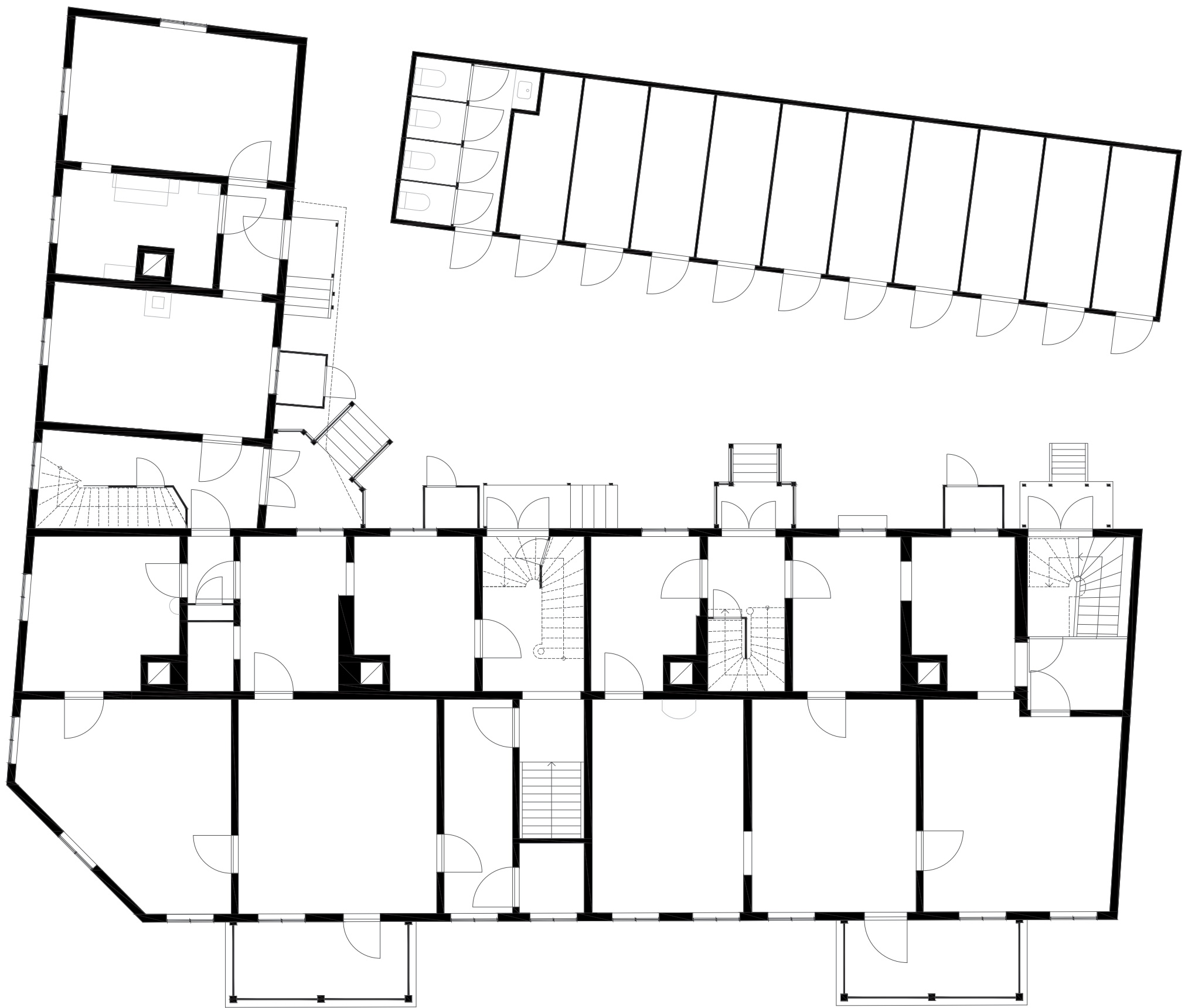
Skisse fra oppmåling av loftet 29.04.2010.

Til slutt hadde vi plan-, snitt- og fasadetegninger som var temmelig ulike de fra 2002 og 1946. Planene er som sagt tegnet med en viss grad av anslag og gjennomsnittsmål, men innehar stor nok grad av nøyaktighet til vårt bruk.





Kjellerplan i målestokk 1:100

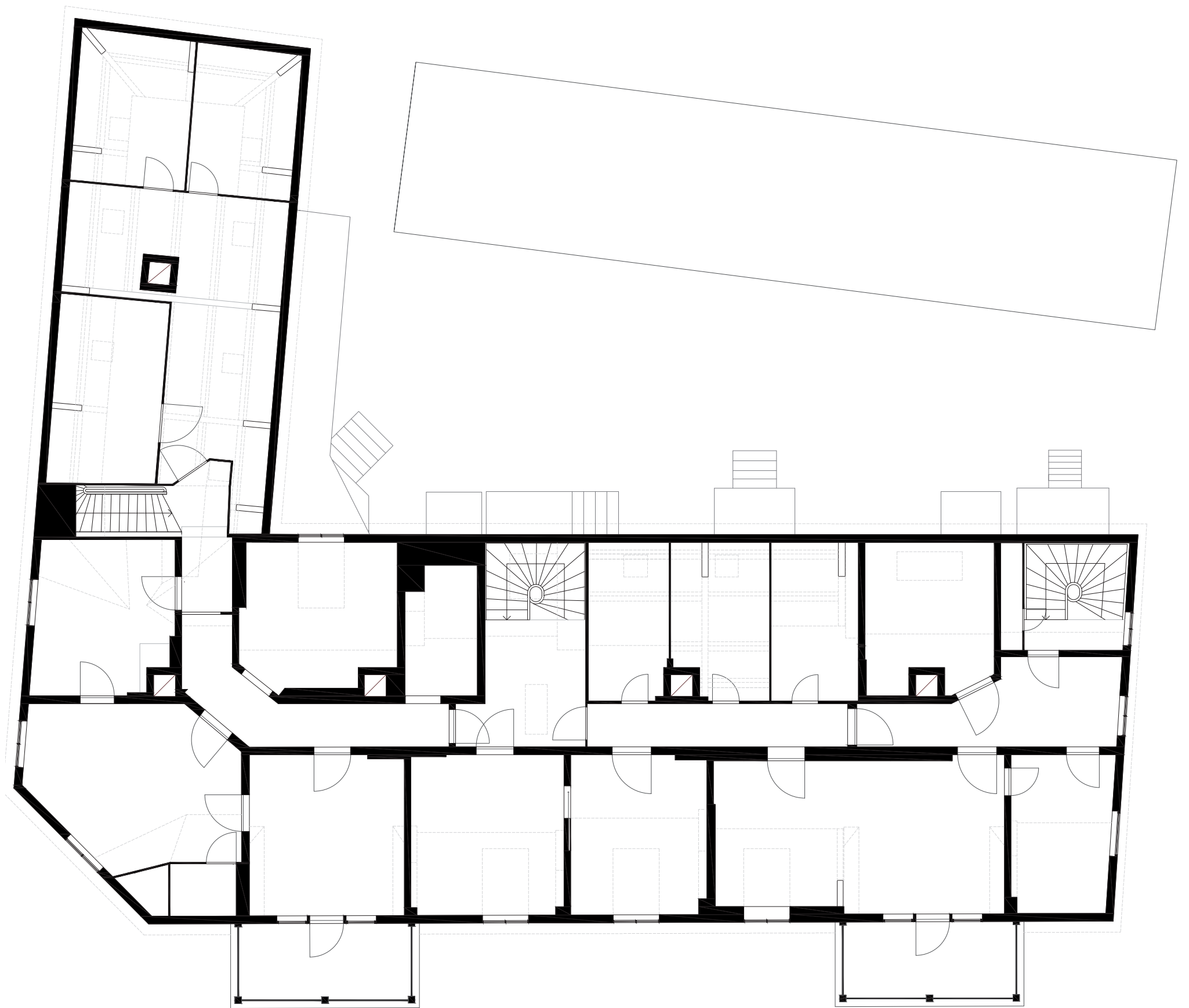


Første etasje i målestokk 1:100

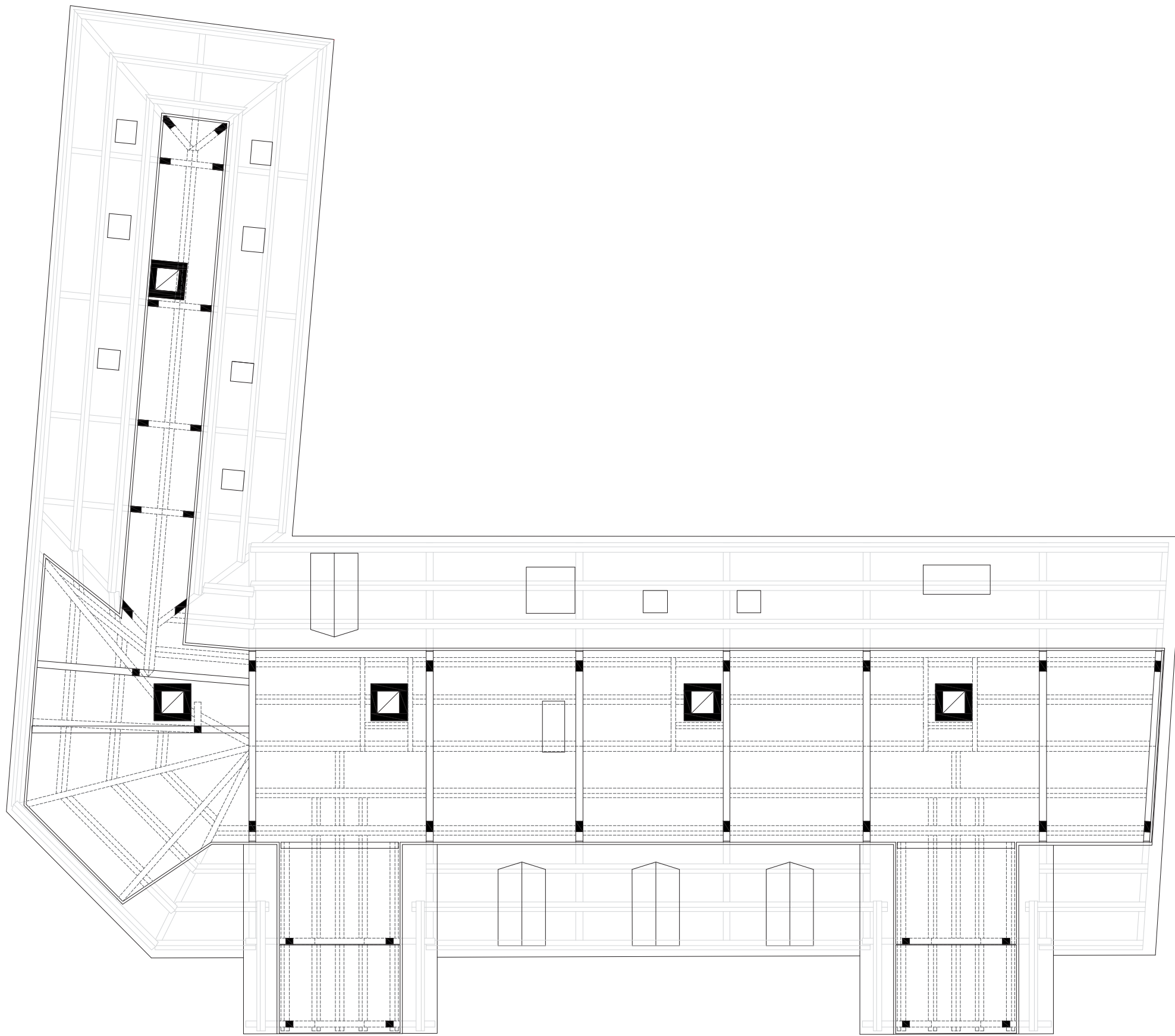


Andre etasje i målestokk 1:100

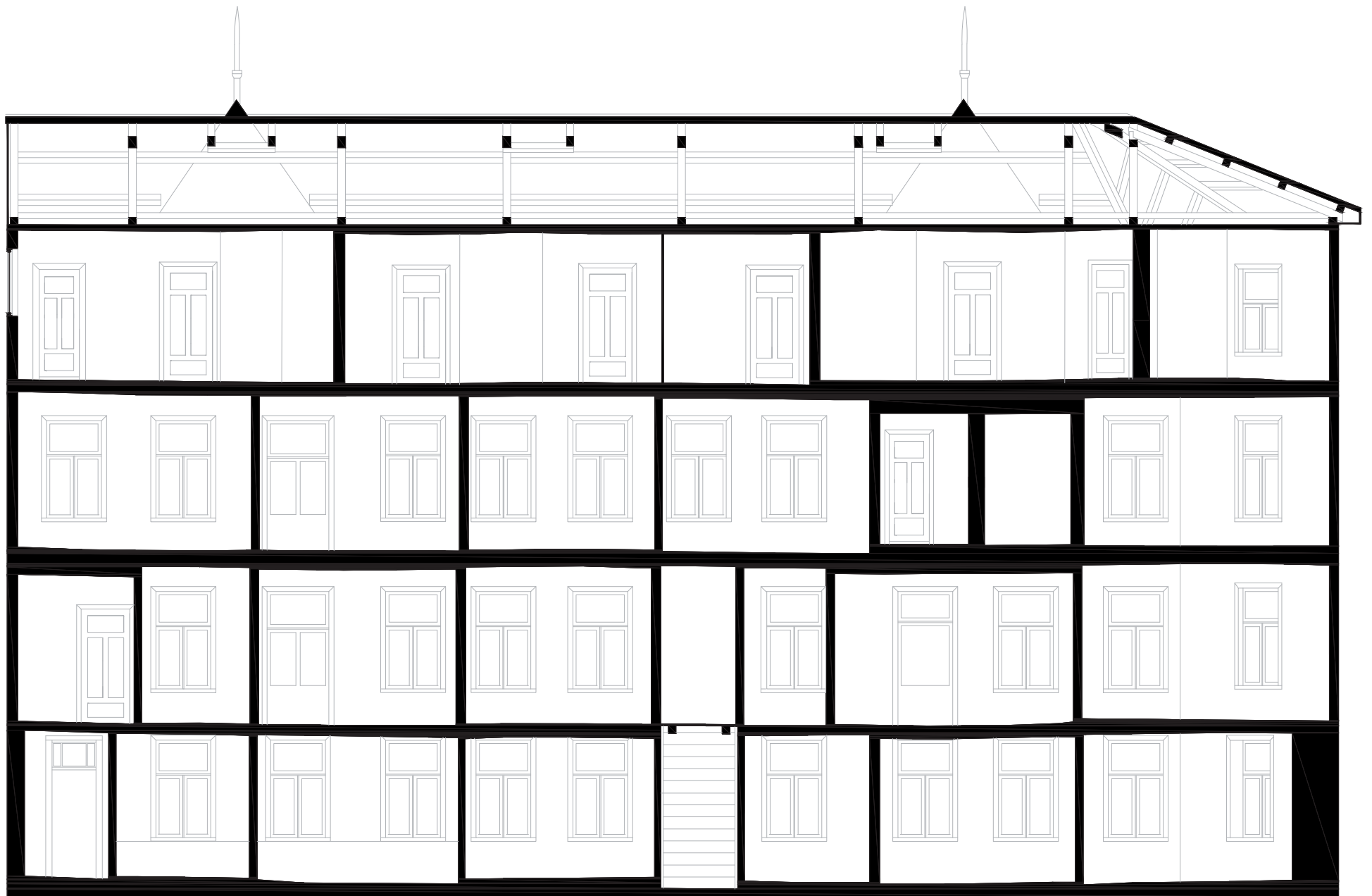




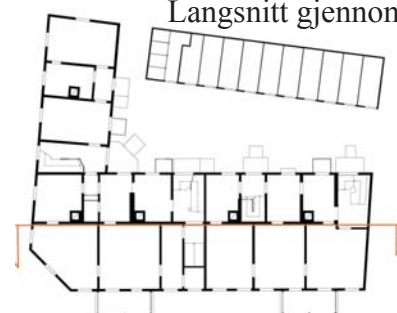
Tredje etasje (kvisten) i målestokk 1:100



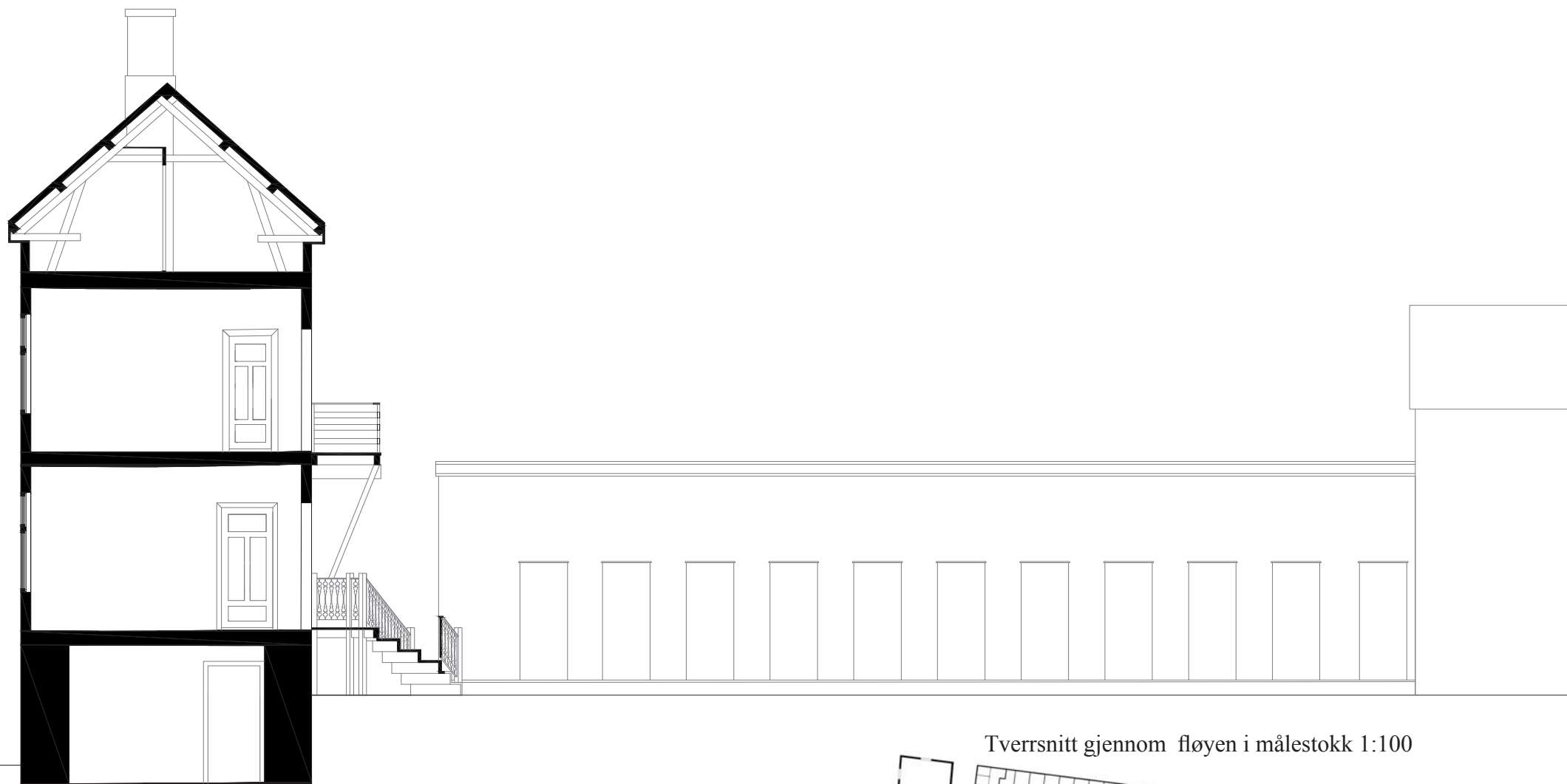
Loftsplan i målestokk 1:100



Langsnitt gjennom hovedbygningen i målestokk 1:100

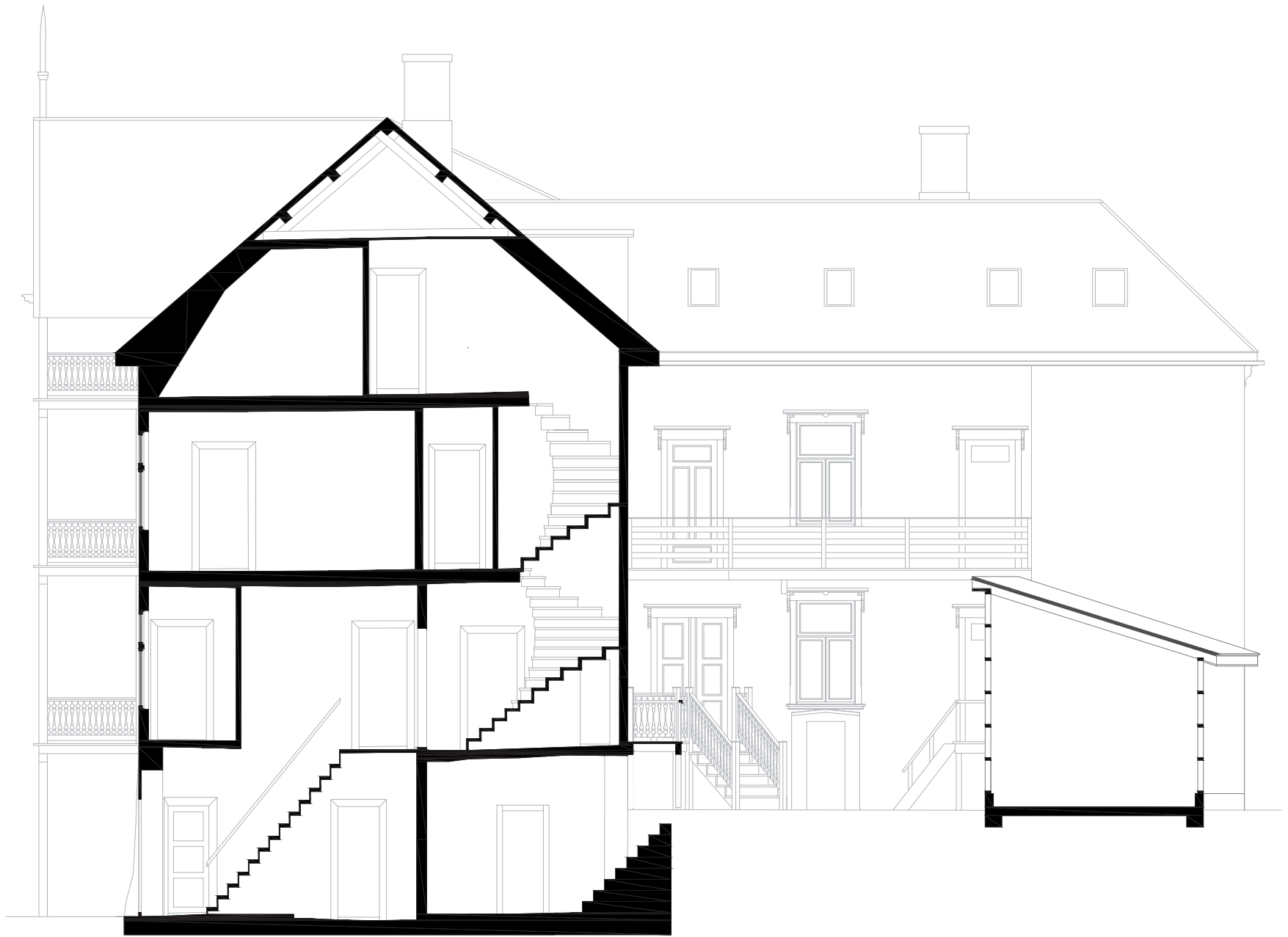






Tverrsnitt gjennom fløyen i målestokk 1:100





Tversnitt gjennom hovedbygningen i målestokk 1:100





Fasade mot vest i målestokk 1:100





Fasade mot nord i målestokk 1:100



Fasade mot øst i målestokk 1:100



Fasade mot øst i målestokk 1:100





Fasade mot sør i målestokk 1:100



Fasade mot sør i målestokk 1:100



Kjellermur.



Teglgulv.



Tilfarergulv i kjeller.

## Thingvallagårdens oppbygning

Arbeidet med å kartlegge Thingvallagårdens oppbygning foregikk parallellt med oppmåling og det videre arbeidet med tilstandsanalyse og registrering (se kapittel 3). Det ferdige materialet er basert på observasjoner i bygningen så langt det har latt seg gjøre. Vi ønsket ikke å gjennomføre større destruktive undersøkelser og dette medførte at vi ikke kunne observere og undersøke alle delene i konstruksjonen. I forhold til de videre undersøkelsene – og da spesielt livsløpsvurderingen – var det nødvendig å ha en fullstendig oversikt over bygningens alle deler og komponenter. I detaljsnittet og 3D-modellen har vi derfor gjort faglig baserte antakelser (med god støtte i faglitteratur og fra våre veiledere) der vi ikke har direkte kunnskap fra observasjoner. Disse har vi gjort rede for her.

### Fundament

Bygningen har bærende yttervegger og en bærende, midtre vegg. I og med at det ikke finnes noen tegninger av fundamentene er det vanskelig å si noe om hvordan bygningen ble fundamentert da den ble bygget og det er vanskelig å si noe om fundamentene uten å grave de ut. Disse har vi derfor ikke klart å dokumentere.

Grunnundersøkelser viser at grunnen består av sand, silt og leire (i lag på henholdsvis 7,5 meter, 3,5 meter og 1 meter) (Utbyggingskontoret Trondheim 1999). Frøstrup (1993) beskriver denne grunnsammensetningen som middels god byggegrunn (han baserer dette på eldre faglitteratur) og skriver at på slik byggegrunn var det vanlig å fundamentere litt større bygninger på flåtefundamenter (fram til 1910). Treflåter er avhengige av å ligge under grunnvannsstanden for å bevares. Thingvallagården ligger i fallende terreng og det er derfor sannsynligvis en lav grunnvannstand i området. Under slike forhold ville treflåter råtnet bort og ført til svært store setninger i bygningen, mens setningene som finnes ikke er av en så alvorlig grad (for mer informasjon se kapittel 3 *Tilstandsanalyse og registrering*). Det er mulig bygningen rett og slett er fundamentert på stein (steinputer).

### Kjellermur

Kjellermuren under fløyen er en tørrmurt gråsteinsmur av naturlig bruddstein (ikke tilhogde sider) med tegl rundt dør- og vindusåpninger. Under hovedbygningen består kjellermuren av gråstein opp til vinduer med den øverste delen murt i teglstein. Kjellermurene er spekket med sementmørtel på utsiden og kalkpusset på innsiden. På fasaden som vender mot nord er det støpt en betongkant utenpå kjellermuren.

### Kjellergulv

I østre del av kjelleren under hovedbygningen og i hele fløyen består gulvet av teglstein tidligere påført sement. Dette er beskrevet som «cementeret stengulv» i branntakstene (Branntakstprotokoll 4, Strinda, 1888-1896). Langs vestfasaden er det tilfarergulv. Bjelkelaget til tilfarergulvet ligger rett på grunnen<sup>3</sup>.

I østre del av kjelleren finnes to kummer i gulvet; antakelig til drenering. Frøstrup (1993) skriver at det var uvanlig å drenere byggegrunnen før på 1930-40 tallet, så det kan tenkes at

<sup>3</sup> Tilfarergulvet er blant annet observert i rom 026, hvor gulvbordene er skadet og man har innsyn til bjelkelaget.





Reisverksplanker med løs fjær i en døråpning tilknyttet rom 020 i kjelleren.



Ukledd knevegg i rom 303.

disse kummene er tilført senere enn 1890.

## Bærende trekonstruksjon

### Reisverkskonstruksjon

I branntakstprotokollen kan man lese at Thingvallagården er oppført i *plankereisverk*. Frøstrup (1993) beskriver tre ulike reisverkskonstruksjoner: Tømmerreisverk, ramverk med stående plank og plankereisverk. *Tømmerreisverk* består av stående tømmer med firkantet tverrsnitt plassert på en svill med en reim i overkant. Alle delene har samme tverrsnitt. *Ramverk med stående plank* består av et konstruktivt bærende ramverk av grovt bygningstømmer (5" x 5" eller 6" x 6") som er satt sammen av stolper, svill og reim (samme tverrsnitt). Mellomrommet mellom stolpene er utfyllt med reisverk av stående planker med en tykkelse på 3". Denne konstruksjonen ble særlig brukt i tidsperioden 1880-1920. *Plankereisverk* består av bærende plank (vanligvis med en tykkelse på 2 1/2") som står på en svill med en reim i overkant. Denne veggkonstruksjonen ble utviklet rundt 1910 (ibid.).

Drange, Aanensen og Brønne (1980) beskriver de samme reisverkskonstruksjonene, men betegner det Frøstrup beskriver som ramverk med stående plank som *vanlig reisverk (1850-1900)* og plankereisverk som *enklerer reisverk (1900-1950)*.

Vi har ikke hatt ønske om å gjennomføre destruktive undersøkelser, men noen steder er konstruksjonen allerede delvis avdekket og det har vært mulig å undersøke den<sup>4</sup>.

Veggkonstruksjonen består av *ramverk med stående plank*. Denne konstruksjonen finnes i full høyde i første og andre etasje, som knevegg i tredje etasje (veggen er delvis i full høyde i ytterveggen mot nord) og som bærende midtvegg i hovedbygningen. Konstruksjonen består av et ramverk som er satt sammen av stolper, svill og reim med 114x114 mm tverrsnitt. Frøstrup (1993) skriver at stolpene som regel stod med 1-2 meters mellomrom og Drange, Aanensen og Brønne (1980) skriver at stolpene ble plassert i hjørner, ved vinduer og ellers med en avstand på omtrent 2 meter. De ble tappet ned i svillen og svill og stolper ble forankret med jernbindere. Vi mener derfor at stolpene står på hver side av vinduer og dører i bærende vegger, i hjørnene og ellers med 1-2 meters avstand. Rundt åpninger er det sannsynligvis innfelt *losholt* mellom stolpene (for eksempel over og under vinduer). Mellomrommet mellom stolpene er utfyllt med reisverk av stående planker med en tykkelse på 56 mm<sup>5</sup>. Plankene er fastholdt med lekter på én side i svill og reim. Innad har plankene både løs fjær og/eller not og fjær. Resterende innvendige vegger består av reisverksplank med *losholt* og stolper ved døråpninger.

### Bjelkelag

Både Frøstrup (1993) og Drange, Aanensen og Brønne (1980) beskriver det som typisk at bjelkene ble kammet mellom to veggsviller, altså en dobbeltsvillkonstruksjon. Åpningene mellom svillene ble fylt ut med såkalte *skunker*. Vi antar at det også er gjort på dette viset i Thingvallagården. Vi har ikke hatt anledning til å observere hvordan dette er gjort.

Etasjeskillerene består av kún ett bjelkelag<sup>6</sup> som ligger opplagret mellom yttervegg og en midtvegg i hovedbygningen og mellom ytterveggene i fløyen. Bjelkene har tverrsnittet

4 I rom 303 er ikke kneveggen innkledd og man kan her se reisverksstolpene og planken tydelig. Et vindu i rom 123 mangler listverk, og her kan man observere ramverksstolpene på sidene av vinduet.

5 Materialdimensjonene er innmålt i kneveggen i rom 303.

6 Dette ser vi ved at gulvbordene har motsatt lengderetning av det et primærbjelkelag ville ha. Dessuten ser man også bjelkelaget i deler av kjelleren hvor det ikke er himling.



Stubbloft.

146x146 mm. I etasjeskillerne finnes stubbloft med leirfyll på 7-8 cm tykkelse<sup>7</sup>. Etter observasjoner i kjelleren (hvor det ikke er himling), har vi funnet at bjelkene ligger med en avstand på mellom 80 og 100 cm. Vi antar at bjelkene er utvekslet for å få plass til piper, trapper og andre gjennomføringer der dette har vært nødvendig.

Ramverkskonstruksjonen står i dag som da den ble oppført i 1890. Vi har observert at det finnes ulike typer bjelker i bjelkelaget mellom kjelleren og første etasje og dette kan tyde på at utskiftninger er gjort.

### Piper og brannmurer

Thingvallgården har fem piper med murt skorstein over tak. Pipene har ett løp og er murt med tre steins bredde og en steins dybde. I kjelleren er det gruer tilknyttet to av pipene. Disse er igjenmurt eller igjenstøpt. Der pipene går gjennom bjelkelaget har pipevangene en steins tykkelse. Brannmurer i ½ steins bredde er murt opp der det er eller har vært vedovner. Både piper og brannmurer er pusset. Disse er opprinnelige.

### Takkonstruksjon

Taket er et *åstak* på *sperrebukker*. Åsene er støttet av åseklosser. Sperrebindene står med en avstand på to til fire meter. På grunn av kneveggen er det satt inn *knebukker* ved hvert sperrebind. Materialene brukt i takkonstruksjonen har grovt sett kvadratiske tverrsnitt og man finner ulike dimensjoner på mellom 130x130 mm og 160x160 mm.

I nordenden av hovedbygningen mister takkonstruksjonen sin regelmessighet. Sperrene går her ut i et vifteformet mønster fra mønsåsen.

Undertaket består av stående taktro (tykkelse 30 mm) lagt på åsene. Taket er tekket med ulike materialer: Ruteskifer (opprinnelig) og skiferimiterende shingel spikret på lekter og korrugert stål.

Det er gjort enkelte utskiftninger og reparasjoner i takkonstruksjonen siden bygningen ble oppført. Dette gjelder i hovedsak utskiftning/forsterking i deler av åsene.

Taket har også fire kobbhus eller kvister som ble påbygget i 1946. Hva konstruksjonen består av vet vi ikke, men vi antar det er en form for lett bindingsverk (ut ifra datidas typiske byggemåter). Frøstrup skriver at «[...] kvistenes sider og tak skulle tekkes med et «ildfast materiale» (ofte metallplater)» (Frøstrup 1993: 242). Hva kobbhusene er tekket med har vi ikke fått undersøkt direkte. Ingen av vinduene her lar seg åpne og dessuten er kobbhusene malt slik at det ikke fremgår hva tekkingsmaterialet er når man ser kobbhusene fra bakkenivå. Imidlertid viser fotodokumentasjon<sup>8</sup> fra ca. 1970 at de er kledd med metallplater både på sider og tak.

### Ytterkledning og kledningsdetaljer

Utvendig er reisverkskonstruksjonen belagt med papp og veggene er så kledd med liggende pløyd og profilert panel på 6"x<sup>3</sup>/<sub>4</sub>" som er lektet ut på stående spikerslag. I overgangen mellom

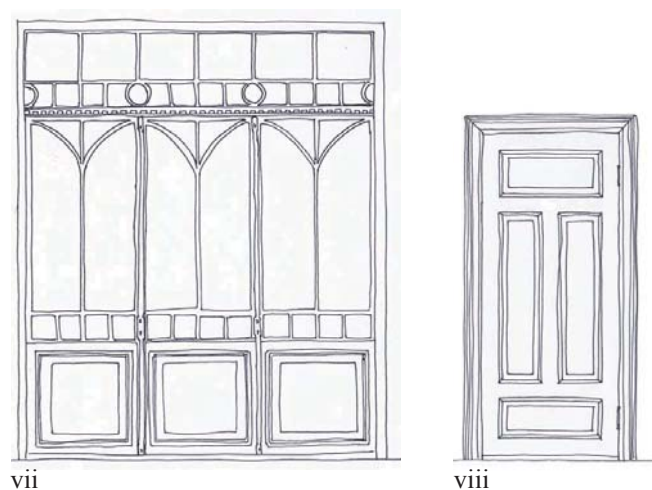
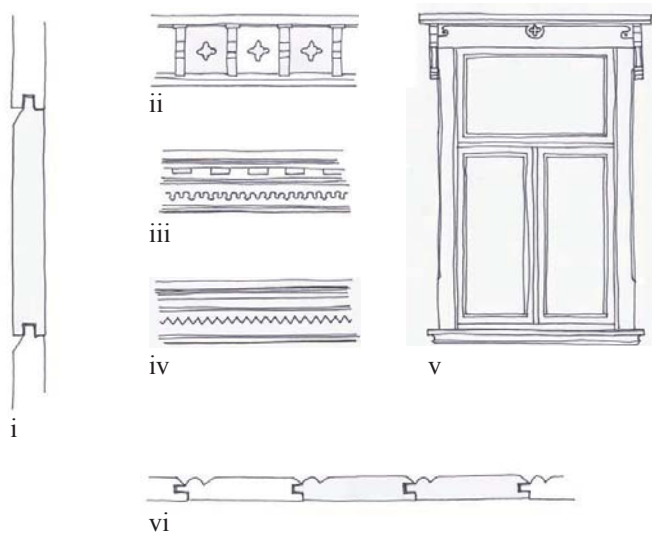
<sup>7</sup> Dette er observert i rom 113 hvor det ikke er gulvbord.

<sup>8</sup> Foto fra Dag Nilsen.



Knebuk.





Tegninger basert på egne oppmålinger:

- i: Ytterpanel i målestokk 1:5.
- ii: Gesimsutsmykning (øverste etasjeband) på fasadene mot nord og vest i målestokk 1:20.
- iii: Etasjeband mellom vinduene i første og andre etasje på nord- og vestfasadene i målestokk 1:20.
- iv: Etasjeband mellom vinduene i første og andre etasje på østfasaden i målestokk 1:20.
- v: T-postvindu i målestokk 1:50.
- vi: Innvendig perlestaffpanel i målestokk 1:5.
- vii: Tofløyet dør i målestokk 1:50.
- viii: Trefyllingsdør i målestokk 1:50.

ytterkledning og sokkelmur er det vannbord med kvartstaffprofil og i hjørnene er kledningen avsluttet med hjørnekasser. Dette er opprinnelig. En del av veggen på fasaden mot sør er kledd med stående tømmermannspanel og dette kom antakelig til når det gamle uthuset ble fjernet (se senere avsnitt om uthuset).

Mellom vinduene i første og andre etasje er det et etasjeband av profilerte lister, bord med ulike utskjæringer og vannbrett på toppen. Bygningen har gesimsutstikk kledd med glatte panelbord på undersiden og gesimsutsmykning (i tilstandsanalysen kalt etasjeband) med profilerte lister og knekter. På sørgavlen er gesimsutstikket påforet.

Utvendig listverk rundt t-postvinduer består av plane lister med avfasing på siden, plant overstykke med utskjært dekor, vannbrett med knekter og profilert understykke (med unntak av t-postvinduene i sokkeletasjen). Det samme listverket finnes rundt inngangsdørene på fasadene mot sør og øst. Resterende vinduer og dører har enklere eller ingen belistning.

Ytterveggen er malt rød med detaljer i gult. Fargen er antakelig forandret siden huset ble bygget. Ut fra tidlige fotografier kan man se at detaljeringen hadde en mørkere valør enn kledningen. I tillegg ser en spor etter hvitmaling på ytterkledningen der utbyggene over kjellernedgangene står. Vi antar at bygningen har blitt skrappt før den har blitt malt på nytt, for vi finner ingen malingslag med annen farge under den nåværende malingen.

## Verandaer og andre tilbygg

Verandaene er bygget opp med søyler og bjelker med kvadratisk tverrsnitt (146 mm x 146 mm). Disse går over tre etasjer med takutbygg over. I hver etasje finnes rekkverk med balustre. Verandaene har dekorative elementer som avfasede hjørner med rett avslutning på stolper, buer med utskjæringer, spir med knekt og konge og utkraget reim. Vindskier, søyler og andre konstruktive detaljer er malt gult, mens balustrene er rødmalt. Verandaene, som ble skiftet ut i 1996, er en etterlikning etter de som sto der før. Fotodokumentasjon<sup>9</sup> fra ca. 1970 viser at verandaene var bygget opp konstruktivt på samme måte som nå, men at de hadde en litt annen detaljering. Balustrene hadde en annen utforming med flere hakk inn på siden enn de som står der i dag.

I bakgården finnes fem trapper/trammer opp til inngangsdørene. Disse har varierende utforming: To av dem (disse var under fornyelse i 2002<sup>10</sup>) har rekkverk med balustre. Resten er av eldre dato og med enklere utforming. Ingen av trappene/trammene er opprinnelige.

Over kjellernedgangene står det overbygg. Disse er bygget opp meget enkelt med stolper kledd med plank. De står på en teglmur.

## Vinduer

Thingvallgården har 62 t-postvinduer med doble isolerglass. Ingen av disse er opprinnelige, men de har samme ruteinndeling som de som sto der før. Fotodokumentasjon<sup>11</sup> fra ca. 1970 viser antakelig vinduene før utskifting, og her ser man t-postvinduer med en sprosse i øverste ramme. Vi vet ikke nøyaktig når dagens vinduer ble satt inn (bortsett fra at det må være etter 1970), men antar at dette har skjedd i flere omganger da utforming, typer og dimensjoner

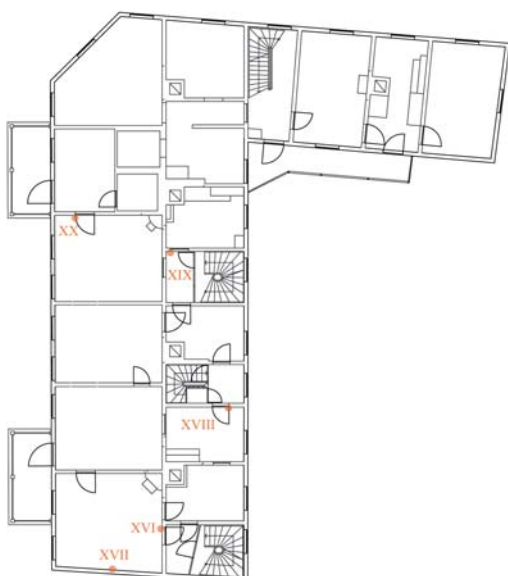
9 Foto fra Dag Nilsen.

10 Dette har vi skrevet om i kapittelet *Litteratur- og arkivsøk*.

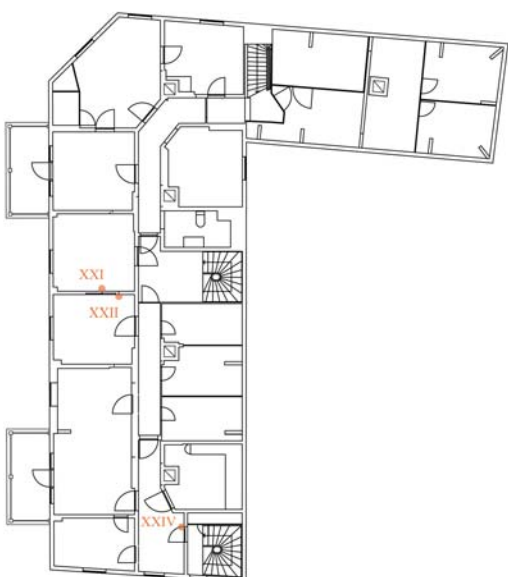
11 Foto fra Dag Nilsen.



Oversikt over listverk i første etasje.



Oversikt over listverk i andre etasje.



Oversikt over listverk i tredje etasje.

varierer noe. Det finnes t-postvinduer fra i alt 6 ulike produsenter i bygningen.

I kjelleren/sokkeletasjen finnes ni torams vinduer med enkle glass og to ruter i høyden. Disse antar vi at er opprinnelige ut ifra slitasje/elde. I kjelleren er det også ett torams vindu med doble glass og en rute i høyden og ett enrams vindu med doble glass. Disse ser man at ikke er opprinnelige, fordi de er mindre enn den opprinnelige åpningen i kjellermuren (åpningene er delvis gjenmurt).

På sørgavlen står det to torams vinduer med doble isolerglass og en rute i høyden og ett enrams vindu med dobbelt isolerglass. Disse er ikke opprinnelige.

I taket finnes seks mindre enrams takvinduer. Av disse er fire med enkle glass og to med doble isolerglass. Det finnes også to større enrams takvinduer; ett med enkelt glass og ett med dobbelt isolerglass. Ved takstering 24.01.1894 hadde bygningen 15 takvinduer (Branntakstprotokoll 4, Strinda, 1888-1896). Det er sannsynlig at disse står på samme plass i dag. Tegninger fra 1946 viser at det tidligere var takvinduer der kobbhusene nå er plassert. I tre av kobbhusene står det torams vinduer med enkle glass og varevindu, mens det i det siste kobbhuset står et enrams vindu med dobbelt isolerglass.

## Dører

### Innvendige dører

I bygningen finnes 55 trefyllingsdører med én liggende fylling øverst og nederst og to stående fyllinger imellom. Med bakgrunn i typiske stiltrekk mener vi at disse er opprinnelige. Fire dører er kledd med plater. Det finnes også fem nyere dører.

I forbindelse med trapperom finnes også fire doble dører med glassfelter. Disse dørene står i to tilfeller som en del av en større «skillevegg» med glassfelter.

Inn til boder er dørene en del av bodveggen.

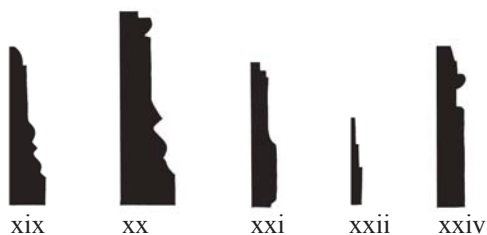
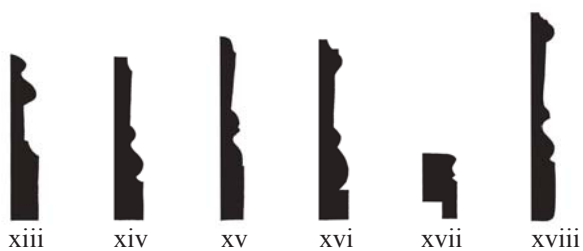
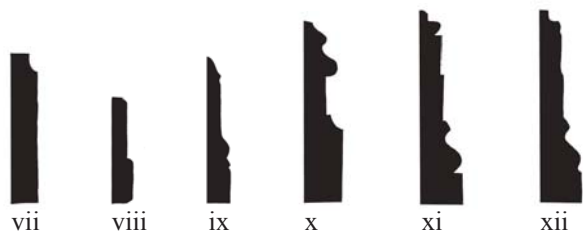
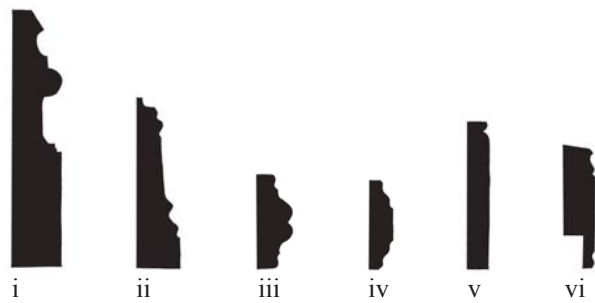
### Ytterdører

Det finnes fire ytterdører med to dørblader. Hvert dørblad har mellom to og fire fyllinger. I tre av dørene er det satt inn glass i de øverste fyllingene. Vi antar at disse dørene er opprinnelige med bakgrunn i deres utforming (de har for eksempel samme type listprofiler som de innvendige glassdørene).

Videre finnes tolv enkle dører. To av disse står i kjellermuren på vestfasaden. Begge disse dørene har overlys. En har fyllinger og samme utforming som de doble dørene og vi mener derfor at også denne er opprinnelig. Den andre er en fyllingsdør med fyllinger av sponplater kledd med plank på utsiden. I de tre kjellernedgangene mot bakgården finnes dører av massivt trevirke. På sørsida av fløyen finnes to enkle dører kledd med plater og med innsatt glass. Disse ser ut til å ha kommet til etter oppføring. Listverket omkring ser ut til å ha hatt en annen plassering tidligere (de har hakk etter å ha blitt tilpasset noe som kan ha vært der før og man kan se spor etter en større åpning i veggen). Her finner man også en enkel dør med fyllinger i samme utforming som de andre fyllingsdørene.

Bygningen har seks verandadører med glassfylling i tolags isolerglass i øverste halvdel. Tre av dørene har én glassfylling mens de tre andre har to glassfyllinger.





## Innvendige vegger

Siden bygningen ble reist er en vegg fjernet, noen nye lettvegger er kommet til og noen innvendige åpninger er stengt (dørene er enten blendet eller åpningene bygget igjen).

På reisverksveggene er det enten rupanel eller perlestaff (panel med not og fjær, halvstaff og fas). Perlestaffen er ofte dekket av plater, tapet eller lignende og/eller malt. Rupanelet er nesten utelukkende dekket av strie og tapet. Ytterveggene er også kledd med papp mellom reisverksplank og panel. I noen rom er veggene foret ut med lett bindingsverk i materialdimensjon 48x98mm. Nye lettvegger er også oppført i lett bindingsverk i materialedimensjon 48x98mm. Både utforinger og nye lettvegger er kledd med plater (enten gips eller trefiber) og er tapetsert og/eller malt. Noen vegger er isolert enten med isolasjonsmatten i mineralull eller ved innblåsning av cellulosefiber.

De fleste rom for opphold har fotlister, taklister og karmlister med varierende profiler.

## Innvendige trapper

Det finnes én rettløpstrapp med håndlist festet til veggen. Trinnene er satt i innstemte spor i vangene. Det finnes fire buede trappeløp (i det sørligste trappeløpet er trappa ned til kjelleren en kominasjon av en rettløpstrapp og en buet trapp). De buede trappene har innstemte trinn, dreide meglere, balustre og håndlist festet til veggen på en side. Trappene er opprinnelige.

## Himlinger og gulv

Gulvene har gulvbord (tykkelse 30 mm, bredde 9-12 mm) som ligger i retning nord-sør i hovedbygningen og i retning øst-vest i fløyen. Disse er ofte dekket med ett eller flere lag balatum eller annet gulvbelegg. Noen gulv er også lektet opp.

Himlingene er først kledd med perlestaffpanel eller rupanel. Opprinnelig ser rupanelet ut til å ha blitt trukket med strie som er pålimt papir. Senere har flere himlinger blitt nedforet og/eller blitt kledd med himlingsplater.

## Tekniske installasjoner og innredning

Bygningen har tre baderom<sup>12</sup> med keramiske og glaserte fliser på vegger og pvc-belegg på gulvet. Innredning er ikke komplett. Et av baderommene har vannklosett, mens man kun ser spor etter at det har stått klosetter i de to andre rommene.

Det finnes åtte kjøkken med innredning av ulike varianter. I tre av disse er det også dusjniseje. Tre av rommene har utslagsvask.

Utførelsen på brytere, støpsler og ledninger tyder på at det nyeste elektriske anlegget med fordelere, sikringskap og brytere har blitt installert i løpet av de siste 20 årene. Det finnes også rester av eldre elektriske anlegg.

Rørføringer til vann finnes, men er ikke komplett. Flere steder har rør blitt kappet i overgangen mellom etasjene. I kjelleren finnes sju varmtvannsberedere.

<sup>12</sup> Gjennom våre søk i byggesaksarkivene har vi kommet fram til at disse baderommene må ha blitt innredet en gang etter 1998 (for mer informasjon se kapittelet *Litteratur- og arkivsøk*).

Listverk i målestokk 1:5 tegnet etter egen oppmåling:

Fotlister (opprinnelige): i, v, vii, x og xiii.

Fotlister (nyere): xv.

Karmlister (opprinnelige): ii, viii, xi, xii, xiv, xvi, xviii, xix, xx, xxi, xxii og xxiv.

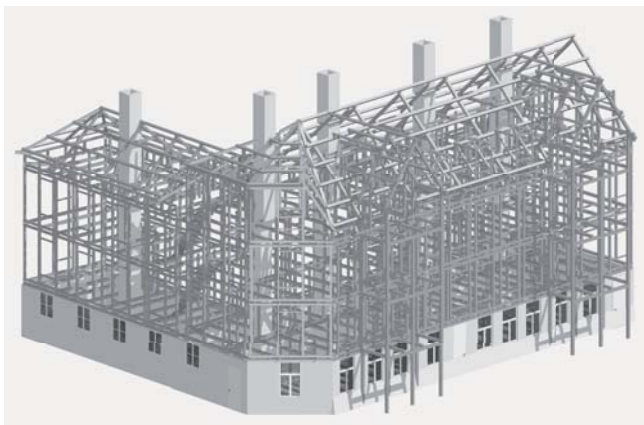
Kramlister (nyere): ix.

Brystningslister (opprinnelige): vi

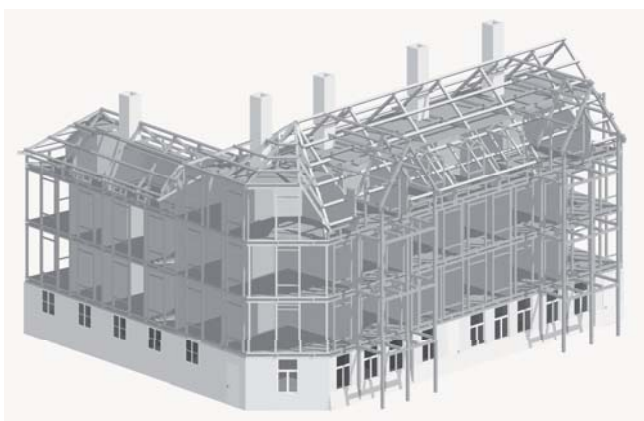
Brystningslister (nyere): xvii.

Brannmurlister (opprinnelige): iii og iv.

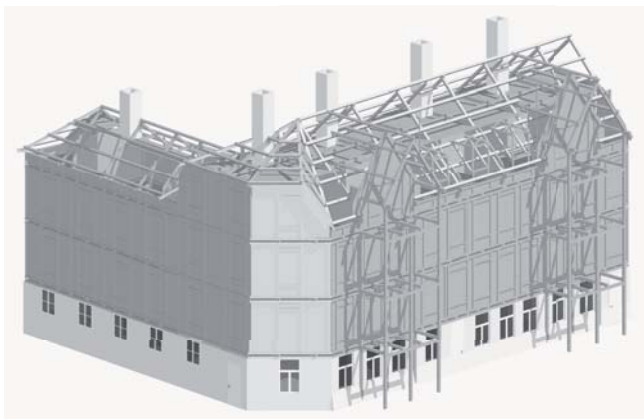
Hvor i bygningen listverkene befinner seg vises i piktogrammene på foregående side.



Reisverksskjelettet.



Med innvendige vegger.



Med utvendig reisverk.



Med kledning.

## Uthuset

Uthuset som ble oppført samtidig med hovedhuset ble revet i 1979 og det som står der i dag ble bygget i 1980. Vi har ikke hatt tilgang til dette, men har gjennom byggesaksmappene fått tilgang på tegninger datert 03.10.1979. Uthuset står på en betongmur, er bygget i en etasje i lett bindingsverk (materialdimensjon 48x98mm) og har pulttak. Uthuset er kledd med stående tømmermannspanel og er malt rødt. Her finnes fire vannklosetter, en servant og ti boder.

## 3D-modellering

Hovedhensikten med å utarbeide en 3D-modell av bygningen var å bruke modellen for å gjøre masseberegninger til bruk i livsløpsvurderingen. Vi valgte derfor å gjøre dette ved hjelp av et CAD-verktøy på data (studentversjonen av ArchiCAD 13) i motsetning til å bygge en fysisk modell. Modellen viste seg også å være et svært nyttig verktøy i arbeidet med å kartlegge bygningens oppbygning. Det var lett å oppdage hvor man manglet informasjon/data om konstruksjonen og å se større sammenhenger og/eller logiske brister der vi måtte gjøre antakelser. Gjennom arbeidet med modellen fikk vi en større forståelse for bygningen enn vi ville fått gjennom å kun tegne snittdetaljer.

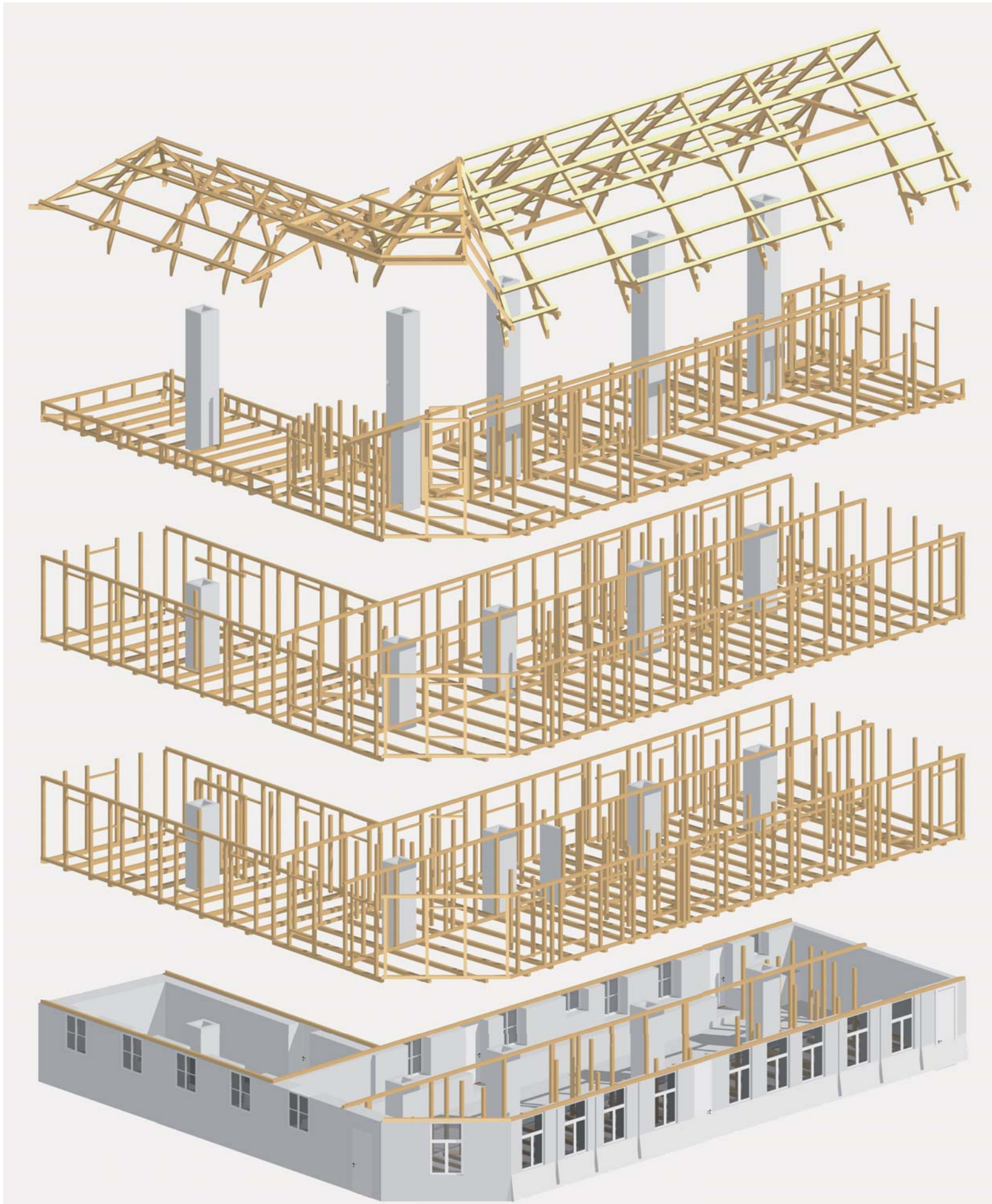
3D-modellen viser først og fremst den bærende/indre konstruksjonen. I tillegg har vi tegnet inn noen utenpåliggende sjikt. Dimensjonene på de ulike materialene brukt i bygningen varierer; For eksempel finner man takåser med ulike tverrsnitt. I modellen har vi gjort forenklinger og bruker gjennomsnittsmål på de ulike bygningsdelene.

I 3D-modellen har vi gjort forenklinger og bruker gjennomsnittsmål på de ulike bygningsdelene. Modellen består av (med de brukte dimensjonene):

*Kjellermur.* Varierende tykkelse  
*Piper.* Tykkelse 160 mm  
*Brannmurer.* Tykkelse 114 mm  
*Svill/reim.* 114x114 mm, mellomrom svill/reim 114 mm  
*Stolper.* 114x114 mm  
*Reisverksplank.* Tykkelse 56 mm  
*Losholt.* 114x57 mm  
*Ytterkledning.* Tykkelse 20 mm  
*Papp* (på begge sider av ytterveggskonstruksjon). Tykkelse 2 mm  
*Innvendig kledning.* Tykkelse 15 mm  
*Bindingsverk lettvegger* (svill og stolper). 98x48 mm  
*Bjelker* (etasjeskillere). 146x146 mm  
*Gulvbord.* Tykkelse 30 mm  
*Stubloftsbord.* Tykkelse 15 mm  
*Kledning himling.* Tykkelse 30 mm  
*Inntrinn/opptrinn trapper.* Tykkelse 30 mm  
*Bodvegger/lettvegger.* Tykkelse 35 mm  
*Svill bodvegger/lettvegger.* 114x57 mm  
*Betongpåstøp* (kjellergulv). 50 mm  
*Taksperrer.* 150x150 mm (hovedbygning) og 130x130 mm (fløy)  
*Hanebjelker.* 150x150 mm (hovedbygning) og 130x130 mm (fløy)  
*Knebukker.* 150x150 mm (hovedbygning) og 130x130 mm (fløy)  
*Sverdbjelker.* 150x150 mm

*Takåser.* 150x150 mm (hovedbygning) og 130x130 mm (fløy og veranda)  
*Taktroer.* Tykkelse 20 mm  
*Taktekking.* Tykkelse 28.3 mm (gjelder skifer)  
*Kobbhus*  
*Svill og stolper.* 98x48 mm  
*Taktro.* Tykkelse 20 mm  
*Tekking.* Tykkelse 0,9 mm  
*Veranda*  
*Stolper.* 146x146 mm  
*Bjelker.* 146x146 mm, 48x30 mm, 98x48 mm, 146x48 mm  
*Gulvbord.* Tykkelse 35 mm  
*Rekkverk.* Tykkelse 30 mm  
*Trammer/trapper* (bakgård)  
*Stolper/bjelker.* 70x45 mm, 196x48 mm  
*Gulvbord/trinn.* Tykkelse 35 mm  
*Rekkverk.* Tykkelse 30 mm  
*Utbygg kjellernedganger.*  
*Veggplank.* Tykkelse 15 mm  
*Taktro.* Tykkelse 15 mm  
*Taktekking.* Tykkelse 3 mm  
*Uthus.*  
*Betonggulv.* Tykkelse 150 mm  
*Stolper/svill/sperrer.* 98x48 mm  
*Veggplank.* Tykkelse 15 mm  
*Taktro.* Tykkelse 15 mm  
*Taktekking.* Tykkelse 3 mm









## Stilmessige trekk

Sveitserstilen kom til Norge til samme tid som det var oppgangstid for seilskutefart, skipsbygging, industri og handel, samtidig som det ble vanlig med maskinell produksjon av lister og paneler på sagbruk (midten av 1800-tallet). Stilen var inspirert av folkelig byggeskikk i landene rundt Alpene (Drange, Aanesen og Brønne 1980). Stilen ble meget populær i Norge, da man her – i tråd med tidens nasjonale strømninger – var på utkikk etter en byggestil i det typisk norske byggematerialet tre til fordel for de foregående stilretningenes stein-etterlignende formspråk (Frøstrup 1993).

Omtrent samtidig med sveitserstilen kom også bevisstheten om å gjøre bygninger «sunne». Ønsket om tilgang til mye lys og luft ble løst med høye vinduer, store takhøyder i rommene og verandaer, balkonger eller annet påbygg (ibid.). Stilen oppsto som en «landlig» byggestil (Drange, Aanesen og Brønne 1980). Typiske trekk for sveitserstilen er store takutstikk med synlige taksperrer. Bygningskroppene hadde ofte en usymmetrisk utforming. Fasaden ble ofte fremhevet med gavlmotiv, som for eksempel verandaer (ibid.). Det ble også brukt mye profiler og utskjæringer, spesielt i verandaer, belistning og gavlutsmykning (Frøstrup 1993).

Thingvallgården har flere typiske stiltrekk fra sveitserperioden:

- *Pløyd og profilert panel* slik vi finner det på Thingvallgården typisk for sveitserstilhus fra 1860 til 1930 (Frøstrup 1993).
- *Knevegger* ble vanlig fra sveitserperioden fra 1860-tallet; Bygårder i mur fikk gjerne knevegg for å gi bedre romhøyde på loftet og for å få plass til utsmykning av gesimsene over vinduene (ibid.).
- Husene i sveitserperioden hadde ofte *høy grunnmur med full kjeller* (ibid.).
- *Verandaer* er et vanlig innslag på bygninger fra sveitserperioden (ibid.).
- *Vannbord og etasjeband* er vanlig på sveitserhus og det samme er *avfasede kanter* på hjørnebord, listverk, og annet fasadeutstyr (ibid.).
- Mye av det innvendige listverket har typisk sveitserutforming med svært *sammensatte profiler*.
- Den utvendige belistningen og omramningen av vinduene har også typiske sveitsertrekk med *avfasede lister, høyt overstykke og vannbrett understøttet av knekter* (ibid.).
- *T-postvinduer* var en vanlig vindusform i sveitserperioden (ibid.), og det ser ut til at bygningen har hatt denne vindusformen også opprinnelig (t-postvindu med sprosse i øverse ramme).
- Innvendige fyllingsdører med én liggende fylling øverst og nederst og to stående fyllinger imellom er typiske for sveitserperioden (ibid.) og det samme er de innvendige dørene med glassfelter.

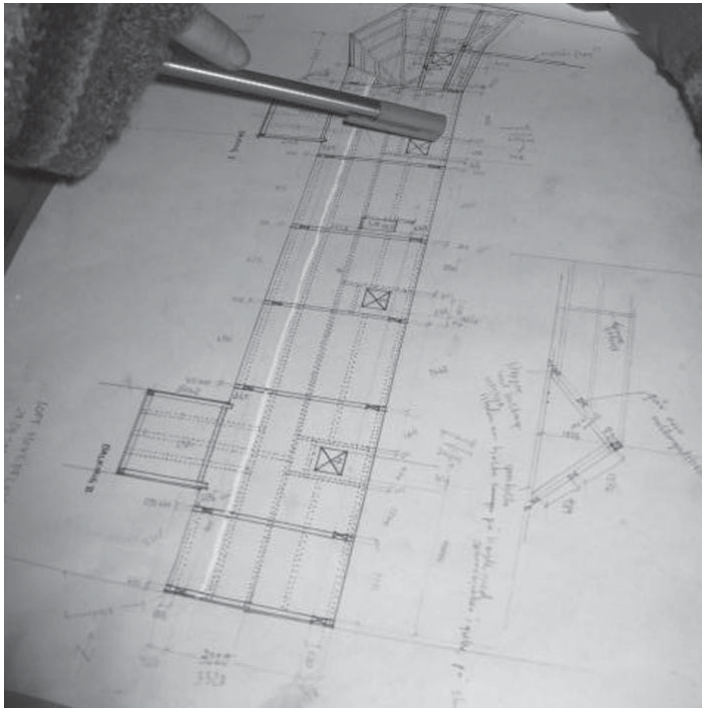
Det er imidlertid noen detaljer som avviker fra det som beskrives som «typisk sveitserstil». Frøstrup (1993) skriver at «Det var spesielt de store åpne **takutstikkene** som skilte sveitserhusene fra den tradisjonelle norske byggeskikken» (Frøstrup 1993: 33, egen utheving). Dette typiske stiltrekket finner vi ikke på Thingvallgården. Her har takutstikket kledd med panelbord på undersiden og i sørgavlen har sågar vindskiene fått en påføring på undersiden for å dekke gesimskassene (dette beskrives av Frøstrup (1993) som et typisk stiltrekk for bolighus som er preget av nyklassisisme).







Kapittel 3  
Tilstandsanalyse  
og registrering





Hensikten med å gjennomføre en tilstandsanalyse er å kartlegge en bygnings tilstand og å angi behov for nødvendige tiltak. På grunnlag av dette kan man videre planlegge vedlikehold og utbedring av bygningen. Det er utarbeidet en norsk standard for gjennomføring av tilstandsanalyse: NS 3424 Tilstandsanalyse av byggverk. NS 3423 Tilstandsanalyse av fredete og verneverdige bygninger bygger på NS 3424.

Det var tidligere gjennomført ulike tilstandsanalyser for Thingvallgården. Vi hadde tilgang til en meget enkel tilstandsvurdering gjort av Teknisk Avdeling ved NTNU, datert 04.11.2002 og en tilstandsanalyse (nivå 1) gjort av Multiconsult AS på oppdrag fra Teknisk Avdeling ved NTNU, datert 28.08.2006. Disse hadde ikke fokus på antikvarisk bevaring og sistnevnte foreslår meget stor grad av utskiftning og inngrep. I forbindelse med den planlagte oppgraderingen av bygningen har det blitt gjennomført en tilstandsanalyse av Tradisjonsbygg Trondheim AS. Denne ble gjennomført etter at vi var ferdig med undersøkelsene på stedet og var delvis basert på våre undersøkelser.

## Metodebeskrivelse

Tilstandsanalysen vil i stor grad utgjøre grunnlaget for de videre vurderingene og beregningene i oppgaven og vi har behov for informasjon som gjør oss i stand til å si noe om hvilke tiltak som må til for å oppnå en satt minstestandard/et *minimumstiltak*<sup>1</sup>, gjøre masse/mengdeberegninger av materiale som må fjernes/tilføres for å oppnå dette og for å gi en kulturminnefaglig verdivurdering av bygningen. I forhold til hva vi skal bruke denne informasjonen til videre har det ikke vært nødvendig å følge NS 3424/3423.

Tilstandsanalysen skal beskrive skader på bygningen som gjør at bygningsdeler må skiftes ut og beskrive hva som må gjøres for at ytterligere skader ikke skal oppstå. Vi vurderer tilstand ut ifra den standarden en kan anta at bygningsdelen hadde da den var ny og gir ut ifra dette en vurdering av de tiltak som må gjennomføres for å reparere/utbedre den aktuelle bygningsdelen slik at den oppnår *brukbar*<sup>2</sup> standard. Vi gjør også en vurdering av årsakene til at skader har oppstått.

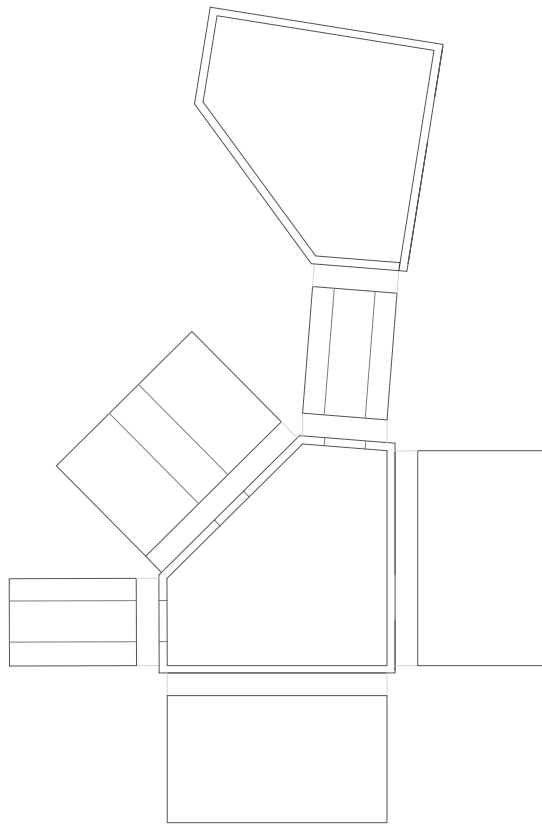
Ved vurdering av skade(omfang) har vi brukt beskrivelser som «små», «alvorlig», «svært», «mindre» osv. Det gis ingen vurdering av svikt i forhold til dagens forskriftskrav. Denne vurderingen gjøres eventuelt senere i tråd med hva vi setter som minimumstiltak.

Vi har dessverre ikke hatt tilgang på fuktmåler under registreringene. Ved behov for å undersøke graden av fukt i materialer der dette ikke var mulig å registrere med det blotte øyet brukte vi en kniv<sup>3</sup> for å konstatere tilstanden til treverket.

I tillegg til å kartlegge tilstand ønsket vi også å bruke denne systematiske gjennomgangen av bygningen til å gjøre andre ulike registreringer. Vi ønsket her å kartlegge alder, dimensjoner og mengder på alt fra listverk til bærende konstruksjon og fast inventar. Vi brukte også

- 1 Hva dette minimumstiltaket innebærer skal vi komme tilbake til i kapittel 5 *Prosjektering*.
- 2 Bygningsdelen skal fungere konstruktivt og være utformet slik at skade ikke vil oppstå som følge av «normal» bruk. Det er her viktig å merke seg at tilstanden ikke er vurdert ut ifra minimumstiltaket eller dagens forskriftskrav.
- 3 Stikkes inn i treet for å se hvor mye det gir etter. Jo større motstand jo tørrere (sunnere) tre. Hvor mye det gir etter vil også variere noe med tresorten.





Tegningsunderlag for et av rommene (rom 117) hvor veggflater og himling er brettet ut. Vinduets vertikale plassering er tegnet inn (høyde fra karm til gulv mangler).

anledningen til å ta kontrollmål av for eksempel takhøyder, veggtykkelser og plassering av dører, vinduer og trapper til bruk i tegningsmaterialet.

Tilstandsanalysen har blitt gjennomført ved en grundig registrering/gjennomgang av bygningens ulike deler. Vi har valgt følgende inndeling: Rom (alle rom i alle etasjer), loft, innvendige trapper, fasader, verandaer og andre utvendige elementer (svalgang, trapper og overbygg til kjellernedgang).

## Registreringer

For hver del har vi beskrevet ulike overflater og deres tilstand, årsaker til eventuelle skader og mulige tiltak for utbedring. Registreringen i denne analysen er gjort ved plassering i *tegning*, ved *beskrivende tekst* og ved *foto*. For å opprettholde effektiviteten i arbeidet hadde gruppemedlemene de samme arbeidsoppgavene gjennom hele analysen. En var ansvarlig for å tegne, en annen noterte, mens den som hadde jobben med å ta bildene også var ansvarlig for å ta mål.

### Tegninger

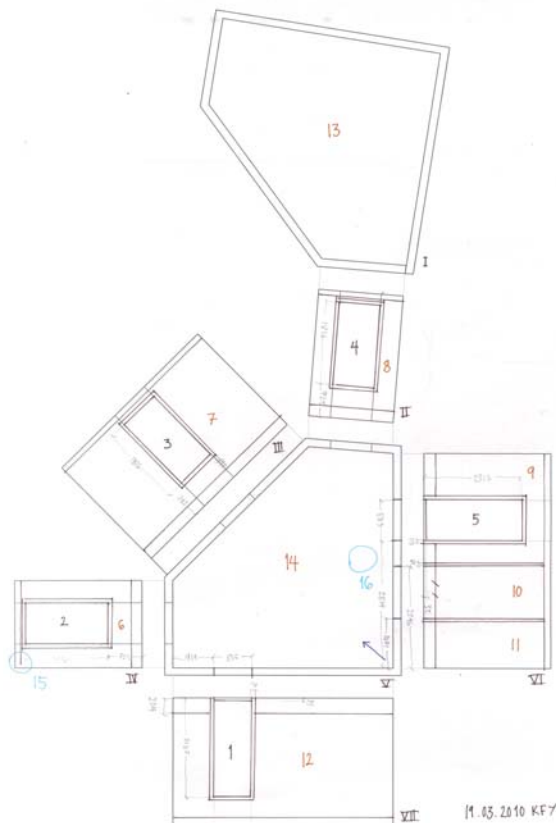
Her har vi brukt (foreløpige<sup>4</sup>) oppmålingstegninger som grunnlag. Hvert rom er vist med alle flater (gulv, vegger og himling) og hver flate har fått et nummer (romertall). På tegningene er de ulike registreringene fargekodet: Ulike overflater er markert med oransje, objekter og registrerte elementer (konstruktive elementer, dører, vinduer, listverk m.m.) med brunt, skader og uregelmessigheter med lyseblått (10-tallssystem) og skjevheter og fall med lilla (pilen peker oppover). Tallene (i 10-tallssystemet) refererer til nummerne på bildene. Mål som ble tatt underveis er notert med blyant.

### Bilder

I presentasjonen vil man oppdage at mange av nummerne på tegningene ikke har et tilsvarende bilde. Dette skyldes at mange av bildene vil være like (for eksempel vil vi få fire nesten helt like bilder om alle veggene i et rom har samme overflate). Vi har derfor valgt å presentere et utvalg av de bildene som ble tatt.

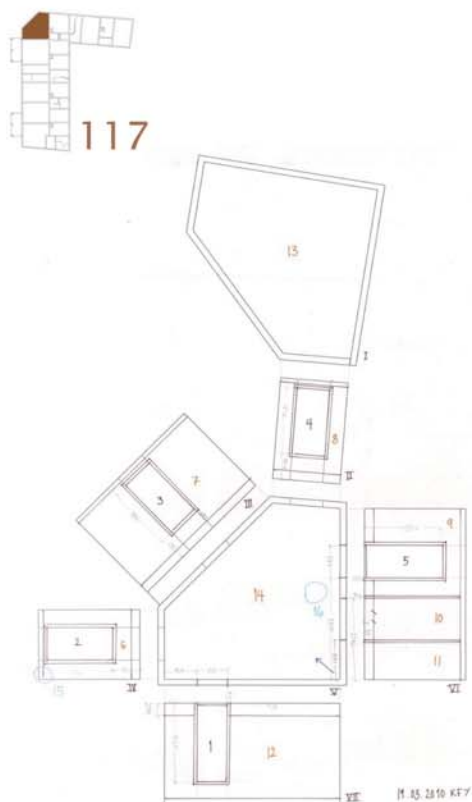
### Beskrivende tekst

- Teksten refererer til nummereringen gjort på tegningene.
- I branntakstene ble den nordlige delen til Thingvallgården omtalt som *fløyen*. Denne betegnelsen bruker vi videre og omtaler derfor bygningens to deler som henholdsvis *hovedbygningen* og *fløyen*.
- Når vi skriver «*tidligere*» betyr det som regel at vi enten har tatt bort noe for å kunne komme til/undersøke nærmere (for eksempel: «*tidligere dekket av glassvatt*») eller at det nå er kun få rester igjen av et materiale (for eksempel: «*tidligere trukket med avisblad*»).
- I uttrykket «*skrapes, kittes og males*» er hvert ord en fellesbetegnelse for ulike tiltak. Skraping definerer forbehandling som pussing, sliping, skraping og rensing. Kitting står for tetting av småhull og glipper og utbedring av mindre skader (der man kan bruke for eksempel materialer som formlim, sparkel og kitt). Maling betegner alle former for (flytende) overflatebehandling, som beising, lakkering, voksing, oljing og også maling.



Samme rom etter registrering.

4 Under tilstandsanalysen gjorde vi også registreringer/oppmåling av ulike detaljer som ennå ikke var plassert i tegning.



#### Vegger

**Beskrivelse:** Malt tapet limt på papir og strie. Ikke opprinnelig. Malt mur.

**Tilstand:** Tapeten løsner. Spor etter fukt, særlig på IV. Muren har små riss og puss løsner ved disse.

**Årsak:** Fukt kommer av svikt i fasaden, rissene av setninger i bygget.

**Tiltak:** Fasade utbedres. Tapet fjernes, eventuelt kan ny overflate påføres. Det bør undersøkes om bygningen fortsatt siger. Løs puss bankes av og ny påføres.

#### Gulv

**Beskrivelse:** Malt linoleum på ullpapp og opprinnelig gulvbord, bredde 108mm.

**Tilstand:** Synlige gulvbordene er tørre og fine. Linoleumen er slitt og noe buktende. Gulvet heller ned mot sørøst, men ikke i så stor grad at utbedring er nødvendig.

**Årsak:** Helningen kommer av setninger i huset.

**Tiltak:** Gammelt gulvbelegg fjernes. Det må vurderes om man vil legge på nytt belegg eller slipe/pusse og behandle opprinnelige gulvbord.

#### Himling

**Beskrivelse:** Papirtrukket, malt.

**Tilstand:** Sprekker opp og løsner.

**Årsak:** Elde og oppfukning.

**Tiltak:** Fjernes.

#### Vinduer

**Beskrivelse:** Bockman 2-78. (1996?). 2 lags isolerglass, T-post-vindu.

**Tilstand:** Alle vinduer har spor etter tidligere fukt nederst på vinduskarmen og de er tunge å åpne (vindu på IV kan ikke stenges).

**Tiltak:** Uttørring er nødvendig, etterfulgt av skrapping/pussing og maling.

#### Dører

**Beskrivelse:** Enkle trefyllingsdører med én liggende fylling nederst og øverst og to stående i midten. Opprinnelig. Dørene har i senere tid fått nye håndtak (på 60-tallet).

**Tilstand:** Ingen av dørene kan stenges. Dør på VI har større sprekker i sammenføyningene. Dørene er likevel i god stand.

**Tiltak:** Skrapes/pusses, kittes og males.



Oversiktsbilde



1. Vindu mot nord.



2. Åpning mot rom 102.



3. Vindu mot øst.



4. Malte trekompositt-plater på alle vegger.



5. Takplater i himling.



6. Hevet plankegulv.



8. Svertesopp i vinduskarm.



11. Silikon rundt gulvfliser.



13. Hevet plankegulv.



15. Hevet plankegulv.



16. Hevet plankegulv.

#### Listverk

**Beskrivelse:** Taklister 150x40mm, gulvfliser 200x23mm, list ved mur 60\*10mm og dørfliser 110x17mm. Alle opprinnelige. Vinduslister 95x7mm. Mange lag maling på alle lister.

**Tilstand:** Det er en del skjøter i taklistene, malingen flasser av og de har noen sprekker.

**Årsak:** Sprekene i taklistene kommer av setninger.

**Tiltak:** Skrapes/pusses, kittes og males.

#### Installasjoner

Løpemet ledning: 21,5

Brytere: 1

Stikkontakter: 3 (hvorav 2 er enkle)

Fordeletere: 1

Såpass gamle og sprø at de sannsynligvis vil sprekke ved demontering.

## Eksempel på framstilling

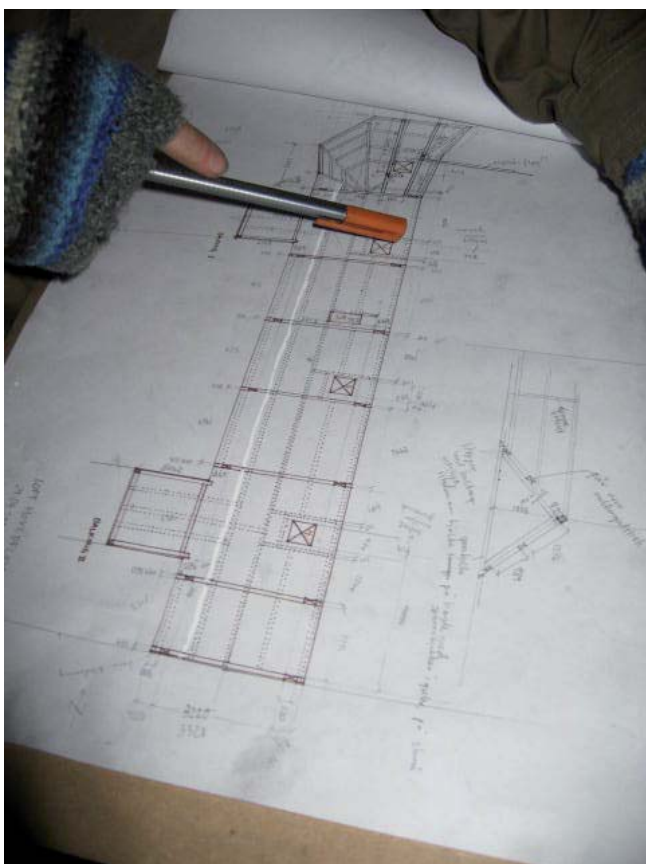
Over vises er eksempel på hvordan et rom framstilles.

Romnummer står i øvre venstre hjørne sammen med et diagram som viser rommets plassering i etasjen.

Tegninger av rommene er i målestokk 1:100. Tegninger av loft, fasader, verandaer og utbygg samt innvendige trapper er ikke i en bestemt målestokk.



Kristin tegner inn detaljer i rom 109.



Underlagstegning for registrering av loftet.

## Bygningens deler

### Vurdering av rom og innvendige trapper

Hva som har blitt vurdert som et *rom* varierer noe gjennom analysen. I noen tilfeller har flere rom blitt slått sammen ved vurdering. I disse tilfellene er veggene mellom rommene lettvegger. Etter hvert gikk vi over til å vurdere hvert rom for seg fordi det viste seg å være mer hensiktsmessig i forhold til fremstilling i tegning.

Rommene er delt inn i sju elementer: vegger, himling, gulv, vinduer, dører, listverk og fast inventar. Ved vegger, himling og gulv har vi vurdert de overflatene vi har kunnet komme til uten bruk av destruktive metoder. Det betyr at tilstanden til (bærende) konstruksjon som regel kun har blitt vurdert ut ifra tilstand til overflate. I noen av rissene vi oppdaget ble det satt gipsplomber (05.05.2010) for å undersøke om setningene fortsatt var aktive. Plombene ble kontrollert etter noen måneder (06.09.2010).

Vi har notert hvilken retning gulvbordene ligger i fordi dette sier noe om primær- og sekundærbjelkelag (det har vist seg at de opprinnelige gulvbordene ligger rett på bjelkelaget). Vi registrerte også dimensjoner på ulike elementer i rommene. Der vi ikke har kunnet kontrollere målene, har de blitt anslått i henhold til hva vi har funnet andre steder eller hva som virker sannsynlig. Ved veggpanel har vi for eksempel enkelte steder målt dybden på dette til å være 15mm (noe som tilsvarer  $\frac{3}{4}$  tomme) og vi har derfor ved annet panel anslått dybden til å være den samme. Ved registrering av listverkets dimensjoner har vi gjort forenklinger. Der listverket er profilert har vi anslått en snittverdi av dybden gjennom hele listen. Slik vil bredden og volumet fremdeles være det samme, selv om dybden er forenklet. For å kunne beregne antall løpemeter har vi registrert listverket i tegning.

Ved vinduer og dører registrerte vi, i tillegg til tilstand, plassering, type og (i de tilfeller det var mulig) tidsmessig tilhørighet. Hver enkelt dør ble beskrevet kun en gang, selv om de «tilhørte» to rom. Listverk rundt vinduer og dører valgte vi å vurdere sammen med annet listverk i rommet.

Vi gjorde også en registrering av løpemeter ledning og rør som fantes i hvert rom. Disse målene ble målt til nærmeste halve meter.

I trapperom så vi trappen som et isolert element i rommet og vurderte denne for seg selv.

### Vurdering av loft

Ved undersøkelsene på loftet hadde vi store utfordringer med tanke på lysforhold og framkommelighet (det fantes ikke gulvbord man kunne gå på). Analysen ble gjennomført ved en gjennomgang av de ulike konstruksjonselementene.

### Vurdering av fasader

Analysen av fasadene delte vi inn i de fire himmelretningene (nord, sør, øst og vest). Hver fasade ble igjen oppdelt i tak, pipe, takrenner og forkantbeslag, ytterkledning, vinduer og omramming, dører og omramming, øvrige detaljer på vegg (etasjeband, karnissrenner og vannbord) og kjellermur. Ved gjennomgang av fasadene forsøkte vi å si noe om materialitet og tilstand på taket. Fordi taket var vanskelig tilgjengelig, må denne delen av analysen måtte ses i sammenheng med analysen av loftet, hvor vi kunne se på underliggende lag.





Enkelte steder var overflatene løse nok til at vi kunne undersøke hva som var under.



Lene noterer.

### Vurdering av balkonger

Siden verandaene er en del av fasaden mot vest har disse fått navnene *Vest I* og *Vest II*. Analyser av materialer og konstruksjoner er beskrevet for hver «etasje» på verandaene. Disse har fått navnene A, B, C og D (fra øverst og nedover). For hver etasje vurderte vi tak, spir, vindski, pyntebuer/skråavstivere, rekkverk og gelender, gulvbord, stolper, bjelker, himling og takrenner.

### Vurdering av andre utvendige elementer

Andre utvendige elementer ble navngitt, men ikke delt i flere deler/komponenter. Her gjennomførte vi en overordnet vurdering av hele objektet.

### Usikkerhetsmomenter og utfordringer

Vi har prøvd å følge samme framgangsmåte gjennom hele analysen (da særlig ved gjennomgang av enkelttrommene), men underveis i tilstandsanalysen har vi gjennomgått en læringsprosess (det tok nesten to måneder fra vi begynte til vi avsluttet analysen). Det kan derfor forekomme enkelte uregelmessigheter (for eksempel at samme type tilstand blir vurdert med ulik alvorlighetsgrad).

Det var ikke ønskelig å ta i bruk destruktive undersøkelsesmetoder<sup>5</sup>, og dette medførte at vi kun hadde mulighet til å vurdere det vi kunne se/lese ut av overflater. Noen steder kunne vi si noe om mulig/sannsynlig tilstand på bakenforliggende lag, men slike vurderinger må uansett baseres på skjønn og på hva som vil være mest sannsynlig ut fra den informasjonen/kunnskapen man har. Det å konstatere årsaken til en tilstand (eventuelt skade) vil ofte kreve nærmere undersøkelser eller det kan baseres på en antagelse om hva som kan ha hendt. I de tilfeller vi har vært usikre på en registrering, har vi markert dette med spørsmålsteget. På samme måte kan det være svært vanskelig å datere et materiale. Det vil her være usikkerheter/feilmarginer. Fordi vurderingene er basert på vårt skjønn og vår erfaring, har vi muligens kommet til kort på enkelte punkter (for eksempel når de dukker opp spørsmål som «hva pleier man å gjøre i slike tilfeller?» og «hvilken type sopp er dette?»). Det har vært svært verdifullt å være tre personer for å diskutere tvilstilfeller.

I mange rom var det ikke dagslys og det er begrenset hvor godt lys man får fra lommelykter og hodelykter. Dette ga en utfordring i forhold til å få tatt gode nok bilder og det gjorde det også vanskeligere å gjøre en vurdering av rommet. I trange rom var det vanskelig å ta gode bilder, spesielt av vinduer og dører. Det var også vanskelig å ta gode bilder av vinduer på grunn av motlys.

På grunn av tilstandsanalysens omfang har vi valgt å presentere denne i et eget hefte (se Vedlegg 7 *Tilstandsanalyse*).

<sup>5</sup> Der innvendige overflater som gulvbelegg og lag med tapet/papp har vært skadet, har vi riktignok tillat oss å rive av/løfte på for å undersøke tilstand og konstruksjon under. Dessuten måtte vi også ved ett tilfelle bryte oss gjennom en gjenbygget dør for å få tilgang til leiligheten i fløyen i 1. etasje.

# Oppsummering; Tilstandsanalyse og registrering



## Fundament

I sin tilstandsrapport for Thingvallgården mener Tradisjonsbygg Trondheim AS at det ser ut til at det mangler fundamentering under den midtre bærevæggen i kjelleren (Moslet 2010). Dette vil forklare det stedvis kraftige siget i denne veggen og de setningsskadene man finner oppover i bygningen.

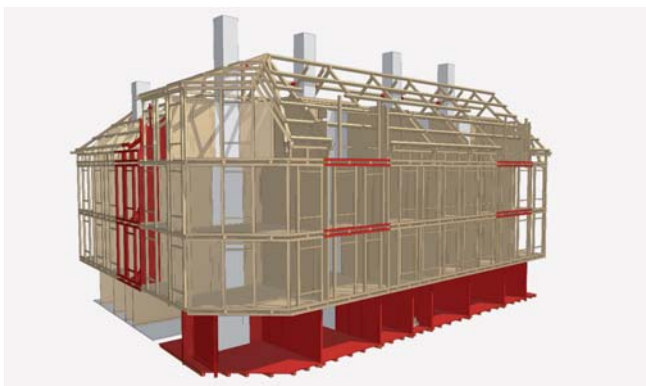
*Tiltak:* Fundamenter under ringmur må graves frem for videre undersøkelser og for å kunne si noe om anbefalte tiltak. Om det viser seg at det ikke er fundamenter under bærende midtvegg må dette etableres. Dersom det skulle vise seg at det finnes fundament under denne veggen, må dette graves frem og et nytt støpes.



## Kjellergulv

Både stein og trematerialer i kjellergulvet har høy grad av fuktighet. Trevirket har mange steder råtnet helt bort og sementlaget over teglsteinene er så godt som borte de fleste steder. Dreneringskummene er fulle av vann og det ser heller ikke ut til at dreneringen rundt bygget fungerer som den skal.

*Tiltak:* Under hovedbygningen må alt av gulvbelegg, bord og stein tas ut, grunn under graves opp og det må støpes nytt gulv. Gulvet til rommene i fløyen vil kun trenge små utbedringer. Man må her være oppmerksom på endringer som kan skje som følge av at drenering utbedres.



## Kjellermur

Mur som er under grunn er sterkt oppfuktet; Puss faller av og man finner saltutslag og oppblomstringer av sopp. Enkelte steder har vann og frostspreng påført muren store skader, dette særlig under et par kjellervinduer i østfasaden. Selv om skadeomfanget varierer noe, vil ingen av trappene som fører fra gårdsrommet og ned i kjelleren kunne brukes slik de står i dag.

I en tidligere rapport av Remøy og Gjessen (2006) nevnes det at jordtrykk kan ha forårsaket skader på kjellermur, men gjennom våre undersøkelser har vi kommet fram til at vann og is (frostspreng) i all hovedsak er årsak til skader her. Tradisjonsbygg Trondheim har kommet til samme konklusjon i sin rapport.

*Tiltak:* Ødelagt mur må utbedres og drenering rundt bygningen reetableres. (Her må man være oppmerksom på endringer som kan skje når dreneringen utbedres.) Dårlig puss bankes løs og ny påføres. Hvor mye av den opprinnelige kjellermuren som blir stående igjen etter en oppgradering av bygget vil påvirkes av metodene man velger når fundamenter og kjellergulv skal utbedres. Trappene som går fra gårdsrommet og ned til kjelleren vil alle trenge omfattende utbedringer. Her vil alt materiale måtte hentes opp og trinn mures/støpes opp på nytt. Kjellermurer på sidene må også støpes på nytt. Også her er det viktig med god drenering av grunnen rundt.



Illustrasjonene viser de områdene hvor materialer og bygningedeler er i dårlig stand.

## Bærende trekonstruksjon

Mye av det grovere tømmeret ble ikke flekket før det ble satt inn i bygget og har ofte spor etter insekter. Vi vet ikke om disse var i tømmeret før dette ble en del av konstruksjonen/bygningen eller om de har kommet som en følge av manglende uttørking og oppvarming av huset (kaldt og fuktig trevirke gir gunstige forhold for blant annet stripet borebille). Under en befaringsreise av Thingvallagården i mai 2010, fant representanter fra Braa og Sørvalg Bygg AS<sup>1</sup> spor etter aktive borebiller i loftskonstruksjonen.

Skader på bærende konstruksjon er i all hovedsak forårsaket av fukt- og setningsskader. Fuktskader har som regel oppstått ved gjennomføringer eller skader i ytterhud/kledning, eller av fukttoppsug fra grunn, og setningsskadene ser først og fremst ut til å relatere seg til den bærende, midtre veggen (se også beskrivelse av fundamenter).

En av de mest omfattende fuktskadene vi har funnet skyldes en tett takrenne der fukt i form av snø og regn har kunnet tære på bygningen over lengre tid. Skadeområdet befinner seg på nordfasaden, der fløyen møter hovedbygningen (to takrenner og kilerenne møtes i samme punkt). Skadeomfanget har økt med tiden, og det har begynt å vokse mose og sopp i og rundt skadestedet. I Remøy og Gjessens (2006) rapport er ikke denne skaden nevnt, og det er derfor grunn til å anta at skaden har oppstått en gang i løpet av de siste fire årene. Tradisjonsbygg Trondheim viser til at det er overhengende fare for ekte hussopp og en betydelig forverring av skadeomfanget dersom dette får stå over en sommer til (Moslet 2010). Også på sørsiden av fløyen er det tilløp til samme type skade, men her er omfanget på langt nær like omfattende.

I kjelleren har de midtre, bærende reisverksveggene sugd til seg fukt fra grunn og gulv og de har derfor fått sterke råteskader i nedre del. De går et stykke lenger ned enn gulvbordene i kjelleren, og i og med at veggen ikke hviler på gulvet, men gulvet har blitt lagt inn mot denne, har veggen fått en ekstra fuktbelastning.

Fukt fra grunn ser ikke ut til å være noe større problem i de bærende ytterveggene, blant annet fordi disse ligger på en svill i møtet med kjellerveggen. Svillene suger ikke til seg fukt i samme grad som treverket ville gjort hvis det hadde blitt reist på ende i møte med muren. Samtidig ligger svillene og reisverksveggene såpass langt over grunn at det vil være mye lavere fuktighet i materialet konstruksjonen møter. Likevel kan svikt i fasade eller vannbord ha gitt fuktskader i den nederste svillen som gjør at den stedvis må utbedres eller skiftes ut.

Det ser ut til at deler av bærende konstruksjon i yttervegg tilknyttet verandaene og svalgangen har tatt skade av at bærekonstruksjonen til disse går gjennom kledningen og tar med seg fukt inn i konstruksjonen. Takåser plassert under vinduer og bjelker ved pipene har ofte spor etter fukt, og noen steder finner man også råteskader.

*Tiltak:* Stripet borebille fjernes fra trevirke ved oppvarming og uttørking av dette. Alt virke som er skadet av insekter eller fukt og råte (som ikke lenger tilfredstiller krav til bæreevne) skiftes ut. Dette innebærer omfattende utskiftninger i nordfasaden og i midtre, bærende vegg, samt noe utskiftning i etasjeskillere, takåser og bjelker. Det må også tas hensyn til at en oppretting av bygningen vil gi belastning på materialene.

---

<sup>1</sup> Tømrer/snekkerfirma ansvarlig for antikvarisk riving og rehabilitering av Thingvallagården, på oppdrag fra NTNU.



## Piper og brannmurer

I tillegg til flassende, misfarget og stedvis manglende puss er det en del sprekker og riss i både piper og brannmurer. Enkelte piper er også skadet av innvendig frostspreng over loft. Ofte er det glipper mellom piper/brannmurer og gulv/himling.

*Tiltak:* Alle pipene må feies og tømmes. Puss bankes av, både for å gi et godt grunnlag for ny puss, men også for å kartlegge flere eventuelle sprekker i piper og brannmurer. Med tanke på brannsikkerhet må sprekker utbedres nøysomt, og det kan være aktuelt med en foring av rør der det er (eller avdekkes) store skader. Ved en videre bruk av bygningen vil behovet for og plassering av brannmurer trolig endres noe. Det vil trolig være mest hensiktsmessig å utbedre piper og brannmurer etter at bygningen har blitt rettet opp.

## Tak

Flere steder ser de opprinnelige steinene ut til å ligge litt løst og enkelte steiner har også løsnet helt. Fukt i taktro og himlinger oppunder de korrugerte stålplatene gir grunn til å anta at disse ikke ligger godt nok/ikke er tette. Den skiferimiterende shingelen ser ut til å være i god stand og ligger godt, men også her er det spor etter fukt i himlingen under - dette kan også være tidligere skader som ikke ble utbedret da den nye taktekkingen ble lagt. Uansett vil tekkingen måtte tas bort om takkonstruksjonen viser seg å være påvirket/skadet.

Også her er det i all hovedsak fukt som har oppstått ved gjennomføringer og utettheter i det ytterste laget som har ført til skader (for eksempel ved piper, takvinduer og kobbhus). Der taktroene møter pipene i hovedbygningen eller fuktige/råtne åser har også disse (taktroene) tatt skade av fukt. Det er generelt høy grad av fukt i taktroene.

Det har ikke vært mulig å gjøre grundige undersøkelser av kobbhusene, vi har kun hatt mulighet til å registrere hvorvidt det er innvendige fuktskader. Ved kobbhusene som er orientert mot vest fant vi fukt i himling.

*Tiltak:* Alt av tekking og vestlige kobbhus må tas ned og eventuelle skader på lister og materialer utbedres før taket tekkes på nytt. Dersom tekkingen utbedres innen rimelig tid vil en uttørring av taktroene trolig være tilstrekkelig. Takrenner må utbedres (skiftes, renses eller suppleres).

## Ytterkledning

Påkjenninger fra vind og vær har tæret på panelet slik at maling og virke er blitt såpass sprøtt at det trolig ikke vil tåle å bli demontert. Likevel sitter de fleste bordene godt og det ser ikke ut til å være behov for store utskiftninger. I gavlveggen på sørfasaden kan man se gjennom glippene på bordene når man er på loftet, og det er spor etter fukt på sidene av bordene. De alvorligste fuktproblemene finner man der hvor verandaenes og svalgangens konstruksjon bryter ytterkledningen og der hvor takrennen er tett i nord (nevnt tidligere). Fordi det stedvis er blitt skiftet til mindre ytterdører (enn det var opprinnelig) og fordi det i tillegg er mange vinduer og dører i fasaden, er panelbordene relativt korte flere steder.

*Tiltak:* Panelet må skrapes, kittes og males. Skadde bord repareres eller skiftes ut og løse bord festes. Ved skaden i nord og i gavlveggen i sør vil det være nødvendig med omfattende utskiftninger over hele bygningens høyde.

## Verandaer, overbygg og detaljer

Rent konstruktivt er verandaene i relativt god stand, men materialene som er brukt i disse er av dårlig kvalitet: For eksempel er buene laget av limtre satt sammen av mange deler (i stedet for å bruke så helt trevirke som mulig) og disse går nå i oppløsning.

Overbyggene til kjellernedgangene er i dårlig stand; De er skadet av fukt fra grunn og er svært preget av manglende vedlikehold. Det samme gjelder for flere av de utvendige trappene. De to trappene som sannsynligvis er fra 2003 har ingen påviste skader, men den tidligere overflatebehandlingen er så godt som borte og stedvis er det noe lavvekst.

På de fleste vannbrettene er malingen slitt bort og trevirket tæret på av vind og vær (dette gjelder også for vannbrettet til det nederste etasjebandet). Særlig gjelder dette de øvre brettene. Flere av vannbrettene til vinduer og dører er forholdsvis tynne og er deformert (buer seg), dette gjelder spesielt for sør- og østfasaden, der man heller ikke har vært konsekvent med å legge bordene med margsiden opp. Vannbordet har også stedvis samme type slitasjeskader; Malingen har blitt slitt bort, det er fuktig og det vokser sopp og mose. Både på etasjebandene og vindusomrammingene (på overstykket) har dekoren blitt brutt av enkelte steder. Etasjeband og vannbord har stedvis ekstra store fuktskader i møte med (tette) takrenner.

*Tiltak:* Buer av limtre tas bort og det bør settes inn nye i materialer av god kvalitet (deler i heltre). Påbygg over kjellernedgangene og ødelagte trapper ned til bakgården tas bort og nye bygges dersom det er behov for dette. Gjenværende trapper trenger overflatebehandling. Øvre vannbrett på dører og vinduer, vannbrett på etasjeband og vannbord skiftes ut. For å sikre en god og varig utførelse vil det også her være nødvendig å sette inn (nye) materialer av god kvalitet.

## Vinduer

Et overveiende flertall av vinduene er angrepet av svartesopp innvendig, som en følge av at bygningen har stått uoppvarmet over lengre tid. Flere vinduer i tak og kjeller er tettet fra innsiden, og det er her man finner flest skader: Vinduene har mye fuktig og råteangrepet materiale.

*Tiltak:* I vinduer hvor glass er punktert, knust eller det er kondens mellom glasslagene settes det inn nytt/nye glass. Materialer utbedres og vinduer byttes ut der dette er nødvendig. Kvaliteten på de aller fleste t-post-vinduene i bygningen (de fleste satt inn mellom 1970- og 1980-tallet) er relativt dårlig. Dersom man ønsker å sikre god og varig kvalitet på vinduene bør man skifte ut de som er der i dag.

## Dører

Noen av dørene har blitt tilpasset setningene i huset ved høvling og tilføyning av virke. Flere dører har merker etter oppbrytning. Noen få har mer omfattende skader, da både i dørblad og karm. Én dør har så store skader etter oppbrytning at det vil være lite hensiktsmessig å sette den i stand. Ytterdørene bærer preg av å være eksponert mot vær og vind; På utsiden av dørene flasser malingen og trevirke er mye sprøere enn på innsiden. Ofte er det også større glipper mellom fyllingene og ramtreet på grunn av større differens mellom tørr og fuktig tilstand enn ved de innvendige dørene. Én av ytterdørene er så ødelagt av ytre påkjenninger

og skjevheter (samt manglende vedlikehold) at den ikke vil kunne utbedres.

*Tiltak:* Når huset rettes opp vil ikke de ”skjeve” dørene lenger passe inn i den opprettede rammen. Dører må derfor tilpasses rammen. Dører som ikke kan utbedres erstattes dersom det fortsatt er behov for dør der disse står. Alle dørene må få nytt sett med låskasse, håndtak og skilt.

## Innvendige vegger

Typiske skader på innvendige vegger er spor etter fukt og bevegelser/setninger i huset. Fuktskadene gjelder i hovedsak sopp og innvendig fukt i kjeller og råte i møte med yttervegg påvirket av skaden i nord. Setningene har ført til buktninger og kast i panel. Vi antar imidlertid at konstruksjonen til de innvendige veggene er tørr og mindre påvirket av setningene (tre som materiale er fleksibelt/bevegelig og konstruksjonen med not og fjær gjør at reisverksplankene kan bevege seg uavhengig av hverandre).

*Tiltak:* Fuktskadet materiale skiftes ut. Lag som tapet og trekomposittplater fjernes der disse er i dårlig stand eller ved mistanke om skader i bakenforliggende lag. Vi går ut fra at en stor del av buktningene vil rettes ut når huset rettes opp og materialene får tørke. Samtidig bør man være oppmerksom på at en retting av huset potensielt kan kunne forårsake nye skader.

## Innvendige trapper

Selv om trinnene i trappene er slitt av gangtrafikk, er alle trappene med unntak av trapp 1 i god stand. Håndlister og balustere (balustrader) er stødige.

*Tiltak:* Ødelagte materialer i trapp 1 fjernes og erstattes (dette forutsetter en utbedring av fuktskaden i nord). Trappene som går fra kjelleren og opp i 1. etasje vil måtte tas ut når gulv under disse utbedres.

## Himlinger og gulv

Kjellergulvet er beskrevet tidligere. I de tre øvrige etasjene er gulvbord og rupanel i himling som regel i god stand. Også her er det fukt og setninger som er av størst betydning når det kommer til skader. Fuktskader opptrer først og fremst i møte med yttervegg der det har kommet inn fukt. Størst problemer er det ved fuktskaden i nord og ved det nederste etasjebandet, da særlig ved verandaer og svalgang. Gulvbord og rupanel (i himling) har sjelden skader som direkte følge av setninger, men setningene har gjort utslag i helninger i gulv (stedvis også i himling) og i glipper mellom piper/brannmurer og gulv/himling. Noen steder har gulvbord fått skader av å bli holdt oppe av pipene mens bjelkelaget under har blitt med reisverksveggen ned.

*Tiltak:* I de fleste rom vil belegg utenpå rupanel (himling) og over gulvbord måtte fjernes og nytt materiale/belegg påføres. Etter en retting av bygningen vil det trolig fremdeles være behov for noe utretting av gulv.



## Innvendige detaljer

Bortsett fra noen fukt- eller setnings-skader enkelte steder, er det meste av listverket i god stand. Fuktskader har oppstått på listverk tilknyttet skadeområdene i fasadene. Setninger/bevegelser i huset har ført til at noen lister har sprukket opp.

*Tiltak:* Når gulv og himlinger utbedres må alt av listverk i tilknytning til dette demonteres. Ved demontering bør listverk behandles varsomt slik at det påføres færrest mulig skader. Listverket kan senere settes tilbake.

## Generelt

Store deler av skadeomfanget gjelder fuktskader som kommer som en følge av manglende vedlikehold. Alt av fuktskader kunne vært forebygget eller sterkt redusert gjennom jevnt, verdibevarende vedlikehold. Det er her heller ikke snakk om store tiltak som hadde vært nødvendig for oppnå en tilfredsstillende verdibevaring. Hvis man skulle sammenlignet kostnadene knyttet til vedlikehold med hva en utbedring av bygningen nå vil koste, er det hevet over en hver tvil at både bygning, brukere og eier hadde vært bedre tjent med en mer bevisst holdning rundt dette.





Kapittel 4  
Kulturhistorisk  
verdivurdering







Hensikten med å gjøre en kulturminnefaglig verdivurdering av Thingvallgården har vært å kartlegge og synliggjøre hvilke verdier bygningen innehar og hvordan disse manifesterer seg i bygningen. Slik har vi fått et grunnlag for å uttale oss om hvordan bygningen burde behandles videre. Vi vil også kunne si noe om hvordan de ulike energieffektiviseringstiltakene vil påvirke bygningens kulturhistoriske verdier.

## Kriterier og metodologi ved verdivurdering

I en kulturminnefaglig verdivurdering er det behov for både generell kunnskap om ulike bygningstypers konstruksjoner, materialer og stil gjennom tidene, samtidig som det også trengs spesifikk kunnskap om den aktuelle bygningen og miljøet den ligger i. Dette har vi gått gjennom i de foregående kapitlene.

I tillegg til denne generelle kunnskapen vil også et mer subjektivt *verdisyn* være med på å styre meninger og avgjørelser. Dette verdisynet er noe som tildels avhenger av enkeltmenneskers oppfatninger og noe som også endres etterhvert som tiden går. For eksempel har bevaringstanken utviklet seg fra å ha fokus på utpregede enkeltobjekter til å gjelde hele bygningsmiljøer. I dag definerer Kulturminneloven (Miljøverndepartementet 1978) alle spor etter menneskelig aktivitet som kulturminner, men slår fast at det er de *verdifulle* kulturminnene som skal vernes. Hva som anses som verdifullt vil det alltid være ulike meninger om.

Det er gjort flere forsøk på å sette systematiske rammer rundt verdivurdering av kulturminner (herunder bygninger). Det svenske *Riksantikvarieämbetet* begynte på midten av 1970-tallet å utarbeide et system til bruk ved kulturhistorisk vurdering av bebyggelse i det svenske kulturminnevernet (kulturmiljøorganisasjonen) (Unnerbäck 2002). Dette systemet går ut på at motivene eller kriteriene for bevaring må defineres, beskrives og prioriteres slik at disse videre kan legge føringer for hvordan bygningen skal behandles. Til slutt defineres en kulturhistorisk målsetning for behandlingen av bygningen. Den gir grunnlag for konkrete handlinger som passende pleie, dokumentasjon og vern og økonomisk støtte:

«Bevarande, vård och dokumentation av byggnader och byggnadsmiljöer måste för att få avsedd effekt utgå från en genomtänkt målsättning och motivering. En kulturhistorisk analys av motiven för bevarande utgör härvid själva grundvalen. Den bör vara avgörande inte bara för urvalet utan också för hur byggnaden sedan skal tas om hand så att målet för bevarandet tillgodoses på bästa sätt.» (Unnerbäck 2002 : 5)

I den offentlige forvaltningen i Norge finnes det ingen systematiske krav til en verdivurdering, men i Riksantikvarens vernestrategi – *Alle tiders kulturminner* – er det satt opp et sett med kriterier som kan ligge til grunn for en skjønnsmessig drøfting ved vurdering av vern. Her beskrives tre motiver for å verne: Kulturminner og kulturmiljøer er *kilder til kunnskap*, de er *grunnlag for opplevelse* og de har *verdi som bruksressurser*. Disse verdiene er knyttet opp mot et sett med kriterier:

- *Kunnskapsverdi*: Representativitet, sammenheng og miljø, autenticitet og fysisk tilstand
- *Opplevelsesverdi*: Sammenheng/miljø, identitet/symbol og arkitektonisk/kunstnerisk

kvalitet

- *Verdi som bruksressurs: Økonomi, bruk og økologi*

Riksantikvarens vernestrategi er utviklet for å gi «[...] kulturminneforvaltningen et bedre grunnlag for å prioritere ulike typer vern av kulturminner og kulturmiljøer. Det skal også gi andre interesserte innsikt i de prioriteringer og vurderinger som kulturminneforvaltningen gjør» (Riksantikvaren (ukjent årstall)).

## Kulturminnefaglig verdivurdering av Thingvallgården

I et brev til Teknisk avdeling ved NTNU datert 19.03.2003 gir byantikvar Gunnar Houen en vurdering av Høyskoleveien 2 og 4. Han beskriver bygningene som «utvilsomt antikvarisk verneverdige» - både når det gjelder bygningene i seg selv og som del av bygningsmiljøet rundt. De «utgjør svært viktige oppsluttende og karakterskapende elementer». Dette gjelder spesielt nr. 4, altså Thingvallgården. Også i gjeldende kommunedelplan for Elgeseter (Trondheim kommune 1999) er Thingvallgården vurdert til å ha høy antikvarisk verdi. At bygningen har «høy antikvarisk verdi» sier noe om at den bør bevares, men gir ingen pekepinn på *hva* som gjør den verdifull eller noen direkte føringer for hvordan bevaringen bør skje.

Vi har videre gjort et forsøk på å beskrive de verdier som finnes og hvordan de fremstår i bygningen. Vi har brukt Riksantikvarens vernekriterier som et hjelpemiddel for å systematisere og kartlegge de ulike verdiene.

### Kulturminners verdi som kilde til kunnskap

*Kulturminner er viktige historiske kilder som forteller om den historiske utviklingen av de fysiske omgivelsene, om menneskenes liv og deres forhold til hverandre og naturen (Riksantikvaren (udatert): Alle tiders kulturminner).*

#### Representativitet

*Historien skal illustreres, men også belyses fra ulike synsvinkler. Variasjon og mangfold er derfor viktige stikkord, men også kulturminnets betydning som representant for noe typisk og/eller sjeldent (ibid.).*

Bygningen er et godt eksempel på datidas (slutten av 1800-tallet) byggeskikk. Thingvallgården har typiske trekk fra sveitserperioden og er på den måten representativ. Bygningen er samtidig et tidlig eksempel på en reisverkskonstruksjon<sup>1</sup>. Bygningen kan sies å være et spekulasjonsprosjekt på linje med for eksempel bebyggelsen på Møllenberg. At tomte lå utenfor bygrensa da huset ble reist gjorde det mulig å bygge i flere enn to etasjer. I Thingvallgården ble alle etasjene utnyttet til boligformål – sokkeletasjen såvel som kvisten. Samtidig gir beliggenheten ved Høyskoleparken og verandautbyggene bygningen et «villamessig» preg – noe som gjør den spesiell sammenlignet med for eksempel bygningene på Møllenberg.

<sup>1</sup> I *Trondhjemske streker* betegnes bygningen av Moen (1989) sågar som Trondheims første reisverkshus.



## Sammenheng og miljø

*Flere elementer som til sammen utgjør en sammenheng eller helhet vil gi mer kunnskap enn elementene hver for seg. Dette kan være av funksjonell, stedlig eller sosial art, men kan også vise sammenheng i tid/tidsdybde (ibid.).*

Bebyggelsen på Grensen illustrerer byens utvikling og hvordan selve området var i ferd med å utvikle seg før utbyggingen av Høgskolen satte igang ved århundreskiftet. Da området ble utbygd lå det like utenfor bygrensen og sto i en helt annen kontekst, mens det nå er klemt inne mellom Høgskoleparken og Christian Frederiks gate (denne «inneklemmingen» gikk så langt at hjørnet på Grensen nr. 10 måtte kuttes av for å ikke komme i veien for gateløpet).

Thingvallgården forteller også historien om en bygning som har fungert som bolig i over hundre år. Man kan avlese en form for tidsmessig kontinuitet gjennom inngrep som er gjort siden bygningen ble reist. Dette gjelder i stor grad innvendig kledning og overflatebehandling; på noen vegger kan man finne flere lag med tapet fra ulike tidsperioder og andre vegger har mange lag med maling. Kobbhus og baderom har kommet til underveis i bygningens levetid for å gi bedre boforhold. Bortsett fra baderommene er det gjort svært lite endringer i forhold til planløsning og romdisposisjon. Dette kan skyldes at bygningen var saneringstruet og at det derfor ikke ble sett på som hensiktsmessig å foreta noen større inngrep.

## Autentisitet

*Betydningen kan utdypes med ord som ekthet, sannhet eller opprinnelighet. Autentisitet må relateres til noe - for eksempel tid, rom eller funksjon - for å gi mening. Autentisitet knyttes ofte til originalmaterialet, men kan også vises gjennom form og/eller teknikk (ibid.).*

Når det er snakk om autentisitet for Thingvallgården vil det være naturlig å relatere dette både til originalmateriale, funksjon og struktur. Thingvallgården har beholdt samme funksjon gjennom hele sin levetid. De fleste av vinduene har blitt byttet ut, men ut over dette har ikke bygningen vært utsatt for større ureversible endringer siden den ble reist. De fleste andre endringer som er gjort dreier seg om utforinger og nye lag med maling, tapet og gulvbelegg (se *Thingvallgårdens oppbygning* side 54).

- Romdisposisjon/innvendig organisering er i stor grad opprinnelig.
- Den bærende konstruksjonen er i all hovedsak opprinnelig med unntak av noen steder der det ser ut til at utskiftninger har blitt gjort (antakelig på grunn av skader).
- Innvendige trappeløp, piper og brannmurer er opprinnelige. Ingen ovner er opprinnelige.
- De fleste dører er opprinnelige.
- Bortsett fra kjellervinduer og noen takvinduer er de fleste vinduene (og balkongdørene) av nyere dato. Kobbhus kom i 1946.
- Det meste av opprinnelige innvendig veggkledning (perlestaffpanel eller rupanel), gulv (plankegulv) og himling (rupanel) ser ut til å være bevart under eventuelle lag med maling, tapet, annen kledning eller utforinger.
- Siden huset ble reist er det bygget/installert baderom. Mye av baderoms- og kjøkkeninnredning er fjernet og ikke noe av det resterende er opprinnelig.
- I fasaden er detaljering og kledning intakt og opprinnelig med unntak av en liten del av sørfasaden (i det området hvor uthuset tidligere sto inntil veggen). Dessuten ser det ut til at fargen er forandret.
- Verandaene ble skiftet ut i 1996, men har opprinnelig utforming. Trapper og trammer i bakgården er fornyet siden huset ble bygget, noen så sent som i 2002.

#### Fysisk tilstand

*Kulturminnet må være i en slik fysisk tilstand at det lar seg bevare som kilde til kunnskap (ibid.).*

Se Oppsummering; Tilstandsanalyse og registrering side 324.

#### Kulturminners verdi som grunnlag for opplevelse

*Kulturminner gir kontinuitet i det fysiske miljøet og kan blant annet bidra til steds karakter og tilhørighet, men viser også påvirkning, sammenheng og fellesskap. Opplevelsen av kulturminner gir kvalitative verdier som i en utvidet betydning har positiv effekt for helse og miljø (ibid.).*

#### Sammenheng/miljø

*Opplevelsen knyttet til sammenhengen mellom landskap, naturressurser og det menneskeskapt miljøet (ibid.).*

Grensenområdet utgjør et spesielt og fremtredende bebyggelsesområde rundt Gløshaugen. Den lille gruppen med bolighus står for seg selv utenfor en bymessig kontekst. I dag kan bebyggelsen se noe malplassert ut, der bygningene holder stand mellom Christian Frederiks gate og Høgskoleparken. Grensenbebyggelsen er godt synlig for alle som ferdes til og fra Gløshaugen opp Høgskoleveien og sees også godt fra Christian Frederiks gate. I dette miljøet er Thingvallgården et viktig og karakteristisk element da den avslutter bebyggelsen fremst mot Høgskoleveien og samtidig er en stor og detaljrik bygning.

#### Identitet/symbol

*Kvaliteter som gjør at kulturminnet er viktig for menneskers følelse av gjenkjennelse og tilhørighet. Dette kan utgjøres av konkrete begivenheter eller personer som er knyttet til et sted, eller til tradisjon eller kontinuitet i bruken av området (ibid.).*

Thingvallgården må sies å være et kjent skue for studenter på Gløshaugen. Bygningen ble reist før Høgskolen ble bygget og har derfor alltid vært en del av Høgskolens/NTNUs omgivelser. Det er en bygning som blir lagt merke til og er en del av folks bevissthet - bygningen har for eksempel fått tilnavnet «Kråkeslottet». På Kunnskapsforlagets språk- og ordboktjeneste på nett ([www.ordnett.no](http://www.ordnett.no)) gis *kråkeslott* betydningen «*stor, eldre og noe forfallen villa (med krinkelkroker og utbygg)*».

Fra midten av 1960-tallet var Grensenområdet vedtatt sanert for å gi rom for utvidelsen av daværende NTH. Disse planene møtte stor motstand, spesielt i forhold til datidens boligaksjoner i Trondheim. I dag ønskes bygningene bevart og NTNU ønsker med istandsettingen av Thingvallgården å gi bygningen rolle som et forbildeprosjekt. Bygningen og området kan derfor sies å stå som et symbol på kampen mot saneringen og illustrerer på den måten et skiftende verdisyn.

#### Arkitektonisk/kunstnerisk kvalitet

*Her er estetiske vurderinger sentrale. Det legges vekt på form, struktur, materialvalg og detaljutforming i forhold til den kunstneriske idéen (ibid.).*

Thingvallgården har typiske trekk fra sveitserstilen både i interiøret og eksteriøret. I interiøret har mye av listverket «svulstige» profiler typisk for sveitserperioden. De innvendige

trefyllingsdørene er typiske for sveitserhus og i trapperommene finnes dører med sirlige listverk og glassfelter av ulik farge. Eksteriøret er dekorert med etasjeband og gavldekor, samt enkle utskjæringer og spir på verandaene. Belistningen rundt vinduene er avfaset og vannbrettet støttes av detaljerte knekter.

Bygningen kan ikke sies å representere «storslagen» arkitektur, men man ser tegn på at estetikken har vært et viktig moment i byggingen. Blant annet har den en tydelig forside og bakside. Det er altså lagt ned arbeid for å gi Thingvallagården et «standsmessig» uttrykk i de fasadene som vender mot offentligheten. Denne klare delingen finner man også i organiseringen i plan: Rommene som ligger ut mot «prydfasaden» i vest er store og lyse med utsikt mot Høgskoleparken. Ved oppførelse av bygningen var veggene her papirtrukket og listverket er av en mer prangende karakter. Dette i motsetning til bruksrommene ut mot bakgården som i hovedsak er kledt med mer slitesterkt perlestaffpanel og har enklere belistning. Et annet moment er at vinduenes regelmessige plassering i fasaden må ha vært viktig å oppnå, da man har godtatt mange mer eller mindre hensiktsmessige løsninger som følge av dette innvendig. For eksempel går noen av trappevangene foran et vindu og en forholdsvis liten bod i første etasje har fått et like stort vindu som de øvrige rommene.

## Kulturminners verdi som bruksressurser

*Kulturminners brukspotensiale er først og fremst knyttet til bygninger og anlegg. En god forvaltning av disse er viktig både i et miljømessig og samfunnsøkonomisk perspektiv. De historiske sporene kan også gi bruksverdier, for eksempel for friluftaktiviteter og turisme (ibid.).*

### Økonomi og bruk

*Lønnsomhetsbetraktninger er knyttet til en bygnings fysiske tilstand. Om tilstanden er god og bygningen fortsatt har en bruksverdi, vil den som regel vedlikeholdes og bevares gjennom bruk. Hensiktsmessighet i forhold til den aktuelle bruken må også vurderes, og muligheten for å tilpasse bruken av bygningen etter endrede behov (ibid.).*

Thingvallagården er ikke i en brukbar tilstand slik den står nå og det må påregnes tiltak for å sette den i stand igjen. Bygningen har fungert som bolig i hele sin levetid og det er også denne funksjonen som er ønsket for bygningen videre (både i denne oppgaven og i den aktuelle istandsettingen). Da forskriftskravene har endret seg siden bygningen ble oppført (spesielt med tanke på brann og energibruk), trengs også tiltak for å oppfylle disse. I tillegg har også innholdet i en bolig endret seg etter oppførelsen og det er spesielt behov for å innrede (flere) baderom.

### Økologi

*Her nevnes bærekraftig utvikling; viktigheten av å sikre framtidige generasjoner tilgang på kunnskaps- og opplevelsesverdier, samtidig som bruk av eksisterende bygninger har positive effekter på miljøet. Vurderinger omkring miljøbelastninger ved drift og vedlikehold, eller tilpasning/opprustning av eksisterende bygning/anlegg må veies opp mot miljøbelastningene ved å rive og bygge nytt (ibid.).*

Tilstandsanalysen viste at bygningen har økologiske verdier i form av at store deler av bygningen kan bevares og brukes videre. Dette er gjenstand for videre undersøkelser i oppgaven, hvor vi skal undersøke miljøbelastninger ved istandsetting og drift og sammenlikne



disse mot miljøbelastningene ved å rive og bygge nytt.

## Oppsummering; Thingvallagårdens verdier

Thingvallagården er et større bolighus med trekk fra sveitserstilen og er *typisk* for den spekulative boligutbyggingen rett utenfor bygrensen av Trondheim i siste halvdel av 1800-tallet. Samtidig er Thingvallagården *spesiell*; både på grunn av sitt «villapreg» (bygningen ligger i grønne omgivelser ved Høgskoleparken og har verandaer ut mot parken) og det at den er et tidlig eksempel på en bygning oppført i reisverk.

Bygningen fremstår som *autentisk*, både i materialbruk, form, funksjon og også i sammenheng med nabobygningene på Grensen. Eksteriøret er spesielt godt bevart både i forhold til originalmaterialer og -form. Også den indre strukturen og mye av interiøret er bevart i forhold til dette.

Den er en svært viktig del av bebyggelsen på Grensen – et spesielt område som ligger som en egen liten grend mellom Høgskoleparken og Christian Frederiks gate. Grensenområdet forteller om hvordan byen utviklet seg før høgskoleutbyggingen, og Thingvallagårdens utforming gir et innblikk i datidas boligforhold og byggeskikk (selv om bygningen er reist som et spekulasjonsprosjekt, er det lagt vekt på å innrede flotte rom med høye etasjer). Dette gir Thingvallagården (og miljøet den ligger i) en *kunnskapsverdi*.

Bygningen har også en stor *symbol- og identitetsverdi* – både i seg selv og som en del del av bebyggelsen på Grensen. Den er et kjent skue på vei opp Høgskoleveien mot Gløshaugen og symboliserer også et skiftende verdisyn i forhold til viktigheten av å bevare og bruke bygninger.

Bygningen har også *økologiske verdier* som ivaretas gjennom å bevare så mye som mulig av bygningens materialer.

## Målsetning for behandling av Thingvallagården

### *Funksjon og brukbarhet*

Thingvallagården har beholdt samme funksjon gjennom hele sin levetid. Funksjonen bør videreføres for å bevare bygningens og området kunnskapsverdier. I vårt forarbeid har vi skrevet: «Fordi funksjonsvalget er avgjørende for bevaring av både økologiske og kulturhistoriske verdier, vil det være fordelaktig å velge en funksjon som fordrer minst mulig endringer på bygningen. Vi velger derfor å videreføre funksjonen som (gjeste)bolig uten å gjøre ytterligere analyser» (Forarbeid under *Valg av funksjon* side x). Det er imidlertid faktorer (brann, lyd, energibruk og innredning av baderom) som vil føre til at det blir nødvendig å gjøre relativt store inngrep i bygningen for at den skal kunne *brukes*.

### *Eksteriør*

For å bevare Thingvallagårdens kunnskaps- og opplevelsesverdier bør bygningens offentlige side mot Høgskoleveien bevares. Dette gjelder fasadene mot vest og mot nord. Fasadene her bør ses på i en helhet, hvor reparasjoner bør tilpasses det eksisterende uttrykket. Fasadene som vender inn mot den mer private bakgården kan utsettes for større grad av endring. Dette området er viktig for bygningens indre logistikk og funksjon, og det må derfor være

mulig å gjøre de endringer som trengs for å få dette til å fungere hensiktsmessig. Endringene kan gjerne få et nytt, men tilpasset formspråk, da fasadene inn mot bakgården ikke har det helhetlige (tidsmessig og stilmessig) uttrykket som nord- og vestfasaden.

#### *Interiør*

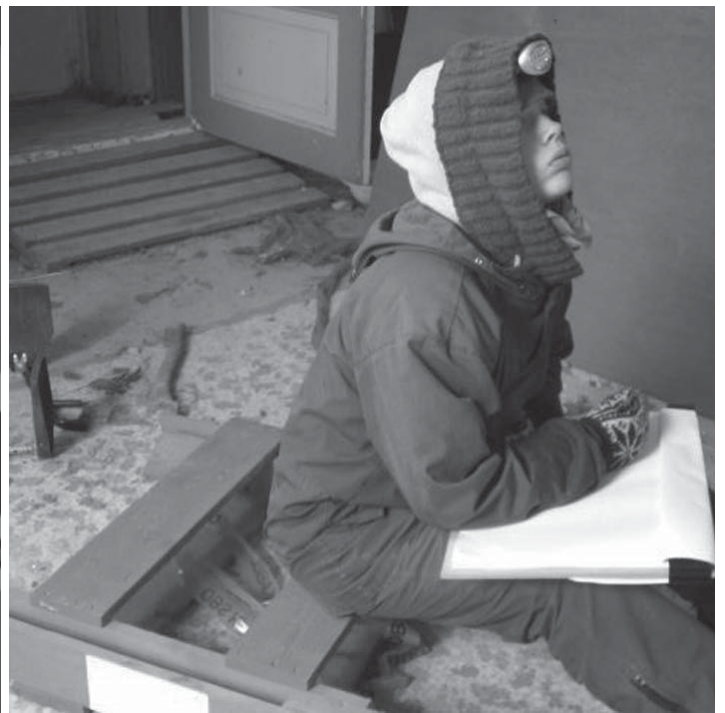
Det er ønskelig at en ny romdisponering i størst mulig grad tilpasses bygningens indre struktur slik at så få *ureversible* endringer som mulig blir nødvendig, selv om det sannsynligvis vil bli nødvendig å gjøre enkelte større innvendige endringer for at planløsningene skal fungere. Ved disponering av rom vil det også være ønskelig å følge opprinnelig oppdeling mellom bruksrom og oppholdsrom (med kjøkken og baderom mot øst og oppholds- og/eller soverom mot vest).

Nå det gjelder innvendige trapper, dører, overflater på vegger, gulv og himlinger samt listverk bør dette bevares i den grad det er mulig. Krav til brann-, lyd- og varmeisolering får konsekvenser for overflatene, for eksempel ved at man må fore ut vegger og fore ned himlinger mellom leiligheter som skal være separate brannceller. Hvis trappene skal benyttes som rømningstrapper må det gjøres tiltak for at trapperommene fungerer som egne brannceller. I tillegg er det viktig at trappene blir *brukt*.

Vi vil måtte gjøre prioriteringer i de tilfeller hvor brukskrav og kulturhistoriske verdier kommer i konflikt med hverandre. Ved prosjektering kommer vi til å drøfte mer spesifikke problemstillinger knyttet til dette.







DEL 2  
Kapittel 5  
Prosjektering







Prosjekteringen av minimumstiltaket, de energieffektiviserende tiltakene og nybygget danner grunnlaget for å gjennomføre og drøfte energiberegninger og livsløpsvurderinger.

*Minimumstiltaket* er begrepet vi har brukt om summen av de inngrep som har vært nødvendige for å gjøre Thingvallgården brukbar, både funksjonelt og i forhold til forskriftskrav. Siden vi ønsker å undersøke ulike energieffektiviserende tiltak i Thingvallgården, og derfor trenger et «nullpunkt» å ta utgangspunkt i, inkluderer ikke prosjekteringen av minimumstiltaket tilfredsstillelse av krav til energibruk.

Da det i enkelte tilfeller kan være vanskelig å skille mellom energieffektiviserende tiltak og generelle utbedringer, vil antakelig noe av det som gjøres i minimumstiltaket føre til en bedre energistandard. Eksempler på dette kan være utbedring av ytterdørene hvor sprekker og utettheter tettes, eller brannisolering mot trapperom.

De ulike *energieffektiviserende tiltakene* vi har undersøkt bygger videre på valgte løsninger i minimumstiltaket. For at vi skal kunne si noe om virkningen hvert enkelt tiltak har på bygningens helhetlige miljøpåvirkning og se dette i forhold til deres påvirkning på bygningens kulturhistoriske verdier, vil det være mest hensiktsmessig å undersøke tiltakene separat. Senere har vi satt flere av tiltakene sammen i såkalte tiltakspakker der vi undersøker innvirkningen til kombinerte tiltak.

Det er ikke noe fasitsvar på en prosjektering. En plan kan løses på mange måter og en funksjon kan fungere med ulike romprogram. En prosjekteringsprosess vil dermed kreve at en tar en rekke valg. Prosjekteringsprosessen danner grunnlaget for videre beregninger og de valgene vi tar her vil være styrende for resultatene. Det er derfor viktig å synliggjøre og drøfte de valgene vi har tatt slik at grunnlaget for de videre beregningene kommer tydelig frem.

Vi vil i dette kapitlet beskrive de faktorene som har satt rammer for prosjekteringen og vise eksempler på de utfordringene vi har støtt på underveis i prosessen. Plan, snitt og fasadetegninger av minimumstiltaket vil bli presentert her, mens detaljtegninger for de energieffektiviserende tiltakene blir presentert i kapittel 8 *Drøfting og anbefalinger*.

## Minimumstiltaket

Som nevnt innledningsvis går minimumstiltaket i all hovedsak ut på å legge til rette for at Thingvallgården skal kunne brukes. Dette innebærer en istandssettelse der alle registrerte skader utbedres, og det må legges til rette for at bygningen støtter den valgte funksjonen. Samtidig er det et mål at tekniske krav til brannsikring, lydisolering og tilgjengelighet tilfredstilles.

Siden manglende brannsikkerhet er hovedårsaken til at bygningen står tom i dag fokuserer vi først og fremst på å tilfredsstille krav til brannsikring. Dessuten har det også vært viktig å følge målsettingene fra vår kulturhistoriske vurdering av bygningen.

## Premisser og utfordringer

Det var primært fire faktorer som styrte hvilke inngrep vi valgte å gjennomføre for minimumstiltaket: Thingvallagårdens *kulturhistoriske verdier*, dens fysiske *tilstand*, dens *planlagte funksjon og program* og gjeldende *forskriftskrav*. Disse faktorene har også påvirket og satt begrensninger for hverandre.

### Bygningens kulturhistoriske verdier

I den kulturhistoriske verdivurderingen tok vi stilling til hva vi mente det var viktig å ta hensyn til ved inngrep i bygningen (se *Målsetting for bevaring av Thingvallagården* i kapittel 4 *Kulturhistorisk verdivurdering*). Målsettingene vi satte her har hatt innvirkning på alle diskusjoner som blir beskrevet videre.

### Bygningens tilstand

Gjennom tilstandsanalysen fikk vi et innblikk i den faktiske situasjonen til bygningen og vi avdekket hvor og i hvor stort omfang det var nødvendig med utbedringer, reparasjoner og/eller utskiftninger (se *Oppsummering; Tilstandsanalyse og registrering*, i kapittel 3 *Tilstandsanalyse og registrering*).

Ved tiltak som følge av dårlig tilstand på bygningsdeler og -elementer var en viktig del av diskusjonen hvordan nye tilføyelser skulle se ut og hvilke materialer som skulle tilføres. Blant annet ble det drøftet hvorvidt man skulle lage kopier/etterligninger eller legge vekt på å synliggjøre endringer. Dette henger også tett sammen med kulturhistoriske verdier.

Gjennom våre diskusjoner har vi kommet frem til at vi ønsker at nye tilføyelser skal tilpasses bygningens helhet. Dette betyr at nye elementer skal ha samme utforming og materialitet som elementer som allerede finnes i og på bygningen.

### Bygningens planlagte funksjon og program

En bygnings funksjon er ofte det som i størst grad stiller krav til bygningen fordi det med den følger en rekke forskriftskrav og krav fra brukere. NTNUs plan for Thingvallagården er at den skal fungere som gjestebolig for forskere og stipendiater ved universitetet. Dette kan både være personer som bor alene eller som har med seg samboer og/eller familie. Tidsperspektivet på boforholdene kan være alt fra noen måneder til flere år. NTNUs planer omfatter i tillegg innredning av kontorer i kjelleren.

For å unngå for mange variabler i alternativene vi skal sammenligne har vi valgt å holde oss til en funksjon. Vi prosjekterer derfor leiligheter i hele bygningen. Dette gir oss en mulighet til å legge til rette for at Thingvallagården skal kunne romme boliger som er universelt utformede uten å måtte sette inn heis, inne i eller i tilknytning til bygningen.

En funksjon fordrer et program. I Thingvallagården kan man ha behov for både kollektivløsninger der flere mennesker deler bad og kjøkken og har sitt eget rom, og for leiligheter med eget bad og kjøkken. I tillegg vil det være behov for oppbevaringsplass, felles vaskerom og tekniske rom.

I prosjekteringsfasen forsøkte vi å innrede leiligheter ut i fra de forutsetninger bygningen satte og etter hva vi syntes var en fornuftig bruk av bygningen sett i et kulturhistorisk perspektiv<sup>1</sup>. Løsningene har dermed blitt til som en følge av at vi har ønsket å bevare den indre strukturen

---

1 Dette kunne blitt gjort på mange måter. Andre tilnæringsmåter kunne være å definere programmet på forhånd eller etter formål om størst mulig arealutnyttelse.



til bygningen i størst mulig grad, i tillegg til at ønsket om å følge opprinnelig oppdeling mellom bruksrom og oppholdsrom (med kjøkken og baderom mot øst og oppholds- og/eller soverom mot vest) har vært styrende.

#### Forskriftskrav (tekniske krav)

Når det er snakk om forskriftskrav til blant annet brannsikkerhet, miljø og helse (herunder lyd), planløsning og bygningsdeler (herunder universell utforming) og energibruk, siktes det først og fremst til de krav som stilles i Byggteknisk forskrift<sup>2</sup> til Plan- og bygningsloven (TEK10). Det finnes i tillegg en rekke lover og forskrifter som spesifikt går på brann i bygninger<sup>3</sup>.

I TEK10 stilles det krav til ulike bygningsdeler og til bygningen som helhet. I *Veiledning til teknisk forskrift* (VTEK10) kan man finne eksempler på preaksepterte løsninger for hvordan man kan oppnå kravene som stilles i TEK10. Kravene kan også innfris ved å bruke dokumenterte sikre løsninger (dokumenteres av en godkjent fagperson), også kalt *teknisk bytte*.

Ved inngrep i en bygning som Thingvallgården vil det sannsynligvis ikke være mulig å tilfredsstille alle forskriftskrav med preaksepterte løsninger, både fordi det er en trebygning (brannsikkerhet) og fordi et ønske om størst mulig bevaring av bygningen vil vanskeliggjøre dette. Oppfyllelse av forskriftskravene har vært et mål, og i de tilfeller hvor vi ikke har kunnet velge preaksepterte løsninger, har vi undersøkt mulighetene for teknisk bytte.

#### Brannsikring

Da Thingvallgården ble bygget på slutten av 1800-tallet stiltes ikke de samme krav til brannsikkerhet som i dag. Som en naturlig konsekvens av dette oppfyller ikke bygningen dagens krav, noe som også er hovedårsaken til at den har stått tom siden 2004.

Byggteknisk forskrift stiller krav til blant annet antennelse, utvikling og spredning av brann og røyk, bæreevne og stabilitet ved brann, tilrettelegging for slokking av brann, brannspredning mellom byggverk, rømning av personer og tilrettelegging for rednings- og slokkemannskap.

I en foreløpig rapport skrevet av Nina Tanche-Nilsen datert 17.03.2003 beskrives Thingvallgårdens branntekniske tilstand slik:

«Brennbarhet i selve konstruksjonen (4 etasjer i tre), boenheter som ikke er brannmessig seksjonert, rømningsveier som ikke er seksjonert og røyktette, brannsmitte mellom leiligheter via fasaden, brannsmitte via utlektede innervegger i tre, sammenhengende useksjonert mørkeloft i hele bygningen, sammenhengende useksjonerte trapperom i 4 etasjer. Også manglende seksjonering mellom nabobygninger, Høgskoleveien 2 og uthus på egen eiendom.»  
(Tanche-Nilsen 2003: rapport uten sidetall)

Arve Haugan (2006) skriver i et dokument med tittelen *Brannteknisk tilstandsanalyse. Utkast til rapport. Høgskoleringen 4* at:

«Det vil være praktisk umulig å sikre eiendommen ihht. de preaksepterte krav som

2 Vi har i denne oppgaven tatt utgangspunkt i *Forskrift til tekniske krav i byggverk (Byggeteknisk forskrift)* som trådte i kraft 01.07.2010.

3 Se også i kapittel 4 *Lover og forskrifter*, kapittel 9 *Brann* og kapittel 10 *Lyd* i rapporten *Gjenbruk av eksisterende bygninger* for mer informasjon. Denne tar utgangspunkt i TEK07.

gjelder i dagens byggeforskrift. Dette gjelder i hovedsak krav til:

- Bærende konstruksjoner
- Krav til materialer og brannmotstand i branncellebegrensende vegger
- Konstruksjoner og overflater i trapperom
- Dører» (Haugan 2006: 4)

Om Thingvallagården skal innredes med boliger i alle fire etasjer vil den etter TEK 10, kapittel 11 *Sikkerhet ved brann* ha risikoklasse 4 og brannklasse 2, noe som krever at hovedbæresystemet er i ubrennbart materiale. Arve Haugan (2006) påpeker at konstruksjonen i bygningen ikke vil kunne innfri krav om ubrennbarhet, uansett hvordan man velger å innrede de ulike etasjene, men han åpner for at et automatisk sprinkleranlegg vil kunne kompensere for utilstrekkelig brannmotstand i konstruksjonen. Samtidig vil det være behov for en strategisk dekning av et automatisk brannalarmanlegg og oppgradering av etasjeskillere og skillekonstruksjoner mellom brannceller. Trapper og panel i trapperom vil måtte brannmales.

### *Lydisolering*

Selv om det er sammenheng mellom en konstruksjons lyd- og brannegenskaper, er det ofte krav til lydisolering som er dimensjonerende. Lydkravene er ofte så strenge at når disse er ivaretatt er også brannkravene tilfredsstillt<sup>4</sup>.

Byggteknisk forskrift stiller blant annet et generelt krav til at byggverk skal prosjekteres og utføres slik at lydnivå fra trinnlyd og strukturlyd fra et brukerområde dempes slik at andre brukerområder sikres tilfredsstillende lydforhold<sup>5</sup>.

Den 17. juni 2010 deltok vi på akustikkmålinger i Thingvallagården sammen med senioringeniør Svein Strøm og sivilingeniør Eli Toftemo fra COWI hvor trinnlyd og luftlyd ble målt. I etterkant (av disse, og andre, målinger) ble det utarbeidet en rapport, *Vurdering av lydmessige tiltak i Tingvallagården*, der Svein Strøm vurderte nødvendige lydmessige tiltak ved rehabilitering av Thingvallagården til boliger. Det ble her belyst at luftlydisoleringen i bygningen var overraskende god for en bygning med en så gammel konstruksjon som den Thingvallagården har (54dB). I henhold til NS 8175 ligger dette faktisk innenfor minstekravet<sup>6</sup>. Trinnlydisoleringen hadde derimot (for sin konstruksjonstype og alder) en normal verdi (64db), som er tilfredsstillende for vegger mellom rom internt i én boenhet i henhold til klasse C og D, men som er langt over kravet for trinnlydisolering mellom boenheter og mellom boenhet og trapperom (53dB for klasse C).

Rapporten spesifiserer ikke hvilke konstruksjonselementer luftlydisoleringen er målt gjennom, men for etasjeskillene kan stubbloftsfullet av leire forklare de gode verdiene.

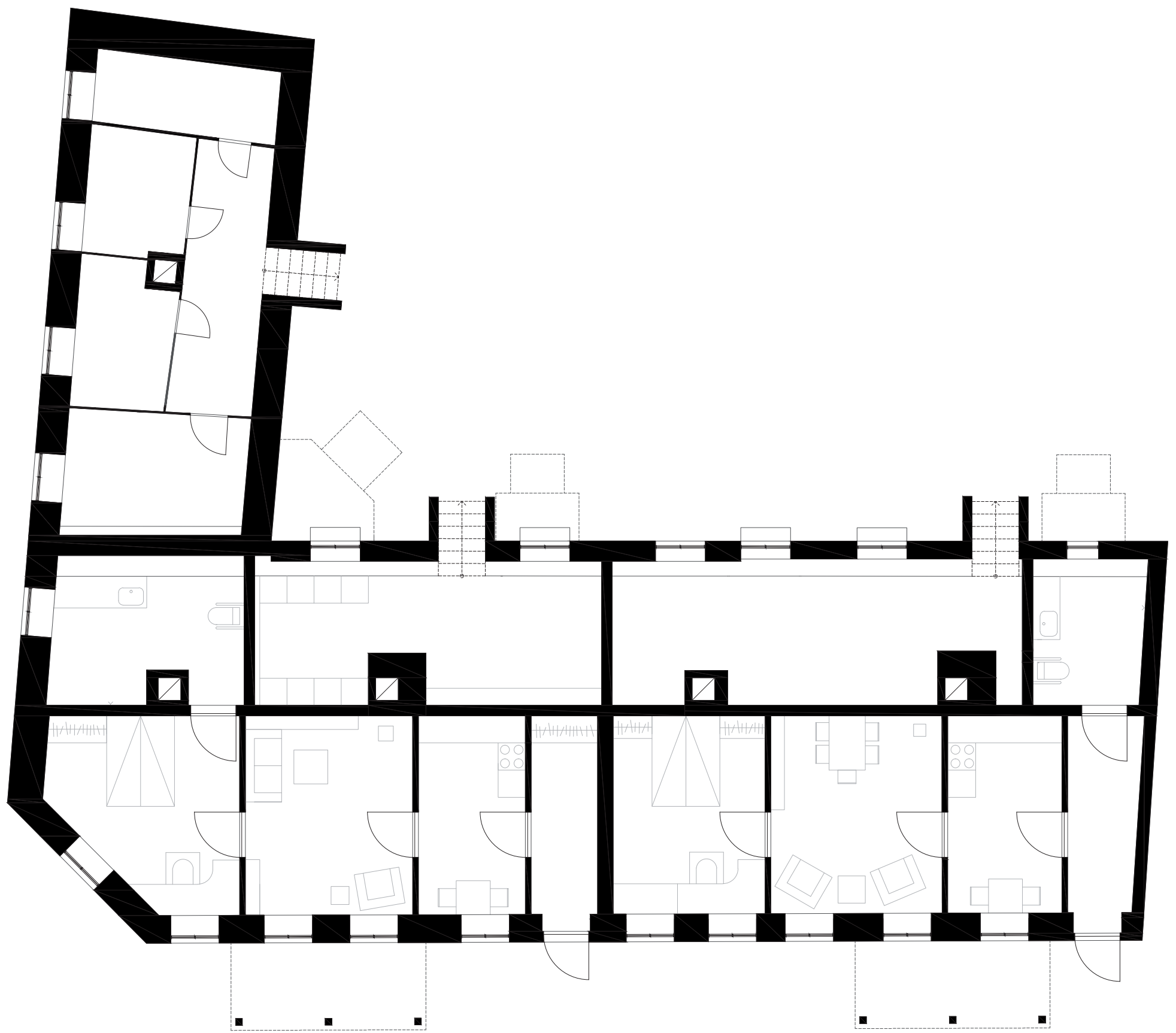
I rapporten kommer Svein Strøm med en rekke anbefalte tiltak for lydisolering, etterklangstid og støy. Her anbefales det blant annet å sage slisser i gulvbordene i tilknytning til innvendige vegger (nye så vel som eksisterende) og legge porøsplater under gulvbelegg som parkett, perforerte plater i himling i trapperom og fellesareal. Videre anbefales en påføring med 100mm isolasjon innenfor yttervegg og i himling samt at opprinnelige vegger mellom boenheter kles med gips og at hulrom fylles med isolasjon med gips utenpå.

Det påpekes at det ikke er lydkrav til interne dører i leiligheter.

- 4 Forutsatt at materialene brukt for å oppnå tilfredsstillende av krav til lyd også har nødvendig brannmotstand.
- 5 Aksepterte grenseverdier er gitt i NS 8175
- 6 Klasse C



Måling av trinnlyd i Thingvallagården 17.juni 2010.



Kjeller i målestokk 1:100





Første etasje i målestokk 1:100



Andre etasje i målestokk 1:100

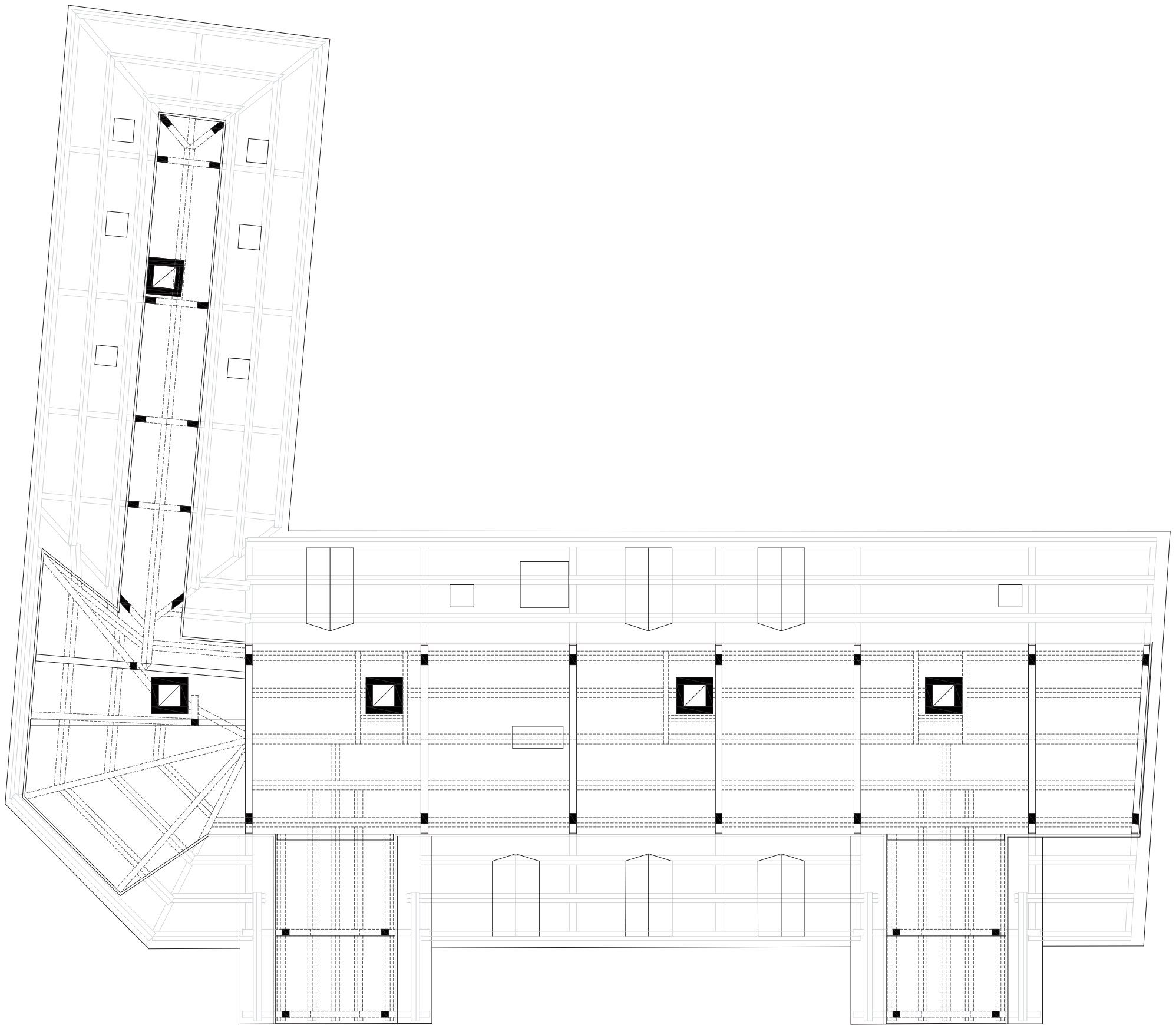


Tredje etasje i målestokk 1:100

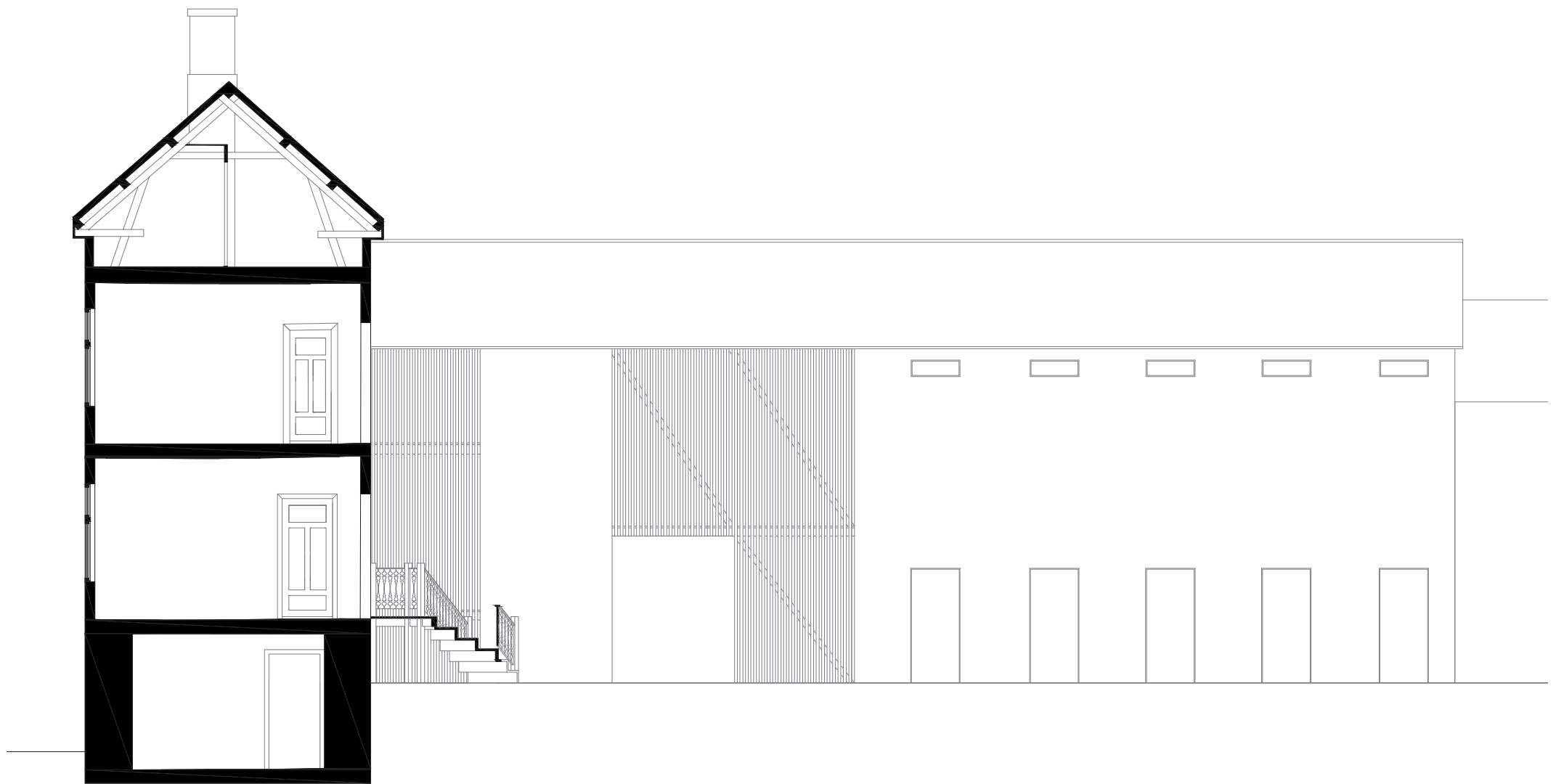


Tredje etasje (med projeksjon ovenfra) i målestokk 1:100



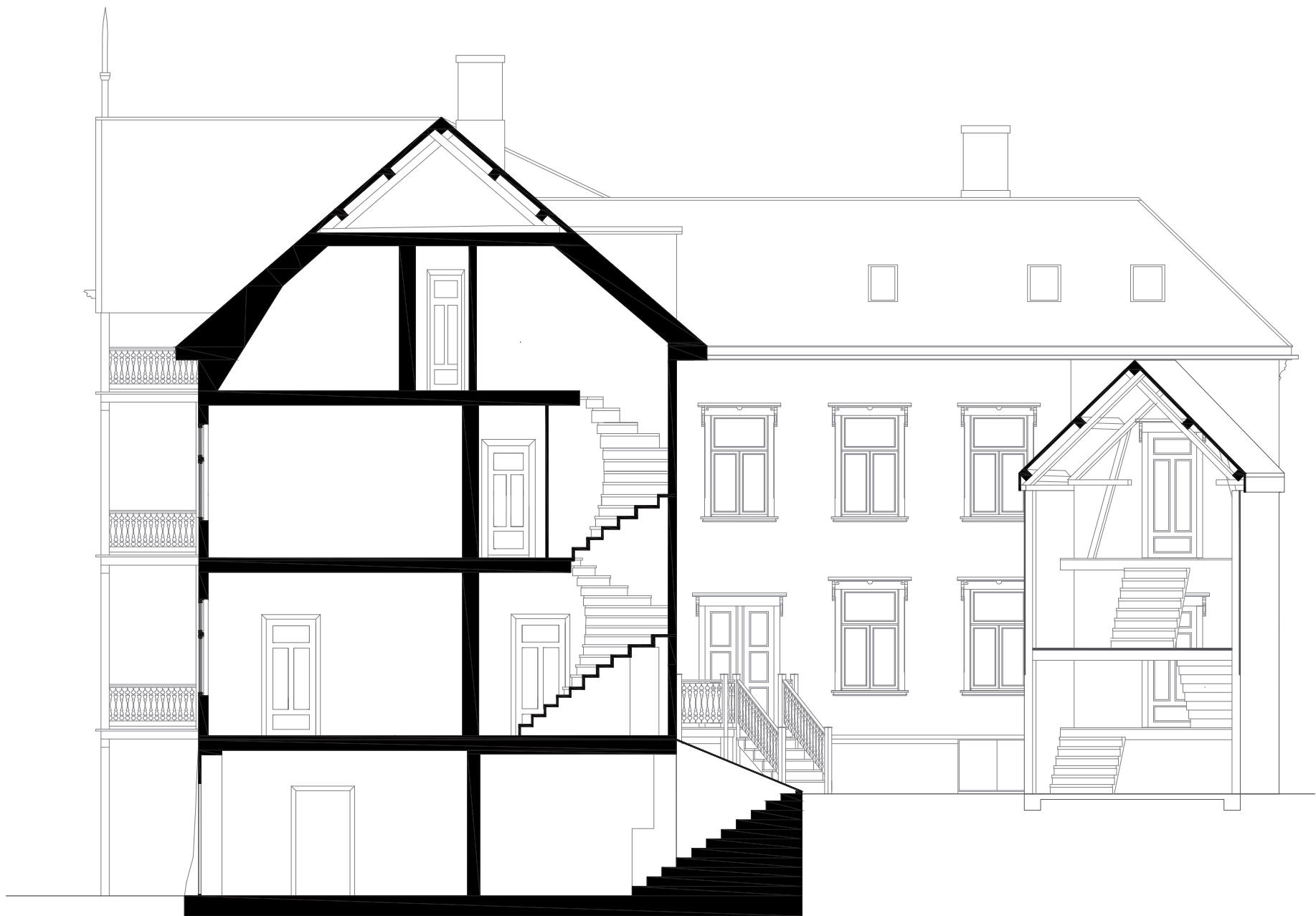


Loft i målestokk 1:100

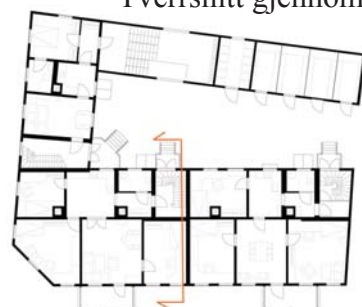


Tversnitt gjennom fløyen i målestokk 1:100





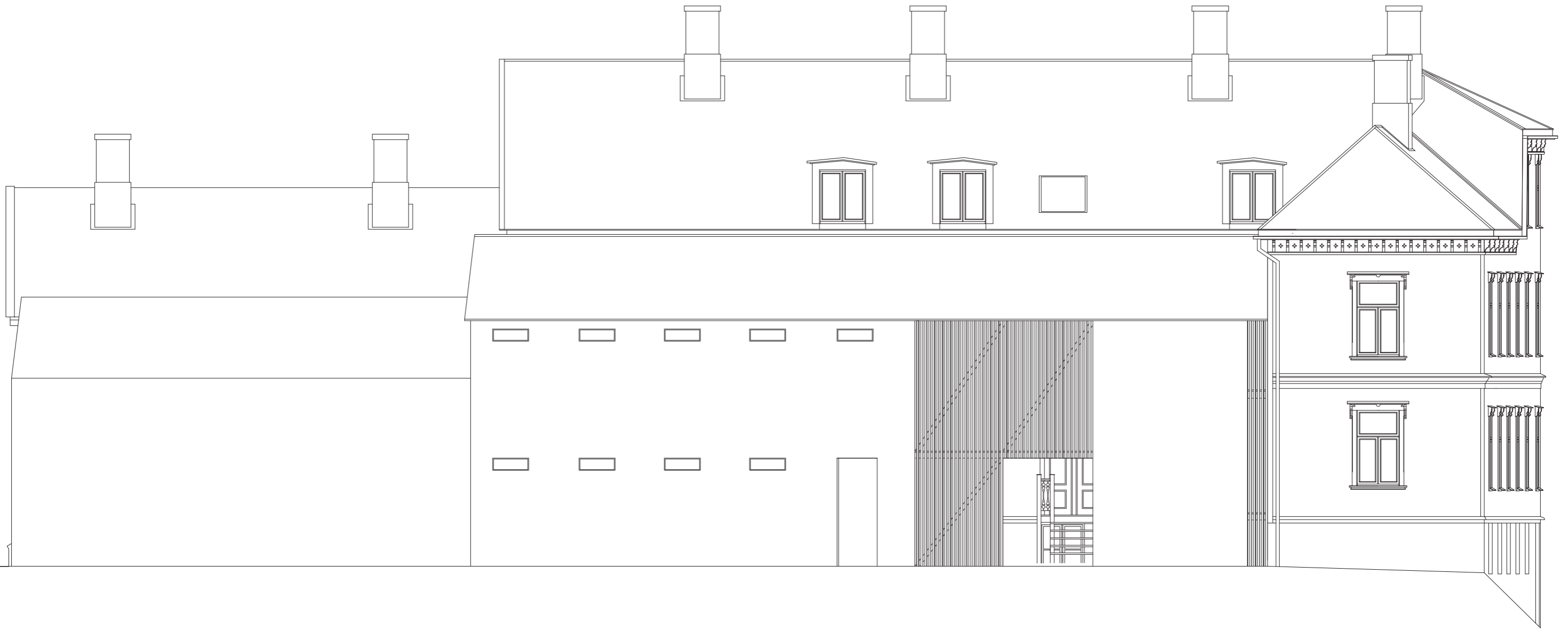
Tverrsnitt gjennom hovedbygningen i målestokk 1:100





Fasade mot vest i målestokk 1:100





Fasade mot øst i målestokk 1:100



Fasade mot øst i målestokk 1:100



Fasade mot sør i målestokk 1:100

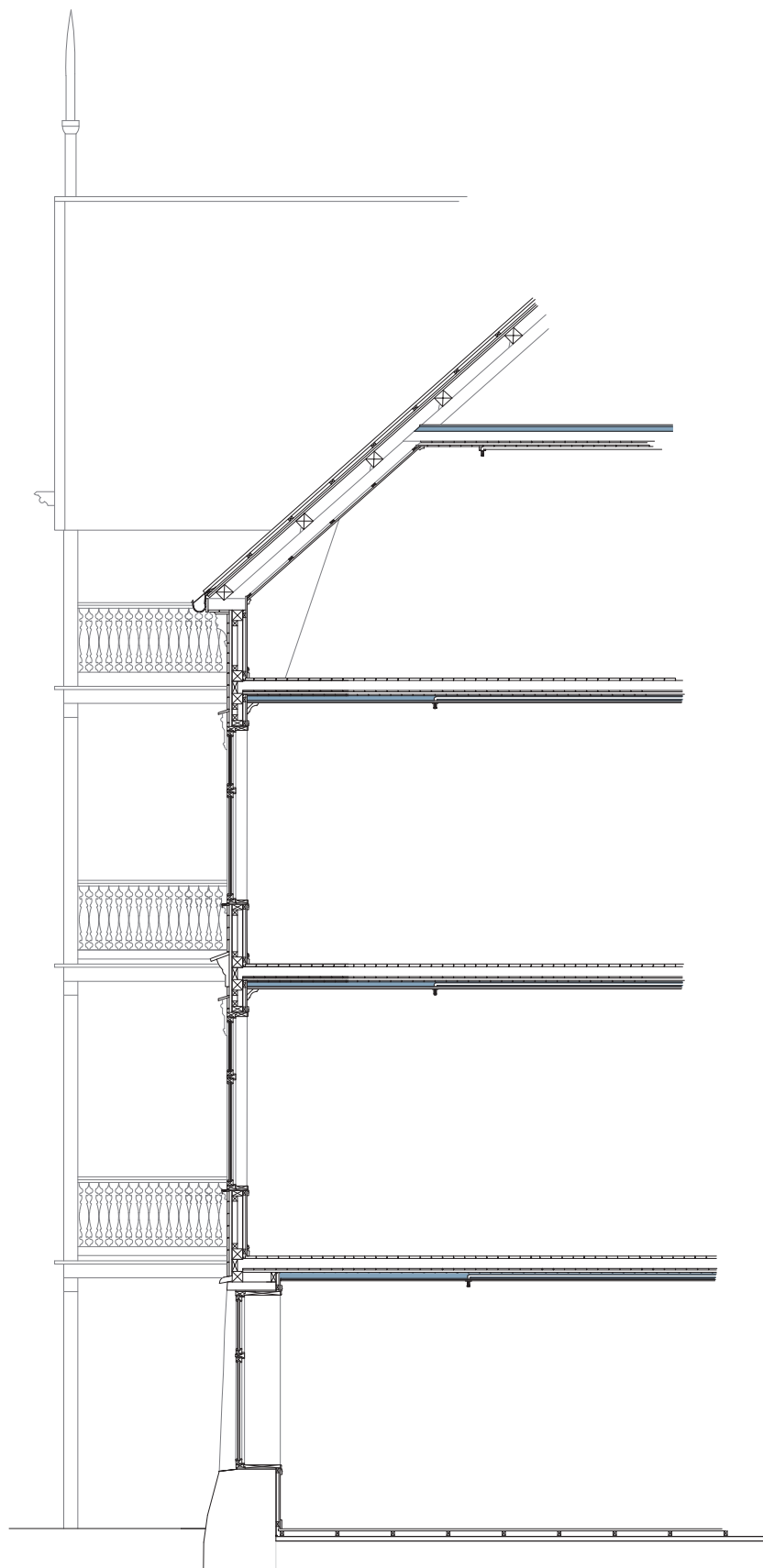


Fasade mot sør i målestokk 1:100





Fasade mot nord i målestokk 1:100



Detaljsnitt i målestokk 1:75

## Prosjekterte løsninger

I den prosjekterte løsningen består bygningen av totalt ti boenheter:

- To toroms leiligheter (universelt utformede) i kjelleren på 65,8 og 59,6 kvm,
- To toroms leiligheter i fløyens første og andre etasje på 44,9 kvm,
- To fireroms leiligheter i første etasje på 93,3 og 90,2 kvm. For begge disse vil antall soverom forbli uendret ved en kollektivløsning.
- To fireroms leiligheter i andre etasje på 93,3 og 90,8 kvm. Et av rommene i leiligheten på 90,8 kvm er for lite til å benyttes som et godt fungerende hybelrom (7,5 kvm), men kan innredes som felles kontor, gjesterom e.l. Ved en omdisponering til kollektiv kan en velge om en vil ha tre soverom med felles stue, eller fire soverom.
- Tredje etasje på totalt 182,4 kvm består av åtte rom (et er veldig lite), to kjøkken og to bad. Etsjen kan eventuelt deles inn i to fireroms leiligheter på 87,4 og 95 kvm.

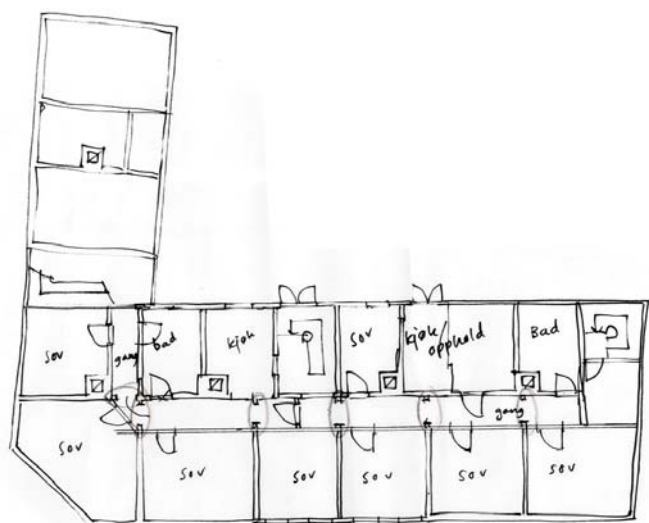
Uthuset består av et portrom med trapp opp til leilighetene i fløyens første og andre etasje, sykkelparkering, søppelrom og ti boder.

Vi har forutsatt at skader påpekt i tilstandsanalysen utbedres ved minimumstiltaket.

### Konstruksjon

Da utformingen til Thingvallgården ikke skal endres, vil tiltak som gjennomføres for elementer i bygningens bærende konstruksjon bestemmes av tilstanden til disse. Stolper og reisverksplank må skiftes ut/utbedres i et område ved skaden i nord, i møtet mellom verandaer og yttervegg og ved svalgangen i sør. Losholt ved vinduene som ligger i tilknytning til skaden i nord må skiftes ut/utbedres. Det samme gjelder fuktskadede åser i takkonstruksjonen (se kapittel 3 *Tilstandsanalyse og registrering*). Materialer tilknyttet kjeller og grunnmur er beskrevet senere.

Ved utskiftninger av konstruksjonsvirke forutsetter vi at dette erstattes av materialer med samme mål og materialkvalitet (etterligninger). Dette gjelder også for større utskiftninger/ reparasjoner.



Planskissen viser hvordan en korridor ville ført til at man måtte ta hull i mange dører og hvor stort areal som ville gått bort i ganglinjer.

### Innvendige tiltak

Vi hadde som utgangspunkt at rommene burde være organisert på en slik måte at de kunne fungere både i større familieleiligheter og i en hybelsituasjon. Inngang til soverommene måtte altså skje fra fellesrom. På grunn av korridorene som strekker seg i hele lengderetningen i tredje etasje til hovedbygningen (kvisten) er det lettere å organisere rommene her enn i de øvrige etasjene. Vi har derfor også sett på muligheten for å innrede tilsvarende korridorer i første og andre etasje, slik at fellesrommene som nå fungerer som fordelingssoner heller kunne benyttes til soverom/hybler. Men selv om dette ville effektivisert logistikken, ville det også ført til at man måtte slått hull i mange vegger samtidig som man, samlet sett, hadde mistet mye bruksareal. Vi så det derfor som mer hensiktsmessig å tilrettelegge for adkomst uten å innføre en ny korridor.

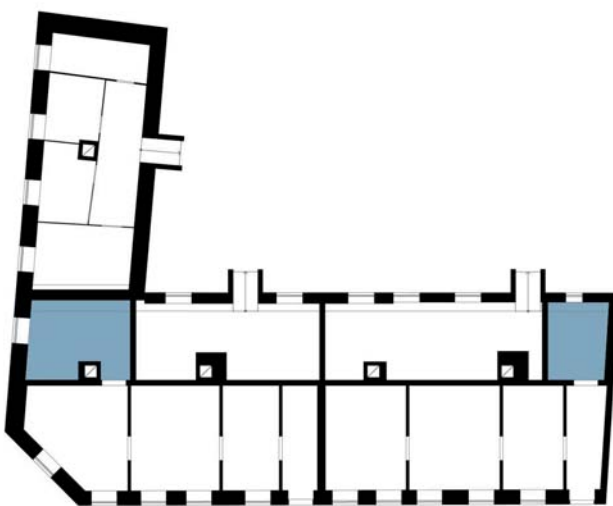
Ønsket om å bevare den innvendige strukturen i bygningen så langt dette lar seg gjøre, har vært styrende i prosessen. Med tanke på reversibilitet har taktikken vært å heller tilføre nye vegger enn å fjerne de oprinnelige. Samtidig har vi fokusert på å bruke eksisterende



Utkast for andre etasje (01.06.2010), hvor vi så på muligheten for å plassere badrom sentralt.



I den prosjekterte løsningen er badrom i hovedbygningens første og andre etasje plassert mot øst. I de to leilighetene i fløyen vender badrommene mot nord.



Plassering av badrom i kjelleren.

døråpninger. Der vi har valgt å fjerne vegger har dette i hovedsak vært lettvegger og vegger tilknyttet bade- og trapperom som vi mente hadde en lite hensiktsmessig plassering.

Gjennom tilstandsanalysen kom det fram at store deler av de nyere utføringene på vegger, gulv og i himlinger er av dårlig kvalitet. I tillegg er de utført etter at huset begynte å sige, og sannsynligheten er derfor stor for at de vil ta skade under en retting av huset, eller at de kan føre til skade på andre elementer. Vi mener at det er mest hensiktsmessig å fjerne alt av nyere påføringer; Også fordi dette gir mulighet til å undersøke tilstanden til bakenforliggende materialer og konstruksjon.

#### Innredning av bad

En av hovedutfordringene ved prosjekteringen av minimumstiltaket var å finne en passende plassering for badrommene. Da bygningen ble reist var det kun lagt opp til vasker inne i bygningen, mens det en gang etter 1998 ble innredet tre badrom i bygningen, to i andre etasje og et i tredje etasje (på kvisten).

Et hovedmål ved plassering av badrommene var å finne løsninger hvor disse lå tilknyttet kjøkken, både i plan og vertikalt, slik at rørføringene ble samlet i et begrenset antall punkter. Badrommene i andre etasje (trolig innredet rundt 1998) er sentralt plassert og på et tidspunkt så vi på muligheten for å videreføre denne plasseringen i flere boenheter, men siden dette ville påvirket de store rommene med utgang til verandaene mot vest gikk vi bort fra dette.

Ved kjellerleilighetene ble det naturlig å legge badrommene mot øst, slik at en kunne frigjøre plass til de andre rommene mot vestfasaden. Det ble her diskutert om badrommene skulle knyttes til soverom eller entrè; Begge løsninger ville gi fordeler og ulemper. Fordi det ville gi en bedre utnyttelse av kjellerrommene mot øst, valgte vi å legge badrommene ut til sidene (helt mot sør og helt mot nord). Badrom i første og andre etasje ble plassert mot ytterveggen i øst. Disse begrenses i størrelse på grunn av at vi ønsker å beholde pipeløpene og i størst mulig grad også innvendige vegger.

#### Innvendige vegger

Thingvallagårdens indre todeling, med bruksrom mot øst og oppholdsrom og soverom mot vest kan også leses i materialbruken på overflatene i rommene. Sammenligner man dagens situasjon med branntakstene<sup>7</sup> ser man at lite har blitt endret i så henseende. Som regel har man overflater med panel i bruksrom (trapperom, kjøkken, korridorer) og tapet i oppholdsrom (soverom og stue). Vi ønsker å videreføre dette. Selv om badrommene strengt tatt vil måtte betegnes som bruksrom (og blant annet også derfor er plassert i øst) har vi her, av bygningsfysiske årsaker, valgt keramisk flis som overflate. Ved opprinnelige vegger som blir en del av et badrom påføres det opprinnelige panelet en 12mm tykk plate før membran og flis påføres. Slik kan opprinnelige vegger tilbakeføres om ønskelig.

Brannskillevegger lektes ut på én side med 98x48mm bindingsverk fylt med mineralull og dekket med 24mm (2x12mm) gipsplater. Nye vegger føres opp som lettvegger av 48x98mm bindingsverk med senteravstand 600mm. For vegger som skal romme rørføring blir opprinnelige vegger påført 48x148mm utføring mens nye vegger bygges opp i tilsvarende bindingsverkskonstruksjon. Begge utførelsene har isolasjon i hulrom. Overflaten til nye vegger/påføringer bestemmes av plasseringen.

Ved en oppføring av gulvene vil man ikke kunne oppnå stor nok høyde til å tilfredsstillende krav om brann- eller lydisolering vertikalt mellom leilighetene på grunn av at gulvet vil bli høyere

<sup>7</sup> Se kapittel 1 *Litteratursøk og arkiv søk*.





Eksisterende kjellergulv i Thingvallagårdens hovedbygning.

enn døråpningen. Vi velger å føre ned himlingene i kjelleren, første- og andre etasje med 50mm isolasjon og 24mm gipsplater. I tredje etasje (kvisten) benytter vi oss av muligheten til å legge brannskillet på oversiden av etasjeskille, da det ikke er noen bruksrom her. For at gipsen her ikke skal ta skade av tekniske installasjoner, monteringen av disse og trafikk på loftet forøvrig blir det lagt 22mm HDF-plater over gipsen. Rør til sprinkling legges i himlingene.

Vi velger å eksponere de opprinnelige gulvbordene (disse slipes og males), selv om dette er med på å vanskeliggjøre det å tilfredstille krav til lydisolering. I baderommene legges vinylbelegg på lektet plate som skal sikre tilfredsstillende fall.

#### Kjeller

Alle bestanddeler i gulv og innvendige vegger i hovedbygningens kjeller må fjernes på grunn av dårlig tilstand (se kapittel 3 *Tilstandsanalyse og registrering*). Dette medfører at også innvendige dører og de to trappene som går fra kjeller til første etasje i hovedbygningen tas ut, selv om disse er i god stand. Slik sett står vi i minimumstiltaket relativt fritt i henhold til en innredning av kjelleren. Mot øst (teknisk rom, vaskerom og badrom) holder vi planen så fri for vegger som mulig, mens vi i vest (i leilighetene) har valgt å opprettholde den opprinnelige romstrukturen.

Når vi velger å ivareta strukturen i vest samtidig som vi tar bort og setter inn nye vegger i øst, kommer dette blant annet av at størstedelen av veggene som står i vest er plassert over hverandre i bygningen. Da tidligere undersøkelser har vist at bjelkene i etasjeskille er relativt lave<sup>8</sup>, og den opprinnelige strukturen tillater greie planløsninger (med tanke på at ytre begrensninger uansett vil være gitt), ser vi på det som en god løsning å plassere de nye veggene der de opprinnelige har vært. Veggene i øst tjener som skillevegger for boder og ser ut til å ha blitt plassert etter behov. Strukturen her er altså helt tilfeldig, og til tider også lite hensiktsmessig. Dette ser man tydelig dersom man sammenligner strukturen i bodene til kjelleren i hovedbygning med strukturen til bodene i fløyen. Vi har valgt å tilrettelegge arealene øst i kjelleren til hovedbygningen slik at de på best mulig måte kan romme nye funksjoner.

Grunnen graves ut og midtre bærende vegg mures opp (det støpes et fundament under denne). Gulvet påføres et betongpåstøp. I rommene som tilhører leilighetene legges plastfolie (fuktsperre) og tilfarergulv på betongen. Tilfarergulvet har tilfarere på 36x48mm, senteravstand 600mm. I stue, soverom og entré legges parkett øverst, mens det legges plater og vinyl på badene.

Midtre bærende vegg, de to veggene som ligger tilknyttet baderommene samt veggen som tidligere skilte mellom Grensen 2 og Grensen 3<sup>9</sup> (ligger i retning øst-vest og gjentar seg i alle etasjene) skal fungere som brannskillevegger. I tillegg ligger både midtre bærende vegg og baderomsveggene mellom rom med ulike oppvarmingsbehov. Vi velger derfor å mure opp disse veggene i teglstein som påføres puss på de sidene som vender inn mot leilighetene. Øvrige vegger settes opp som panelkledte lettvegger av 48x98mm bindingsverk med senteravstand 600mm. Yttervegger fores ut med 48x98mm bindingsverk med 15mm kledning utenpå. På ytterveggene tilknyttet bad legges en membran og keramiske flis direkte på veggene. Himlingene fores ned med 50mm isolasjon kledd med to 13mm gipsplater over hele kjelleren.

<sup>8</sup> Tilfredstiller ikke bruksgrense, tangerer bruddgrense.

<sup>9</sup> Beskrevet i kapittel 1 Litteratur og arkiv søk.

Trappene i kjellernedgangene i øst er i dårlig stand. Disse fjernes og det støpes nye trapper i betong. I hjørnet mellom hovedbygningen og fløyen i bakgården er det i dag svært trangt på grunn av alle trapper og overbygg som er plassert her. Av praktiske årsaker velger vi derfor å flytte kjellernedgangen og ytterdøren til kjelleren i sørfasaden (på fløyen) lenger mot øst (2,7m). Før den ble flyttet sto den sentralt under et vindu, dette har vi videreført ved den nye plasseringen.

I *Thingvallagårdens oppbygning* antar vi at bygningens yttervegger står på fundamenter av gråstein (steinputer). Når tiltak gjennomføres i kjelleren bør fundamentene undersøkes og eventuelt forsterkes. Vi forutsetter også at bygningens konstruksjon jekkes opp for å rette opp skjevheter før ny midtre bærende vegg mures opp.

For å kunne gjennomføre nødvendige tiltak må man ha tilgang ned til kjelleren, sannsynligvis også med ulike typer maskiner. Det vil uansett være nødvendig å grave opp rundt bygningen for å etablere drenering, og i tilknytning til dette kan det være muligheter for å utvide åpninger i den allerede skadde muren (for eksempel i rom 011, der teglsteinene rundt, og særlig under, vinduet nærmest går i oppløsning).

#### Dører

Som en generell regel har vi valgt å blende eksisterende dører som har mistet sin funksjon. Det innebærer at dører som står i vegger som ligger innenfor en branncelle blir værende i åpningen og dekkes av plater. Av hensyn til akustikk vil tomrom i forblendingen fylles med isolasjon. Dersom dørene ligger i en brannskillevegg, har vi sett det som nødvendig å ta ut dørene, fylle hulrommet med mineralull og kle dette med 2x13mm gipsplater på begge sider.

En blending er et reversibelt tiltak som gjør det enkelt å ta i bruk en dør igjen om det skulle være ønskelig. Samtidig har vi vært opptatt av at det bør være synlig hvor tidligere døråpninger har vært. Dette fordi vi synes dette er en viktig del av det å kunne lese historien (og den tidligere strukturen) til bygningen. Her er det viktig å poengtere at vi ikke ønsker en tydeliggjøring for tydeliggjøringens del, men at bygningens helhet bør stå i fokus. Det finnes mange måter å markere endringer på (en tilbakeføring vil også være en endring), og det må også avveies hvem historien skal fortelles til: Hvor markerte endringer som skal til for at det skal kunne være mulig å lese endringer i bygningen og skille etterligning fra original avhenger av øyet som ser. Vi ser for oss at forblendingen blant annet kan utføres ved å legge en plate i døråpningen i flukt med veggflaten, slik at også dørkarmene kan bli værende.

En av de trefløyede, dekorerte glassfyllingsdørene er før tiltak plassert mellom to trapperom. I minimumstiltaket blir denne stående mellom et trapperom (branncelle) og et soverom og for å kunne ivareta tekniske krav til brannsikring og lydisolering (uten å ødelegge døren) valgte vi å sette den inn i veggen mellom kjøkken og oppholdsrom i den nordlige leiligheten i hovedbygningen. På denne måten ville den fremdeles kunne brukes.

Det settes inn vinduer i åpningene til ytterdørene som fjernes eller flyttes i sørfasaden til fløyen (dør 10 og 13 flyttes lenger sør på samme fasade for å tjene som inngangsdører der, dør 8 fjernes). Delen av åpningen som ikke dekkes av vindu fylles med isolasjon og det settes på kledning (på utsiden) og plater (på innsiden).

I hovedbygningens østlige fasade har vi valgt å blende en av dørene (dør 12). Denne var tilknyttet et trapperom som vi har fjernet, og har derfor ikke lenger noen direkte funksjon. Døren som fjernes i fløyens sørfasade er i så dårlig stand at det ikke vil være hensiktsmessig

å reparere eller ta vare på den. Dette gjelder ikke for dør 12, og vi velger derfor å blende den kun på innsiden. Den blir da en «ubrukelig» dør, men slik kan vi ta vare på døren samtidig som vi unngår alt for store inngrep i fasaden. Samme fremgangsmåte gjelder for kjellerens nordvestlige ytterdør(dør 23). Siden den nordligste leiligheten i kjelleren kun har behov for én ytterdør, blir denne overflødig i minimumstiltaket. Den innvendige døren i samme åpning fjernes.



En annen av ytterdørene i kjelleren (dør 38) må fjernes fordi den er for smal til å innfri krav til universell utforming. Åpningen i muren er imidlertid stor nok til at man får plass til en ny dør med bredde på én meter. Den nye døren utformes som en kopi av den andre døren mot vest (dør 32), da denne gir best mulig pekepinn på hvordan den tidligere døren muligens har sett ut.

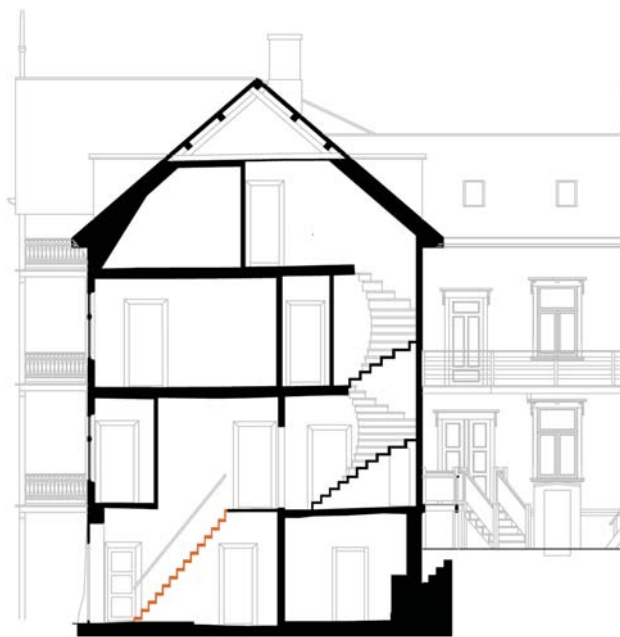
Knuste glassfelter i dørene (12, 15 og 17) mot øst erstattes med nye, plane glassfelter. Alle eksisterende dører trenger ny låskasse, nytt skilt og håndtak.

#### Trapper

Før tiltak var det mange trapper og trapperom i bygningen. Et sentralt diskusjonstema har derfor handlet om hva som gjøres med eksisterende trapper og trapperom som ikke lenger vil ha noen praktisk funksjon. Tiltak for brannsikring av trappeløpene er også diskutert. Disse er nærmere beskrevet nedenfor (i avsnitt om *Brannsikring*).

Vi kom frem til at tre trappeløp ville være tilstrekkelig for adkomst til og rømning fra alle leiligheter. Ved å fjerne Trapp 3 som går fra første til andre etasje, kunne vi få plass til et ekstra soverom i første etasje samtidig som kjøkkenet i andre etasje kunne utvides.

Siden boenhetene i minimumstiltaket forholder seg til kun én etasje og det er egne inngangsdører i kjelleren, er det ikke lenger noe praktisk behov for å sette tilbake trappene etter at kjelleren er utbedret. Faktisk vil inngangssituasjonen i det sørligste trapperommet i første etasje bli forbedret ved å fjerne det nederste løpet til Trapp 4. Her kan man i dag risikere å falle ned trappen om man åpner begge fløyer i ytterdøren. En fjerning av denne trappen vil frigi mer plass, både i kjelleren og i første etasje.



Trappen som i dag går fra kjeller til første etasje (Trapp 5 i tilstandsanalysen) er svært bratt. I tillegg er det lite plass mellom nederste trinn og yttervegg.

Trapp 5 er veldig bratt; Nyere trapper har en stigning på rundt 32,5 grader (med inntrinn 275mm og opptrinn 175mm), mens denne trappen en stigning på 51 grader. Dette gjør den vanskelig å gå i og farlig å rømme i. I tillegg er det veldig trangt i området foran trappen nede i kjelleren (avstand fra ytterdør til første trinn er 1,17m). Ved å fjerne denne trappen ville man redusert plassen som går bort i gangareal i første etasje, fått en bedre inngangssituasjon til leiligheten i kjelleren og også plass til å sette inn en dør som er universelt utformet (døren som står der i dag blokkeres allerede av vangen på trappen og det ville ikke vært mulig å plassere inngangen til en universelt utformet leilighet her dersom trappen ikke fjernes).

Motargumenter for å ta ut trappene mellom kjeller og første etasje er at disse gir muligheten for å bevege seg på tvers av bygningen, mellom vestfasaden og bakgården, og gir kontakt mellom kjelleretasjen og resten av bygningen. Samtidig er Trapp 5 er den eneste trappen som har helt rett løp, og den er den bredeste av trappene (1,47m). Trapp 5 og nederste løp i Trapp 4 er alene om å ha gelender skrudd fast i sideveggene.

Vi velger å fjerne (eventuelt ikke sette tilbake) Trapp 3, Trapp 5 og det nederste løpet til Trapp 4. Selv om dette fører til endringer i bygningens indre struktur, mener vi samtidig at vi på denne måten oppnår en bedre utnyttelse/bruk av bygningen. Vi ser på det som essensielt

at bygningen skal kunne brukes for at den skal bevares<sup>10</sup> og at bruksverdien her må få størst tyngde.

I hull over fjernede trapper setter vi inn bjelkelag (på mellom 198x48mm og 223x73mm<sup>11</sup>)  
Det legges gulvbord på oversiden og himles ned på undersiden på tilsvarende måte som for resten av kjelleren. Hulrommet fylles med mineralull.

På trapp 1 må de fem nederste trinnene i hver etasje og den nederste delen av vangene mot veggen skiftes ut. Reparasjoner av trapper utføres slik at helheten bevares. Det må altså settes inn etterligninger av delene.

For ikke å gjøre trappeløpene enda smalere enn de allerede er, og fordi en innvendig utlekting vil komme i konflikt med trinnene, legges brannskillet mot trapperommene på utsiden. Slik kan det opprinnelige panelet også eksponeres i trapperommene. Alle trapper og trapperom branmales.

#### Piper og brannmurer

På piper og brannmurer må gammel puss bankes av og ny puss tilføres. Noen brannmurer fjernes, men det vil fremdeles være mulig å montere ovner i stuene og på en del soverom. Vi legger opp til at det skal være mulig å bruke vedfyring som en alternativ oppvarmingskilde.

### Utvendige tiltak

De grepene vi har gjort i den innvendige organiseringen av bygningen får også konsekvenser for sørfasaden til fløyen. Dette gjelder flyttingen av dør 10 og 13, fjerning av dør 8 og innsetting av nye vinduer der døråpningen var tidligere.

Strategier og løsninger for ytterdørene er beskrevet tidligere (under innvendige tiltak).

#### Ytterkledning og kledningsdetaljer

Kledning skiftes ut/utbedres i et område ved skaden i nord, i møtet mellom verandaer og yttervegg, svalgang og yttervegg og i gavlvegg mot sør (der det er stående panel).

Alle vannbord skiftes ut. Øvre vannbrett over vinduer og dører og vannbrett under to vinduer må skiftes ut. Resterende listverk må skiftes ut ved skader.

#### Verandaer og andre tilbygg

Buene i verandaene skiftes ut med etterligninger i god materialkvalitet og med samme detaljeringsgrad.

I tilstandsanalysen kommer det frem at overbyggene til kjellernedgangene, svalgangen og tre av trammene i bakgården er i så dårlig forfatning at de må rives. Gjennom *Målsetting for bevaring av Thingvallagården* i kapittel 4 *Kulturhistorisk verdivurdering* slår vi fast at bakgården er viktig for bygningens indre logistikk og funksjon, og at det derfor må være mulig å gjøre de endringer som trengs for å få dette til å fungere hensiktsmessig. Vi åpner her for at eventuelle endringer kan få et nytt, men tilpasset formspråk.

Dersom nye overbygg over kjellernedganger skulle ha tilfredsstillende høyde i døråpningen, ville disse ha kollidert med vinduene de var plassert under. Dette var hovedårsaken til at vi valgte å prosjektere kjellernedgangene med kjellerlemmer. I tillegg ville en slik løsning gi

10 Se også *Målsetting for bevaring av Thingvallagården* i kapittel 4 *Kulturhistorisk verdivurdering*.

11 Avhenging av spennet i åpningen.



mer luft i bakgården. Vi ser ikke noen grunn til å kontrastere til de gjenværende trammene og de nye som settes opp utføres derfor som etterligninger av de som er i god nok stand til å bli stående. Siden det nye uthuset tilfredsstiller behovet for adkomst til fløyens andre etasje og leilighetene i fløyens første etasje vinner en del lys ved at svalgangen fjernes, bygges det ikke opp igjen et tilsvarende element.

#### Vinduer

Kjellervindu nummer 20 mot øst og nummer 22 mot nord må byttes ut på grunn av dårlig tilstand (se kapittel 3 *Tilstandsanalyse og registrering*). Ellers repareres viduene. De to vinduene som trenger nye, nedre vannbrett trenger også nye beslag.

Det settes inn totalt sju nye vinduer: tre vinduer som erstatter tidligere dører i den delen av sørfasaden som vender inn mot bakgården, to takvinduer tilknyttet baderommene i tredje etasje samt to vinduer i nye kobbhus mot øst tilknyttet det sørlige kjøkkenet i tredje etasje.

Vinduer som settes inn i fasaden skal ha samme utforming som de andre vinduene i Thingvallgården (utføres som etterligninger). Det betyr at nye vinduer over kjellerplan blir t-post vinduer, vinduene i kobbhusene blir torams vinduer og takvinduene blir enkle vinduer (på størrelse med det sørligste takvinduet). Kjellervinduet som settes inn for vindu nummer 22 mot nord blir et torams vindu med en midtre, horisontal sprosse, mens det andre kjellervinduet blir et enrams vindu. Større utskiftninger av vinduene drøftes for de respektive energisparende tiltakene (se *Energieffektiviserende tiltak*, tiltak 3a og 3b).

#### Tak

Ved tilstandsanalyse av kobbhusene kunne vi påvise fukskader i himlingene. Kobbhusene demonteres for å undersøke dette nærmere. De settes opp igjen med samme utforming. De to nye kobbhusene som ligger tilknyttet det nye kjøkkenet mot øst i tredje etasje, utformes med samme proporsjoner som de eksisterende.

Alt av korrugerte stålplater og shingel på tak fjernes. Skifer demonteres (det utføres en *omlegging*). Areal tidligere dekket av blikk og shingel tekkes med skifer, i tillegg til at ødelagt stein suppleres (vi regner med at en omlegging vil medføre omtrent 5 % svinn i skiferen). Vi antar at opprinnelige lekter og sløyfer ligger under tekkingen. Enkelte steder er disse sannsynligvis fuktskadd og bør skiftes ut, spesielt gjelder dette i møte med piper og takvinduer, over rom 322 og ved skade rundt takrenne i nord.

Siden de korruerte stålplatene ikke ser ut til å være helt tette, og fuktskader ikke har blitt utbedret under shingelen før den ble satt på, velger vi å ta bort alt dette. Materialene skal da uansett skiftes ut, og en tilbakeføring av taktekkingen til skifer over hele taket vil gi tilbake takets helhet (det er lett synlig blant annet i vestfasaden og fra Gløshaugen).

### Utforming av uthuset og leilighetene i fløyen

Slik situasjonen er før tiltak ligger inngangen til leiligheten i andre etasje plassert slik at man må inn via trapperom i første etasje, opp trappen og ut på en svalgang før man kommer inn i egen leilighet. En løsning på dette kunne være å plassere inngangen til leilighetene i første og andre etasje i fløyen direkte i tilknytning til trapperommet. Dette hadde ført til at en hadde måttet ta av arealet til stua for å lage entrè, og dette rommet hadde da størrelsesmessig egnet seg bedre som soverom. Tidligere entrè hadde da blitt slått sammen med tidligere soverom for å lage stue. Rømning ville her måtte skje via hovedtrapp og brannstige eller annen utvendig

trapp.

Vi så at vi kunne gi leilighetene i fløyen et ekstra vindu mot sør og adgang til rømning via to trapperom<sup>12</sup> dersom vi la adkomsten ytterst på sørfasaden, i tilknytning til det nye uthuset. Videre hadde vi som mål å bevare pipeløpene<sup>13</sup> i bygningen, og vi valgte derfor å prosjektere en løsning der inngangssituasjonen for leilighetene i fløyen kombineres med utformingen av uthuset, fremfor å være direkte tilknyttet trapperommet.

Uthuset som står her i dag vil med sin utforming ikke kunne dekke behovet minstetiltaket har for bodplass og håndtering av søppel og sykkelparkering, og vi ser det derfor som hensiktsmessig å sette opp et nytt uthus som, i tillegg til dette, også kan gi en bedre adkomstsituasjon til leilighetene i fløyen.

Det nye uthuset er til en viss grad inspirert av uthuset som ble oppført på samme tid som Thingvallagården<sup>14</sup>. Dette gjelder for eksempel høyden, takformen, valg av materiale og det sentrale portrommet. Vi har samtidig valgt et moderne formspråk med spiler (ved trappe- og portrom) som åpner opp fasaden både mot veien og mot bakgården slik at bakrommet oppleves som større/videre, selv om det nye uthuset er høyere enn det som ble oppført i 1980. Bruken av spiler gir lys til, og eksponerer, trappekonstruksjonen. Det nye uthuset lukker seg noe mer mot veien enn mot bakgården, slik at bakgårdsituasjonen opprettholdes og beboerne i fløyen kan få en inngangssituasjon skjermet fra veien.

Uthuset er bygget opp i grovt bindingsverk kledd med stående panel eller spiler. Mot nord (der uthuset møter fløyen) består taket av et sperretak med knevegg, mens resten av taket har hanebjelke. Grunnen til at takkonstruksjonen endres mot nord er at det er lagt inn nivåforskjeller mellom nordre og sørlige del av uthuset for at det skal være mulig å komme til fra trapperommet samtidig som resten av bygget blir benyttet til bodareal over to etasjer.

Taket er tekket med skifer.

Vinduene er plassert høyt opp på veggen fordi de skal gi tilgang til naturlig lys samtidig som det legges opp til god/høy lagringsplass, også under vinduene.

## Oppvarming og ventilasjon

Vi forutsetter at boenhetene varmes opp med elektriske panelovner. Rom i kjelleren (vaskerom, boder og tekniske rom) holdes frostfrie på grunn av varmtvannsberedere og diverse rørføringer. Trapperommene, kvistetasjen i fløyen og mørkeloftet defineres som uoppvarmede soner.

I den prosjekterte løsningen er det et kjøkken og et baderom i hver boenhet som ligger i tilknytning til hverandre både på hvert plan og vertikalt. Disse ventileres gjennom et behovsstyrt, årstidstilpasset mekanisk avtrekk.

I den prosjekterte løsningen har vi lagt opp til at vedfyring skal være mulig i alle boenheter. Lokal fyring med vedovner inkluderes som et installasjonsmessig energieffektiviserende tiltak videre i oppgaven (se også kapittel 6 *Energiberegninger*). I kjelleren er det satt av plass til tekniske rom som kan romme nødvendige installasjoner ved installasjonsmessige

12 Kun aktuelt for leiligheten i andre etasje.

13 Dersom det skulle være noen hensikt i å bevare disse i fløyen ville de måtte knyttes til oppholdsrom.

14 Beskrevet i kapittel 1 *Litteratur og arkiv*.

energieffektiviserende tiltak.

## Brannsikring

Hver leilighet og hvert trapperom utformes som egne brannceller. Bygningen sprinkles både innvendig (i boenhetene og i trapperommene) og utvendig (i møte mellom hovedbygning og fløy). Dette kan kompensere for blant annet bruk av overflatematerialer i brennbart materiale i bærende konstruksjon og reduserer risikoen for brannspredning mellom branncellene i ulike plan (se VTEK §11-8). I tillegg føres himlinger ned med 50mm isolasjon og 24mm gips. Brannskillevegger lektes ut på én side med 98x48mm bindingsverk fylt med mineralull og dekket med 24mm gipsplater.

Siden det er såpass mange skjerpene omstendigheter rundt brannsikringen i Thingvallagården<sup>15</sup>, har alle leilighetene i hovedbygningen adgang til rømning gjennom to trapperom, selv om en fullsprinkling i teorien åpner for at det kun trengs tilgang til én branntrapp.

Takluke mot loft flyttes ut fra trapperommet.

Vi ønsker å beholde de opprinnelige dørene (herunder trapperomdørene med glassfyllinger) og tre av trappene i Thingvallagården. Dette medfører at trapperom og trapper brannmales. Dører mot trapperom må utstyres med tettelist for å hindre spredning av røyk. Siden glassfyllingsdørene står inne i branncellen, og ikke som dør i brannskillevegg kan brannimpregnering kan være et godt alternativ, da dette ikke endrer teksturen på overflatene.

For å sikre mot brannspredning mellom Høyskoleveien 2 og Thingvallagården forutsetter vi at det legges et brannskille i taket på Høyskoleveien 2.

Med unntak av tettelister (som brukes for å sikre røyktetting ved dører) er ingen av de tiltakene vi prosjekterer helt uproblematisk. For eksempel vil en fullsprinkling kreve en del inngrep i bygningen for å kunne legge rørføringer, brannmalingen kan føre til endringer i tekstur, mens man ved bruk av brannsikre platematerialer må kle inn overflater og bygningsdeler.

Andre tiltak som vi forutsetter gjennomført, som ikke vil ha fysisk innvirkning på bygningen, er installering av branndetektorer og brannvarslere merking av rømningveier samt tilgang på brannsløkkeutstyr.

## Lydisolering

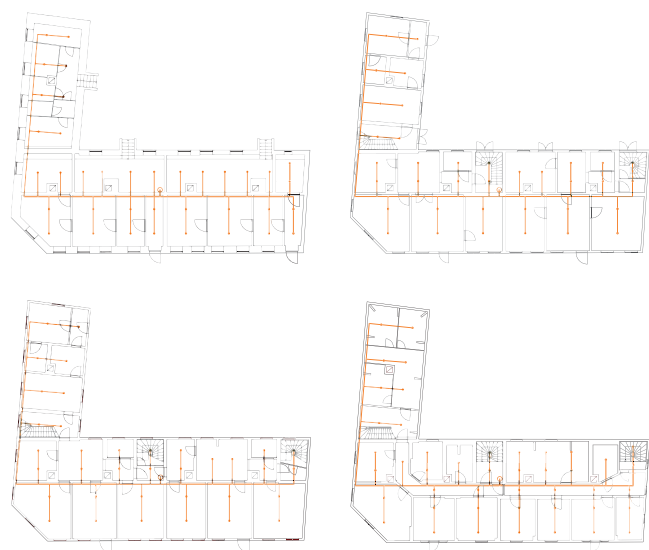
Utføringene i himlingene, i veggene mellom leilighetene og mot trapperom for å sikre brannspredning skal også bidra til å begrense spredning av støy ut fra leiligheter og trapperom. Tettelister montert på dører mot trapperom vil også være med på å begrense støy fra disse.

Konstruksjonen i Thingvallagården gjør det vanskelig å begrense luft- og trinnlyd uten å pakke inn alt av vegger, tak og gulv. Vi har allerede nevnt at vi ønsker å eksponere gulvbordene i Thingvallagården og selv om vi, idèelt sett, burde sage en sliss i gulvbordene

15 Eksempel: I følge VTEK10 § 11-14 *Rømningsvei* må rømningsveien i byggverk i risikoklasse 1, 2, og 4, ha en fri bredde på minimum 0,9 m. Det samme vil gjelde for trappene, som ikke innfrir dette kravet.



Brannskillevegger.



Diagrammene viser planlagt innvendig sprinkling.

under utføring av veggene for å begrense trinnlyd, velger vi å la gulvbordene være intakte.

Lydforholdene i fasaden vil bedres gjennom energieffektiverende tiltak som etterisolering av vegger<sup>16</sup>, yttertak og ved en utskiftning av vinduene. Interne lydforhold vil bedres gjennom etterisolering av himling i etasjeskillere, selv om dette kun utprøves mellom kjeller og første etasje og mellom tredje etasje og loftet.

Både med tanke på brann- og lydisolering forutsetter vi at det tettes godt mellom armatur til sprinklerhoder og himling og at det brukes brannnetttingsmasse.

## Energieffektiverende tiltak

Bygningers energibruk kan deles i *termiske* og *tekniske* formål (OED 1998). Med tekniske formål menes energibehovet til tekniske installasjoner i bygningen (belysning og elektriske husholdningsapparater), som på grunn av at det er uavhengig av utetemperatur vil være jevnt over hele året. Dette energibehovet kan reduseres ved endring av bovaner (som reduksjon av innnetemperatur og bruken av elektrisk utstyr, ved temperaturstyring eller ved å ta i bruk mer energieffektivt utstyr).

Med termiske formål menes energibehovet til rom- og tappevannsoppvarming. Dette energibehovet påvirkes av uteklimaet og vil variere gjennom året. Romoppvarming og oppvarming av tappevann utgjør en betydelig del av det samlede energiforbruket i norske husholdninger. Energibehovet til romoppvarming kan reduseres ved å gjøre *bygningmessige tiltak* (tiltak på bygningskroppen) for å redusere bygningens varmetap. Det kan også gjennomføres *installasjonsmessige tiltak* (endring av energikilder og/eller distribusjonssystem) for å redusere bygningens behov for levert energi i form av elektrisitet (Grytli 2004). Det er først og fremst bygningmessige tiltak som er fokus i denne oppgaven, men vi har også undersøkt et utvalg installasjonsmessige tiltak.

Vi har i forarbeidet sagt at vi ønsker å undersøke hvordan ulike aktuelle energieffektiverende tiltak påvirker både Thingvallagårdens samlede miljøpåvirkning gjennom livsløpet og dens kulturhistoriske verdier. Med *aktuelle* tiltak mener vi vanlige/konvensjonelle tiltak som gjennomføres for å energieffektiverer norske bygninger i dag. Alternative tiltak og materialer som i mindre grad er utprøvd for norske forhold (for eksempel alternative isolasjonsmaterialer) har ikke vært i fokus i de videre undersøkelsene.

For å kunne si noe om hvor langt man kan og bør gå ved en energioppgradering av en bygning som Thingvallagården, ønsker vi å undersøke bredden i de tiltak som er mulige å gjennomføre:

- Skånsomme tiltak som fordrer minst mulig inngrep i bygningen,
- tiltak som i dag lanseres som ideelle løsninger for energieffektivisering av norske boliger av sentrale aktører som blant annet Enova<sup>17</sup> (utvendig etterisolering med

16 Innvendig etterisolering vil svekke horisontal flankeoverført lyd, og å øke trinnlydisoleringen vertikalt i tillegg til å skjerme mot støy utenfra.

17 I et møte med en representant fra Enova 6.juli 2010 ble det sagt at Enova anbefaler retter seg spesielt mot bygg fra 1960-70-tallet. Dette formidles hverken på nettsiden deres ([www.enovaanbefaler.no](http://www.enovaanbefaler.no)) eller gjennom deres mange kampanjer.



- tykkelser på 30 cm i taket og 20 cm i ytterveggene og utskiftning av viduer),
- mer ekstreme tiltak der eksisterende bygninger oppgraderes til lavenergi- eller passivhusstandard, og
- som et ytterpunkt: At eksisterende bygning rives og erstattes av en ny og mer energieffektiv bygning (nybygg i passivhusstandard).

Energieffektiviserende tiltak bør vurderes ut fra bygningens plassering og orientering, bygningstype, materialer og konstruksjoner, planløsning, tiltakenes bygningsfysiske konsekvenser, hvilken energistandard man skal tilstrebe og deres innvirkning på bygningens kulturhistoriske verdier. I tillegg er økonomi ofte en styrende faktor for hvilke tiltak som velges<sup>18</sup>. Vi vil i det følgende beskrive ulike bygningsmessige og installasjonsmessige energieffektiviserende tiltak som kan være aktuelle i eksisterende bygninger, før vi gjør en vurdering av disse i forhold til om de er gjennomførbare/aktuelle tiltak for Thingvallgården.

Mange av tiltakene vil kunne ses på som en del av minimumstiltaket. Det vil for eksempel ved utvendig etterisolering av kjellermurer under grunn være naturlig å se dette i sammenheng med minimumstiltaket, hvor det forutsettes at grunnen rundt bygningen graves opp for å etablere drenering. I tillegg er enkelte tiltak avhengige av hverandre (man etterisolerer for eksempel ikke utvendig uten først å sørge for at konstruksjonen har vindspærre). Slike faktorer har vi gjort rede for ved beskrivelsen av hvert enkelt tiltak.

## Bygningsmessige tiltak

### Tetting av luftlekkasjer

Bygningers varmetap kan i første omgang reduseres ved å forhindre infiltrasjon, det vil si luftlekkasjer gjennom utettheter i bygningen. Spesielt utsatte steder er i overgangen mellom bjelkelag og vegg, grunnmur og vegg, innertak og vegg, mellom vindusramme og karm, mellom dør og karm, mellom vindus-/dørkarm og vegg og ved loftsluker, kjøkkenventiler/ blafrespjeld og rør- og ledningsgjennomføringer (Grytli 2004) ([www.enovaanbefaler.no](http://www.enovaanbefaler.no)). Luftlekkasjer gjennom selve veggkonstruksjonen kan også forekomme. Dette gjelder spesielt for vertikale trekonstruksjoner som for eksempel reisverk. Eldre yttervegger kan i tillegg mangle vindspærre, som ellers ville bidratt til å begrense luftlekkasjer gjennom veggkonstruksjonen.

Tetting av luftlekkasjer kan gjøres forholdsvis enkelt og det er et lite destruktivt inngrep. For eksempel kan luftlekkasjer mellom vegg og vinduskarm/dørkarm og ved møte mellom vegg og golv/tak tettes ved å demontere listene og dytte mineralull inn i fugene. Utettheter mellom karm og vindusramme/dørblad kan utbedres ved å motere tettelister av ulike materialer, for eksempel gummi, skumplast eller silikon ([www.gamletrehus.no](http://www.gamletrehus.no)).

Dersom veggkonstruksjonen til en bygning mangler vindspærre, eller den eksisterende vindspærren ikke er av tilfredsstillende kvalitet, kan et effektivt tiltak være å montere et nytt vindspærresjikt. I et slikt tiltak vil man måtte demontere kledningen for å utbedre utetthetene, og denne vil ikke i alle tilfeller kunne settes tilbake. Dette inngrepet er derfor langt mer omfattende enn det nevnt ovenfor og kan få store konsekvenser for bygningens fremtoning hvis det resulterer i at bygningen får ny kledning.

Thingvallgården har sannsynligvis høyt infiltrasjonsvarmetap mellom vegger og rammer

18 I noen tilfeller kan det være *økonomisk lønnsomt* å redusere energiforbruket. For mange er nok dette en betydelig motivasjonsfaktor for å sette igang tiltak.

En vesentlig andel av bygningers oppvarmingsbehov skyldes *transmisjonsvarmetap* gjennom ytterkonstruksjonen (SINTEF 1998).

Også *infiltrasjonsvarmetap* medvirker til det totale varmetapet og skyldes luftlekkasjer gjennom utettheter i konstruksjonen.

En *U-verdi* (også kalt varmegjennomgangskoeffisient) er et standardisert mål på hvor lett en bygningskomponent slipper gjennom varme og en *kuldebro* betegnes som en begrenset del av den omsluttende konstruksjonen som har lavere varmemotstand enn resten av konstruksjonen. (Gustavsen et al. 2008).

og mellom rammer og karmen i vinduer og dører. I tillegg vil det være rimelig å anta at det også er luftlekkasjer i møte mellom vegger og etasjeskillere og andre utsatte steder. Siden bygningen er oppført i reisverk kan man forvente at det også er luftlekkasjer gjennom selve veggkonstruksjonen. Bygningen har vindsperre av papp, men denne er sannsynligvis like gammel som bygningen (110år). Eksisterende utvendig kledning er så sprø at den vil ødelegges ved en demontering, hvilket betyr at et tiltak for å etablere nytt vindsperresjikt vil resultere i at fasadene må kles med nytt panel.

Fordi tetting av luftlekkasjer og etablering av nytt vindsperresjikt vil gi ulike grader av inngrep i bygningen, har vi valgt å undersøke disse som to separate tiltak.

#### *Tiltak 1: Tettelister.*

Luftlekkasjer mellom ramme og karm i vinduer og mellom karm og dør tettes ved bruk av tettelister i butylgummi. Lekkasjer mellom vindus- og dørkarmen og vegger og i møte mellom etasjeskiller og vegger tettes ved å demontere lister og dytte inn mineralull. Det er her viktig at man er skånsom ved demontering av listverket, slik at dette kan settes tilbake igjen etterpå.

#### *Tiltak 2: Nytt vindsperresjikt.*

Luftlekkasjer i ytterveggkonstruksjonen tettes ved å etablere et nytt vindsperresjikt på utsiden av reisverkskonstruksjonen. Utvendig kledning demonteres og må erstattes på grunn av at bordene vil ødelegges ved demontering. Ved et slikt tiltak vil det være naturlig å legge inn isolasjon bak den nye kledningen, men på grunn av at vi har valgt å undersøke de energieffektiviserende tiltakene separat inkluderes ikke dette her.

#### **Reduksjon av transmisjonsvarmetap gjennom vinduer**

Vinduer står for en stor del av transmisjonsvarmetapet i bygninger. Vinduets U-verdi avhenger av antall lag med glass, avstanden mellom glassene og eventuelle gassfyllinger mellom glassene. Som et generelt energieffektiviserende tiltak i eksisterende bygninger anbefaler Enova å bytte til vinduer med bedre U-verdi. Selv om dagens krav til vinduers U-verdi ligger på 1,2 W/m<sup>2</sup>K, anbefaler Enova boligeiere å bytte til lavenergivinduer med U-verdi på 1,0 m<sup>2</sup>K eller lavere ([www.enovaanbefaler.no](http://www.enovaanbefaler.no)).

Fordi vinduer ofte er en viktig del av bygningens eksteriør, kan tiltak som innebærer utskiftning av vinduer ofte komme i konflikt med vernehensyn. Alternativer til å bytte ut eksisterende vinduer kan være å øke antall glass ved å montere varevindu eller koble en ekstra ramme til den eksisterende ruten. I følge Frøstrup (1993) vil begge disse alternativene gi samme forbedring av vinduets U-verdi.

De fleste av vinduene i Thingvallgården er i relativt dårlig stand og de kan antas å ha lave U-verdier. Materialkvalitetsmessig vil trolig T-postvinduene kunne stå i høyst fem år til før de må byttes<sup>19</sup>. Vi ser det derfor ikke som hensiktsmessig å bytte glass eller gjennomføre alternative tiltak for disse vinduene.

Når det gjelder de opprinnelige torams vinduene med enkle glass og to ruter i høyden i kjelleren, vil vi undersøke muligheten for å bevare disse ved å montere varevindu på innsiden.

#### *Tiltak 3a: Nye vinduer og verandadører med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup>*

19 En utskiftning av vinduene ville vært naturlig å inkludere som en del av minimumstiltaket, men siden vi ønsker å synliggjøre konsekvensene ved å bytte ut vinduer i en livsløpsvurdering, har vi valgt å bevare de eksisterende vinduene i minimumstiltaket for å ha et sammenligningsgrunnlag når vi videre ser på utskiftning av vinduene som et energieffektiviserende tiltak.

Alle vinduer og verandadører skiftes ut og erstattes med vinduer og dører med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup>. Dette gjelder til sammen 100 vinduer og seks verandadører med glassfyllinger i tolags isolerglass i øverste halvdel. Tre av verandadørene har én glassfylling (1, 5 og 19) og de tre andre to glassfyllinger (8, 14 og 25). Fire av dørene (8, 14, 19 og 25) har overlys i tolags isolerglass (disse er i energiberegningene inkludert som en del av dørene). Alle verandadørene står i vestfasaden.

*Tiltak 3b: Nye vinduer med U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup> (og verandadører med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup>).* Alle vinduer skiftes ut og erstattes med vinduer med U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup>. Verandadørene erstattes med dører med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup>.

*Tiltak 3c: Montering av varevindu på innsiden av kjellervinduene.*

Det monteres varevindu på innsiden av åtte av de ni opprinnelige kjellervinduene. Det siste av vinduene, som ligger tilknyttet baderommet mot nord, er i så dårlig forfatning at det forutsettes skiftet ut i minimumstiltaket. Dette skiftes ut også her, og da til et vindu med U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup>. Resterende vinduer skiftes ut og erstattes med vinduer med U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup>. Verandadørene erstattes med dører med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup> da det ikke finnes noe bedre på markedet.

#### Reduksjon av transmisjonsvarmetap gjennom ytterdører

Man vil også kunne regne med et transmisjonsvarmetap gjennom ytterdører. Spesielt gjelder dette eldre ytterdører med fyllinger av glass eller andre materialer med lav varmeisolerende evne. Ulike alternativer for å redusere transmisjonstapet kan være å bytte til glass med lavere U-verdi i de dørene som har glassfyllinger, bytte ut eksisterende fyllinger med materialer med bedre isoleringsevne, tette dørene med plater på én (eller begge) side(r), tilføye ekstra dører på innsiden av de eksisterende dørene eller bytte ut dørene i sin helhet med dører med lavere U-verdi.

I Thingvallgården vil slike tiltak være aktuelle for totalt ti ytterdører av ulike typer:

- to platekledte trefyllingsdører med én liggende fylling øverst og nederst og to stående fyllinger i midten (dør 10 og 13 mot sør) der den øverste fyllingen er av glass,
- én enkel dør med fire fyllinger (kjellerdør 32 mot vest),
- en enkel dør (kjellerdør 38 mot vest) (døren erstatter eksisterende dør som en del av minimumstiltaket),
- tre kjellerdører i heltre (21 og 26 mot øst og 27 mot sør) som ligger i tilknytning til boder, vaskerom og tekniske rom i kjeller,
- én dobbel dør med tre fyllinger i hvert dørblad (dør 11 mot sør), og
- to doble dører med to fyllinger i hvert dørblad, hvor den øverste fyllingen er av glass (dør 12 og 17 mot øst)<sup>20</sup>.

For alle disse dørene kunne det vært aktuelt å se på tiltak for å redusere transmisjonstapet ved for eksempel å forbedre fyllinger eller legge plater på innsiden, men fordi dette ville blitt en omfattende oppgave og fordi vi ville hatt begrensede muligheter for å beregne effekten slike tiltak ville fått, har vi valgt å fokusere på hvilke konsekvenser en utskiftning av dørene vil få. Siden bygningen er oppdelt i soner hvor flere ytterdører ligger tilknyttet trapperom som ikke varmes opp, har vi også valgt å underøke muligheten for å la ytterdørene stå som de er, mens innvendige dører som ligger mellom trapperom og leiligheter byttes ut.

---

<sup>20</sup> Den doble døren med fire fyllinger i hvert dørblad (hvor de tre øverste fyllingene er av glass), dør 15 mot øst, forutsettes blendet fra innsiden i minimumstiltaket. Vi har valgt å se bort i fra denne fordi vi forutsetter at den ved innvendig blanding vil få en varmemotstand tilsvarende den for ytterveggen.

*Tiltak 4a: Nye ytterdører (tilknyttet boenheter) med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup>.*

Ytterdører som ligger i yttervegger tilknyttet leiligheter og innvendige inngangsdører mellom leiligheter og trapperom byttes ut med dører med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup>. Dette gjelder de to ytterdørene til leilighetene i fløyen (dør 10 og 13 mot sør), de to ytterdørene til leilighetene i sokkeletasjen (kjellerdør 32 og 38 mot vest) samt ni innvendige trefyllingsdører.

*Tiltak 4b: Nye ytterdører (i yttervegg) med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup>.*

Alle ytterdører i ytterveggene byttes ut med dører med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup>. Dette gjelder totalt ti dører: De to ytterdørene til leilighetene i fløyen (dør 10 og 13 mot sør), de to ytterdørene til leilighetene i sokkeletasjen (kjellerdør 32 og 38 mot vest), tre kjellerdører (21 og 26 mot øst og 27 mot sør) som ligger i tilknytning til boder, vaskerom og tekniske rom i kjelleren og tre doble dører med fyllinger (dør 11 mot sør og dør 12 og 17 mot øst) som ligger i tilknytning til trapperom.

### Etterisolering

Transmisjonstap gjennom bygningsdeler kan begrenses ved å etterisolere. En etterisolering kan utføres både på mur-, betong- og trekonstruksjoner; både på ytterkonstruksjonen (yttervegger og tak) og mellom oppvarmet og uoppvarmet areale (som mot kaldt loft og kjeller). Etterisolering utføres på tre ulike måter: utvendig, innvendig eller inne i konstruksjonen. De mest brukte varmeisolasjonsmaterialene for etterisolering er plater eller matter av mineralull. Det finnes også spesialplater for utvendig påføring av vegger som har vindsperresjikt på den ene siden. Ved en etterisolering hvor isolasjon blåses inn i lukkede hulrom i konstruksjonen brukes som regel granulert mineralull eller cellulosefiber.

En etterisolering vil endre temperatur-, fuktighets- og uttørkingsforhold i konstruksjonen. Dette kan være gunstig, men kan også føre til problemer og skader. Det er viktig å huske på at de delene av konstruksjonen som blir liggende utenfor isolasjonssjiktet vil bli kaldere, og at de derfor også vil få en høyere grad av fuktighet.

### *Utvendig etterisolering*

I følge SINTEF Byggforsk (BKS 723.511) og Frøstrup (1993) er utvendig varmeisolering mest gunstig for å oppnå både lavt varmetap og god fuktsikkerhet. Ved utvendig etterisolering festes isolasjonen til den eksisterende veggen med vindsperre, luftespalte og utvendig kledning utenfor, for å oppnå totrinns tetting av veggen. I en slik vegg fungerer kledningen som en regnskjerm. Vindsperren skal hindre at kald luft trenger inn i eller bak isolasjonen og på den måten reduserer effekten av etterisoleringen. Vann som driver inn bak kledningen, blir drenert ned, og kledningen tørker raskt ut på grunn av luftsirkulasjonen i luftespalten. Kledning i trepanel bør tas av før etterisolering. Denne kan settes på igjen på utsiden av det nye isolasjonssjiktet, eller byttes ut.

Med utvendig etterisolering unngår man kuldebroer ved etasjeskillere og tilstøtende innervegger ved at man får et sammenhengende isolasjonssjikt i hele veggens høyde. Den opprinnelige veggkonstruksjonen blir varmere og tørrere, og dermed reduseres faren for fuktskader. Dette fører riktignok også til at trekonstruksjoner kan krympe noe.

Kledningen/konstruksjonen utenfor det nye isolasjonssjiktet vil nå bli kaldere enn før, uten at man får lagt inn dampspærre på innvendig side om dette ikke finnes. Dette kan føre til fuktproblemer, men laftevegger, reisverksvegger og eldre bindingsverksvegger er så massive i forhold til nyere, lette bindingsverksvegger at det kan fungere godt uten dampspærre også. Dessuten kan ofte eksisterende tettesjikt og kledning på innvendig side i gamle vegger (for



eksempel asfaltpapp, bygningsplater og annen kledning med diverse sjikt av tapet og/eller malingslag) gi en god vanndampmotstand og lufttetthet.

En utvendig etterisolering fører til inngrep i fasaden, noe som kan være spesielt problematisk for eldre bygninger med miljømessig eller antikvarisk verdi. For å unngå uheldige endringer må man ta hensyn til takutstikk, nivåforskjell mellom husvegg og grunnmur og plassering av vindu i forhold til veggliv. Balkonger, terrasser og trapper kan føre til ytterlige komplikasjoner. Å beholde eksisterende vindusplassering i murte vegger frarådes, fordi dette kan gi kuldebroer ved vinduskarmene (BKS 723.312).

#### *Innvendig etterisolering*

Hvis veggens utvendige tilstand er god og man vil unngå fasadeendringer, kan man etterisolere innvendig. Ved innvendig etterisolering må eventuelle dampstette sjikt fjernes før etterisolering. Som regel monterer man en isolert utforing med kledning, eventuelt også med dampsperre. En innvendig isolering fører til at den opprinnelige veggen får lavere minimumstemperatur og dårligere uttørkingsmuligheter. Ved luftlekkasjer eller diffusjon til isolasjonssjiktet, er det fare for kondensasjon mot den kalde konstruksjonen. For eksempel gir innvendig etterisolering av gamle murvegger ofte frostskafer og utvikling av råte i innmurte trebjelker og -sperrer. Dessuten unngår man ikke kuldebroer ved etasjeskillere og tilstøtende innervegger. Kuldebroene medfører lave overflatetemperaturer på golvet nær ytterveggene, noe som også gir risiko for kondensdannelse. I tillegg vil golvplassen bli redusert, og man må flytte faste innredninger og andre installasjoner langs ytterveggene.

#### *Innblåsing*

Hvis konstruksjonen har hulrom av tilstrekkelig tykkelse, er det mulig å blåse eller legge inn isolasjon her. Dette kan også gjøres i kombinasjon med innvendig og utvendig etterisolering. Bindingsverksvegger med hulrom kan egne seg godt til dette. Innblåsing kan gjøres både fra utsiden og innsiden. I slagregnutsatte områder bør det monteres luftet kledning på utsiden for å unngå skader på bindingsverksvegger. Det advares mot å blåse inn isolasjon i reisverksvegger og bak eventuell utvendig kledning på laftede vegger. Reisverksvegger bør bare etterisoleres ved innblåsing dersom det monteres vindsperre og lektes ut ny luftet kledning ytterst (ibid.).

#### *Etterisolering av tak og/eller loft*

For etterisolering av tak eller loft gjelder de samme bygningsfysiske prinsippene som for vegger. Hvordan man utfører etterisolering av loft avhenger av om selve loftsrommet skal være kaldt eller oppvarmet. Har man et kaldt loft i et trehus, vil det ofte være enklest å legge isolasjonen oppå loftsbjelkelaget, men det er også mulig å isolere fra himlingssiden. Når loftsrommet skal være oppvarmet, må isolasjonen legges i selve takplanet. Isolasjonssjiktet kan enten legges utenpå den gamle taktroen, eller mellom taksperrene og åsene.

#### *Etterisolering av gulv og vegger under grunn*

Kjellervegger under terreng er i mange tilfeller utsatt for fuktinnsig eller lekkasjer fra utsiden på grunn av utilstrekkelig utvendig fuktsikring og drenering. Betonggolv, fundamenter og vegger kan få tilførsel av fukt fra grunnen gjennom kapillær oppsuging, på grunn av manglende drenering, kapillærbrytende sjikt og/eller fuktsperre. Golv og vegger kan igjen avgi mye fukt til rommet. En pusset murvegg eller gulv med fuktinnsig får som regel begrensede problemer med vekst av mugg- eller råtesopp. Det er når fukten bygges inne eller at materialer og konstruksjoner plasseres i kontakt med fuktige vegg- og gulvkonstruksjoner at denne typen problemer og skader oppstår. For eksempel er fuktige kjellervegger som er

etterisolert på innsiden med mineralull i bindingsverk av tre risikable, spesielt hvis man har lagt inn dampsperre i tillegg. Fuktigheten vil da sperres inne bak dampsperra og føre til høye nivåer av relativ luftfuktighet inne i veggen, og dampsperra reduserer også den naturlige uttørkingen av konstruksjonen. Tilfarergolv som ligger direkte på fuktige betonggolv kan få tilført fukt nedenfra. Fukten kan føre til at tilfarerne mugner eller råtner mot betonggolvet, at golvbord eller parkett sveller og krummer seg og at vinyl og linoleum blærer. Lite isolasjon i golvet øker dessuten fuktpåkjenningen (BKS 727.113).

Svært mange fuktproblemer i kjelleryttervegger kan unngås ved utvendig etterisolering og fuktsikring. Utvendig isolering eliminerer kondensproblemer ved at den eksisterende veggen blir varmere og tørrere, i tillegg til at man samtidig kan løse problemer knyttet til lekkasjer og drenering. Riktignok medfører dette at man må grave opp på utsiden av kjellerveggen, noe som kan være kostbart og ikke alltid er praktisk gjennomførbart. En isolert påføring på innvendig side vil være den enkleste og billigste løsningen. Om det er problemer med lekkasjer og drenering, og dette ikke er utbedret, bør ikke kjelleren etterisolerers innvendig (ibid.).

Innvendig isolering innebærer uansett en økt risiko for fuktskader fordi den eksisterende ytterveggen vil bli kaldere enn før og dermed mer utsatt for kondens. Risikoen for fukt og skader er størst for materialene nærmest den eksisterende kalde veggen og øker med økende isolasjonstykkelse. Tykkelsen på isolasjonen bør derfor begrenses (til ca. 50 mm på betongvegger og 100 mm på vegger av lettklinker) på vegger under terrengnivå. Det bør også være en luftspalte bak kledningen for å få god utlufting og man bør sørge for at kjelleren har lav luftfuktighet. Det kan også være en fordel å unngå bruk av trevirke og andre organiske materialer, men i stedet for eksempel mure opp en vegg av polyuretanisolert lettklinkerblokk eller bruke isolasjonsplater av ekspandert eller ekstrudert polystyren (ibid.).

For et uisolert betonggolv uten fuktsperre, vil den sikreste løsningen være et nytt golv med fuktsperre og varmeisolasjon. Dette kan være et betonggolv, flytende golv eller tilfarergolv. Om det av hensyn til romhøyden eller andre forhold ikke er mulig med en stor økning i golvtykkelsen, kan det legges et flytende golv på fuktsperre eller et diffusjonsåpent golvbelegg direkte på betonggolvet (ibid.).

For Thingvallgården vil det være aktuelt å se på mulighetene for å isolere kjellergulv mot grunn, etasjeskille mellom kjeller og første etasje, etasjeskille mot kaldt loft samt å prøve ut ulike isolasjonstykkelser på ytterveggene og taket, både utvendig, innvendig og ved innblåsing (for yttervegger).

*Tiltak 5a: Kjellergulv isoleres i boenheter (for å tilfredsstille krav i TEK10).*

Kjellergulv i boenhetene isoleres med 250 mm ekstrudert polystyren. Dette legges under betongpåstøpet. Tiltaket må ses i sammenheng med minimumstiltaket.

*Tiltak 5b: Kjellergulv isoleres i boenheter (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå).*

Kjellergulv i boenhetene isoleres med 350 mm ekstrudert polystyren. Dette legges under betongpåstøpet. Tiltaket må ses i sammenheng med minimumstiltaket.

*Tiltak 5c: Alle kjellergulv isoleres (for å tilfredsstille krav i TEK10).*

Kjellergulv isoleres med 250 mm ekstrudert polystyren. Dette legges under betongpåstøpet i hovedbygningen. Tiltaket må ses i sammenheng med minimumstiltaket. I fløyen forutsetter dette tiltaket at det eksisterende gulvet fjernes og et nytt golv støpes.

*Tiltak 5d: Alle kjellergulv isoleres (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå).*

Kjellergulv isoleres med 350 mm ekstrudert polystyren. Isolasjonen legges under betongpåstøp i hovedbygningen. Tiltaket må ses i sammenheng med minimumstiltaket. I fløyen forutsetter dette tiltaket at det eksisterende gulvet fjernes og et nytt gulv støpes.

*Tiltak 6a: Etasjeskille mellom kjeller og første etasje isoleres over uoppvarmet areale (for å tilfredsstille krav i TEK10).*

Etasjeskille etterisoleres på undersiden med 200mm mineralull. Det må i tillegg monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen. Fordi vi har stilt krav til brannsikkerhet i minimumstiltaket, har vi for etasjeskillene allerede himlet ned med 74mm (50mm isolasjon og to lag med gips). For dette tiltaket forutsetter vi at isolasjonstykkelsen i himlingen endres til 200mm og at gipsplatene monteres på undersiden av dette.

*Tiltak 6b: Etasjeskille mellom kjeller og første etasje isoleres over uoppvarmet areale (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå).*

Etasjeskille etterisoleres på undersiden med 250 mm mineraull. Det må også monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen. For dette tiltaket forutsettes tilsvarende endring i minimumstiltaket som for tiltak 6a, men med endret isolasjonstykkelse til 250mm.

*Tiltak 6c: Etasjeskille mellom kjeller og første etasje isoleres (for å tilfredsstille krav i TEK10).*

Hele etasjeskillet etterisoleres på undersiden med 200 mm mineraull. Det må i tillegg monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen. For dette tiltaket forutsettes tilsvarende endring i minimumstiltaket som for tiltak 6a.

*Tiltak 6d: Etasjeskille mellom kjeller og første etasje isoleres (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå).*

Hele etasjeskillet etterisoleres på undersiden med 250 mm mineraull. Det må også monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen. For dette tiltaket forutsettes tilsvarende endring i minimumstiltaket som for tiltak 6a, men med endret isolasjonstykkelse til 250mm.

*Tiltak 7a: Kjellervegger isoleres under grunn (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå).*

Kjellervegger under grunn isoleres utvendig med 250 mm ekstrudert polystyren. Dette må ses i sammenheng med minimumstiltaket, hvor det forutsettes at grunnen rundt bygningen graves opp for å etablere drenering.

*Tiltak 7b: Kjellervegger isoleres utvendig.*

Kjellervegger isoleres utvendig over grunn med 50 mm ekstrudert polystyren; puss på isolasjon.

*Tiltak 7c: Kjellervegger isoleres utvendig (for å tilfredsstille krav i TEK10).*

Kjellervegger isoleres utvendig over grunn med 200 mm ekstrudert polystyren; puss på isolasjon.

*Tiltak 7d: Kjellervegger isoleres utvendig (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå).*

Kjellervegger isoleres utvendig over grunn med 250 mm ekstrudert polystyren; puss på isolasjon.

*Tiltak 7e: Kjellervegger isoleres innvendig.*

Kjellervegger isoleres innvendig med 100 mm mineralull. Tiltaket kan ses i sammenheng med minimumstiltaket, hvor vi har forutsatt at ytterveggene i kjelleren fores ut innvendig. Det monteres dampspærre på varm side av konstruksjonen.

Et alternativ til å isolere kjellerveggene kunne vært å isolere gulvene mellom kjeller og første etasje for en alternativ løsning der kjelleren ble definert som uoppvarmet (uten leiligheter).

*Tiltak 8a: Etasjeskille mellom mørkeloft og tredje etasje isoleres (for å tilfredsstille krav i TEK10).*

Etasjeskille mellom mørkeloft og tredje etasje isoleres på oversiden med 290 mm mineralull. Det monteres dampspærre på varm side av konstruksjonen. I minimumstiltaket har vi på grunn av krav til brannsikring foret opp over etasjeskillet med 96mm (50mm mineralull, to lag med gips med sponplater over). For dette tiltaket forutsetter vi at isolasjonstykkelsen endres til 290mm.

*Tiltak 8b: Etasjeskille mellom mørkeloft og tredje etasje isoleres (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå).*

Etasjeskillet mellom mørkeloft og tredje etasje isoleres på oversiden med 370 mm mineralull. Det monteres dampspærre på varm side av konstruksjonen. For dette tiltaket forutsettes tilsvarende endring i minimumstiltaket som for tiltak 8a, men med endret isolasjonstykkelse til 370mm.

*Tiltak 8c: Nedhimling mot yttertak og kaldt loft.*

Himling mot yttertak og kaldt loft (i tredje etasje i hovedbygning og i andre etasje i fløyen) isoleres på undersiden med 50 mm mineralull. Fordi vi har stilt krav til brannsikkerhet i minimumstiltaket, har vi for etasjeskillet i fløyen allerede himlet ned med 74mm (50mm isolasjon og to lag med gips). I fløyen trenger man derfor kun å tilleggsisolere takflatene i dette tiltaket. I tredje etasje demonteres kledningen i himlingen. Denne monteres utenpå 12mm gips og 50mm mineralull. Det monteres dampspærre på varm side av konstruksjonen.

*Tiltak 8d: Nedhimling mot yttertak og kaldt loft (for å tilfredsstille krav i TEK10).*

Himling mot yttertak og kaldt loft (i tredje etasje i hovedbygning og i andre etasje i fløyen) isoleres på undersiden med 290 mm mineralull (mot kaldt loft) og 350 mm mineralull (mot yttertak). Fordi vi har stilt krav til brannsikkerhet i minimumstiltaket, har vi for etasjeskillet i fløyen allerede himlet ned med 74mm (50mm isolasjon og to lag med gips). For dette tiltaket forutsetter vi at isolasjonstykkelsen i himlingen endres til 290mm og at gipsplatene monteres på undersiden av dette. I tredje etasje demonteres kledningen i himlingen. Denne monteres utenpå 12mm gips og 290mm mineralull. Det monteres dampspærre på varm side av konstruksjonen.

*Tiltak 8e: Nedhimling mot yttertak og kaldt loft (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå).*

Himling mot yttertak og kaldt loft (i tredje etasje i hovedbygning og i andre etasje i fløyen) isoleres på undersiden med 370 mm mineralull (mot kaldt loft) og 550 mm mineralull (mot yttertak). For dette tiltaket forutsetter vi for fløyen tilsvarende endring i minimumstiltaket som for tiltak 8d, men med endret isolasjonstykkelse til 370mm. I tredje etasje demonteres kledningen i himlingen. Denne monteres utenpå 12mm gips og 370mm mineralull. Det monteres dampspærre på varm side av konstruksjonen.

I Thingvallagårdens oppbygning av mørkeloft og tak i hovedbygningen treffer etasjeskillet



mellom tredje etasje og mørkeloftet et stykke opp på takflaten. Dette har bydd på utfordringer når det kommer til etterisolering. En innvendig etterisolering av takflatene, som for bygninger hvor etasjeskillet mellom boareal og kaldt loft ligger i gesimshøyde hadde vært en god løsning, vil i dette tilfellet føre til at etasjeskillet fungerer som en gjennomgående kuldebro. Vi har derfor ikke undersøkt dette som et separat energieffektiviserende tiltak.

*Tiltak 8f: Tak isoleres utvendig.*

Taket isoleres utvendig med 50mm isolasjon. Dette tiltaket kan ses i sammenheng med minimumstiltaket, hvor det forutsettes at taktekking demonteres og undertak undersøkes før det legges skifer over hele taket.

*Tiltak 8g: Tak isoleres utvendig (for å tilfredsstille krav til TEK10).*

Taket isoleres utvendig med 350mm isolasjon. Dette tiltaket kan ses i sammenheng med minimumstiltaket, hvor det forutsettes at taktekking demonteres og undertak undersøkes før det legges skifer over hele taket.

*Tiltak 8h: Tak isoleres utvendig (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå).*

Taket isoleres utvendig med 550mm isolasjon. Dette tiltaket kan ses i sammenheng med minimumstiltaket, hvor det forutsettes at taktekking demonteres og undertak undersøkes før det legges skifer over hele taket.

*Tiltak 9a: Yttervegger isoleres ved innblåsning.*

Yttervegger direkte tilknyttet leilighetene isoleres ved innblåsning av 58mm (bak ytterkledning) + 30mm (bak innvendig kledning) cellulosefiber.

*Tiltak 9b: Yttervegger og trapperom isoleres innvendig.*

Innvendig kledning (og listverk på yttervegger) demonteres. Veggene fores ut og det legges inn 50 mm mineralull. Kledning og listverk settes deretter på igjen. Veggene mot trapperom har på grunn av brannisolering allerede 98mm isolasjon og påvirkes derfor ikke ytterligere av dette tiltaket.

*Tiltak 9c: Yttervegger og trapperom isoleres innvendig (for å tilfredsstille krav i TEK10).*

Yttervegger isoleres innvendig med 250 mm mineralull. Innvendig kledning demonteres og veggene fores ut. For veggene mot trapperom som allerede er isolert med 98mm isolasjon, forutsetter vi at utføringen og isolasjonstykkelsen endres til 250mm. Det monteres dampspærre på varm side av konstruksjonen.

En innvendig isolering for å tilfredsstille krav i Byggteknisk forskrift, vil kreve isolasjonstykkelser som kan gi bygningsfysiske konsekvenser (dårligere uttørkingmuligheter kan føre til fuktproblemer). Økt tykkelse på innvendig etterisolering vil også gi større kuldebroer i møte mellom yttervegg og etasjeskillere. Samtidig vil isolasjonstykkelsen føre til at innvendig areal begrenses betraktelig. Fordi økte isolasjonstykkelser vil få uønskede bygningsfysiske og funksjonelle konsekvenser, har vi ikke undersøkt innvendig etterisolering med tykkelser som innfrir krav til passivhusnivå.

*Tiltak 9d: Yttervegger isoleres utvendig (minimumsnivå).*

Utvendig kledning demonteres. Veggene fores ut og isoleres utvendig med 50 mm mineralull. På grunn av kledningens tilstand, vil denne ikke tåle en demontering og må derfor erstattes med nytt panel. Vinduer flyttes ut i vegglivet for å opprettholde plassering i forhold til den

utvendige kledningen.

*Tiltak 9e: Yttervegger isoleres utvendig (for å tilfredsstille krav til TEK10).*

Utvendig kledning demonteres. Veggen fores ut og isoleres utvendig med 250 mm mineralull. På grunn av kledningens tilstand, vil ikke denne tåle en demontering og må derfor erstattes med nytt panel. Det monteres dampsperre på varm side av isolasjonen. Vinduer flyttes ut i vegglivet for å opprettholde plassering i forhold til den utvendige kledningen.

*Tiltak 9f: Yttervegger isoleres utvendig (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå).*

Utvendig kledning demonteres. Veggen fores ut og isoleres utvendig med 400 mm mineralull. På grunn av kledningens tilstand, vil ikke denne tåle en demontering og må derfor erstattes med nytt panel. Det monteres dampsperre på varm side av isolasjonen. Vinduer flyttes ut i vegglivet for å opprettholde plassering i forhold til den utvendige kledningen.

## Installasjonsmessige tiltak

### Rom- og tappevannsoppvarming

Romoppvarming kan deles inn i tre typer: Bygningsintegreerte oppvarmingssystemer (gulvvarme, veggvarme, takvarme), direkte varmeangivelse (panelovner, radiatorer, vedovner, pelletsovner, oljekaminer osv.) og luftbåren varme (oppvarming via ventilasjonsanlegget eller luft-til-luft varmepumpe) (Dokka og Hermstad 2006).

Elektrisk oppvarming er den mest vanlige formen for oppvarming i norske husholdninger. I følge SSBs tall fra 2006 sto elektrisitet dette året for 76% av total energibruk fordelt på ulike energibærere i norske husholdninger ([www.ssb.no](http://www.ssb.no)). Byggteknisk forskrift stiller nå krav om at en viss andel av bygningers netto varmebehov (60 % for bygninger over 500m<sup>2</sup> og 40% for mindre bygninger) skal kunne dekkes med andre energiformer enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler.

### *Lokal fyring med biobrensel*

Vedfyring var den nest vanligste oppvarmingskilden i norske husholdninger i 2006. Fyring med ved utgjorde da 16,8% av den totale energibruken. 69% av alle husholdninger hadde vedovn eller peis, men da som et tillegg til elektriske ovner (ibid.).

Rentbrennende ovner som produseres i dag kan ha en virkningsgrad opp mot 90%, mens gamle ovner kan ha en virkningsgrad ned mot 50%. Samtidig kan gamle ovner gi seks ganger så høyt utslipp av svevestøv og avgasser som nye ovner (Grytli 2004). Det er imidlertid utviklet etterbrennere som kan monteres i gamle ovner, slik at man kan oppnå en mer fullstendig forbrenning og som reduserer utslippene med mellom 40-75% ([http://www.ecoxy.no/arkiv/Faktaark/faktaark\\_1\\_1.pdf](http://www.ecoxy.no/arkiv/Faktaark/faktaark_1_1.pdf)). Magasinovner (klebersteinsovner, kakkelovner og bakerovner) er murte ovner med stor masse, ofte mer enn 1000kg, som avgir jevn varme i rommet i flere timer etter at forbrenningen er avsluttet. Det finnes også kaminer som kan fyres med pellets av sagflis, høvelspon eller andre rester fra trebearbeiding.

Eldre ovner og kaminer kan representere viktige kulturminner innenfor norsk skulptur og brukkunst og i den grad det er mulig bør de tas vare på.

I bygningen står det tre ovner og fire kaminer. Vi er usikre på hvor gamle disse er, men vet at ingen av dem er like gamle som bygningen. Vi forutsetter at disse settes i stand.

*Tiltak 10f: Vedfyring.*

Vi forutsetter at vedfyring kan dekke 60% av bygningens romoppvarmingsbehov. Det installeres tre nye vedovner i bygningen, slik at det totalt blir ti vedovner i bygningen, en per boenhet. Elektriske panelovner dekker oppvarmingsbehovet i de kaldeste periodene.

#### *Luft-til-luft varmepumper*

En del av den tilførte energien fra sola lagres i form av lavtemperaturvarme i fjell, jord, luft og vann. Denne varmen kan hentes ut ved hjelp av luft- avtrekksvarmepumper, bergvarmepumper, jordvarmepumper og sjøvannsvarmepumper.

Luft-til-luft varmepumper har i de senere år begynt å få større utstrekning i norske boliger. I 2006 hadde rundt 8% av norske husholdninger varmepumpe. Til sammenligning lå prosentandelen i 2004 på omtrent halvparten ([www.ssb.no](http://www.ssb.no)). Innledningsvis har vi sagt at vi i denne oppgaven ønsker å undersøke aktuelle tiltak som gjennomføres for å energieffektivisere norske bygninger i dag. Vi har her derfor valgt å fokusere kun på denne typen varmepumpe.

En luft-til-luft varmepumpe henter varme fra uteluften og avgir den direkte til inneluften. Varmefaktoren for en slik varmepumpe avtar ved lave temperaturer og effekten blir liten når utetemperaturen nærmer seg -20 grader. Man er derfor avhengig av andre energikilder for å dekke oppvarmingsbehovet i de kaldeste periodene. En luft-til-luft varmepumpe er en punktvarmekilde, og er derfor avhengig av en relativt åpen planløsning for å fungere optimalt (Dokka og Hermstad 2006).

Varmepumpen består av en utedel og en (eller flere) innedel(er) som er knyttet sammen med to rør som arbeidsmediet sirkulerer gjennom. Installasjon av slike varmepumper kan være forholdsvis enkelt og de fysiske inngrepene på bygningskroppen er små. Utedelen bør stå skjermet mot nedbør og vind og plasseres et sted hvor ingen blir forstyrret av støy. Samtidig bør plasseringen vurderes i forhold til eksteriøret.

#### *Tiltak 10c: Luft-til-luft varmepumper installeres.*

I minimumstiltaket er Thingvallagården oppdelt i ti boenheter. Det installeres én luft-til-luft varmepumpe i hver boenhet. Elektriske panelovner dekker oppvarmingsbehovet i de kaldeste periodene.

#### *Sentralvarmeanlegg*

Et sentralvarmeanlegg består som regel av et fyrrom og et varmfordelingssystem. I fyrrommet plasseres utstyr som skal produsere varme, dette kan være *bio*-, gass-, elektro- og/eller oljekjele, varmeveksler for *fjernvarme* eller akkumulatorsystem for varmepumpe og/eller *solvarme*. Olje-, gass- og biokjeler må i utgangspunktet plasseres i tilknytning til en skorstein hvor røykgassen kan føres ut av huset, men for enkelte typer olje- og gasskjeler kan avgassen ledes direkte ut gjennom et rør i veggen (<http://www.energifakta.no/documents/Energi/Energibruk/Oppvarming/Varmefordeling/Sentralvarme.htm>). Varmen fordeles ut i bygningen til radiatorer eller som vannbåren gulvvarme. Systemet kan i enkelte tilfeller også dekke deler av behovet for tappevannsoppvarming (ibid.).

Sentralvarmeanlegg i boliger ble først vanlig på slutten av 1800-tallet i Norge og det ble da som oftest brukt ved, kull eller koks som brensel, men etter andre verdenskrig ble det vanligere bruke olje. Hvis en bygning allerede er utrustet med *bio*-, gass-, elektro- og/eller oljekjel, kan man gjennomføre tiltak som bedrer effekten på kjelen som står der (ved å installere strupeventiler og innregulere varmeanlegget) eller vurdere en utskiftning av kjelen. Det vil da være hensiktsmessig å bytte til en kjel som ikke fyres med fossile brenslere (Grytli

2004).

Hvis det i en bygning allerede finnes et vannbårent distribusjonssystem, er det flere tiltak som kan gjøres for å forbedre effekten av dette, blant annet å tilleggsisolere rørene i fordelingsystemet og installere styringssystemer (motorstyrte shuntventiler og automatikk) som kan regulere vannets temperatur i forhold til utetemperaturen og gi muligheter for natt- og ferienesenking (ibid.).

Å installere et vannbårent varmesystem i eldre hus kan være ganske kostbart og inngrepet er som regel omfattende. Spesielt gulvvarme krever store konstruktive inngrep, men installasjon av radiatorsystemer vil også kreve at man må ta hull i vegger og etasjeskiller for å legge ut rør. Tiltak som krever installasjon av slike systemer bør derfor vurderes i forhold til graden av inngrep de vil føre til i bygningen.

I Thingvallgården har den viktigste oppvarmingskilden vært elektriske panelovner i kombinasjon med lokal vedfyring. Bygningen har altså ikke et eksisterende vannbårent varmesystem. Det vil likevel være interessant å undersøke muligheten for å installere et sentralvarmeanlegg i bygningen.

*Tiltak 10b: Det opprettes et sentralvarmeanlegg med biokjel.*

Det opprettes et sentralvarmeanlegg med biokjel i kjelleren og et radiatorsystem som fordeler varmen ut i bygningen installeres. Topplasten for de kaldeste dagene dekkes av en elkassett som er koblet til sentralvarmeanlegget.

#### *Solvarme*

Man kan utnytte solenergi på flere måter. Solceller omformer solenergi til elektrisitet, mens solvarmesystemer (solfangere) utnytter solas termiske energi (Andresen 2008). Et solfangeranlegg konverterer solstråling til varme som overføres med vann, luft eller andre medier. Varmen kan brukes til tappevann og/eller romoppvarming og overflødig varme kan lagres i et varmelager (en akkumulatortank). Det finnes mange typer solfangere, blant annet plane, vakuumrør-, parabol- og traufornede solfangere (ibid.).

Kombisystemer som både dekker romoppvarming og tappevann kan dekke mellom 30-35% av romoppvarmingsbehovet og rundt 50% av tappevannbehovet (Dokka og Hermstad 2006), men på samme måte som for luft-til-luft varmepumper er det lite solenergi tilgjengelig når behovet for varme til oppvarming er størst. I følge Dokka og Hermstad (2006) er nødvendig solfangerareal rundt 3-6m<sup>2</sup> for å dekke tappevannsoppvarminget og rundt 15-30m<sup>2</sup> for å dekke romoppvarmingsbehovet for en «normal bolig».

*Tiltak 10d: Solkollektorer installeres på taket mot sør over fløyen.*

Vi forutsetter at de kan dekke oppvarming av tappevann og en viss andel av romoppvarming (benyttes til oppvarming av baderom gjennom vannbåren gulvvarme). Resterende energibehov dekkes med elektriske panelovner.

#### *Fjernvarme*

Fjernvarme baseres på en energidistribusjon som foregår ved hjelp av varmtvann som ligger på temperaturer rundt 120 grader (Novakovic et al. 2007). For å knytte en bygning opp til fjernvarme må det være lagt ut fjernvarmenett i området bygningen ligger i. Det forutsetter også at bygningen har et vannbårent varmfordelingssystem. Fordelen med fjernvarme er at det ikke trengs noen fyrkjel i huset, men kun en kundesentral som består av komponenter som



varmeveksler, pumper, ekspansjonskar og ventiler med ulike funksjoner. Kundesentralen tar lite plass og er enkel i drift.

Fjernvarmeforsyningen i Trondheim dekker omtrent 30 % av byens oppvarmingsbehov og produseres ved hjelp av ulike energikilder. Den største andelen kommer fra brenning av avfall (utgjør mellom 70 og 80%). I tillegg brukes bioenergi, varmpumper, deponigass, naturgass (LNG), propan/butangass (LPG), strøm og litt fyringsolje ([http://www.trondheimenergi.no/trondheimenergi\\_fjernvarme/index.asp](http://www.trondheimenergi.no/trondheimenergi_fjernvarme/index.asp)).

Thingvallgården ligger innenfor Trondheim Energis eksisterende konsesjonsområde for fjernvarme og det vil derfor være mulig å koble bygningen på nettet. Trondheim Energi foretar gjerne lønnsomhetsberegninger før de beslutter å tilby fjernvarme til eksisterende bygninger basert på avstanden fra nettet til den aktuelle bygningen, kundens forventede energiforbruk og om det eventuelt er flere andre potensielle kunder i nærheten som kan forsynes fra samme ledning.

*Tiltak 10e: Bygningen kobles opp til fjernvarmenettet.*

Det installeres et radiatorsystem som fordeler varmen ut i bygningen. Fjernvarmen forutsettes å dekke en viss andel av årlig energibehov til rom- og tappevannsoppvarming. Topplasten for de kaldeste dagene dekkes av en elkassett som er plassert i kundesentralen<sup>21</sup>.

#### Ventilasjonsanlegg

I følge SINTEF Byggforsk skal ventilasjonsanlegg i boliger tjene to hovedformål: Ventilasjonsanlegget skal «sikre tilfredsstillende luftkvalitet for brukerne med hensyn til komfort og helse [og] begrense luftfuktigheten innendørs, slik at kondens og fuktskader (muggsopp og råtedannelse) på innvendige overflater og i bygningskonstruksjonene ikke forekommer.» (BKS A 552.301: 1)

Bygninger blir tettere når man etterisolerer og monterer dampsperre eller ny vindsperre. Når bygningen blir tettere, kan behovet for ventilasjon øke, og en tettere bygning kan i verste fall resultere i dårligere inneklima og fare for fuktproblemer.

Eldre bygninger har som regel *naturlig ventilasjon*. Det betyr at frisk, kald luft slipper inn gjennom utettheter i veggene og gjennom åpne ventiler og vinduer. Lufta blir gradvis oppvarmet, stiger opp og strømmer ut gjennom kanaler over tak fra kjøkken, bad og wc eller gjennom pipa (ibid.).

Etter tiltak for å isolere ytterkonstruksjonen vil den naturlige ventilasjonen reduseres. Det kan da være nødvendig å montere klaff- eller spalteventiler i veggen, montere vindusventiler, lufte med vinduer eller montere mekaniske avtrekksvifter.

*Mekanisk avtrekksventilasjon* fungerer på samme måte som naturlig ventilasjon, men regulerer luftmengden ved hjelp av avtrekksvifter. Dette gir større kontroll over luftmengden, koster lite og krever lite vedlikehold. Det vil også være med på å tørke ut konstruksjonen der luften strømmer inn i bygningen, og reduserer faren for at varm inneluft skal sige ut gjennom konstruksjonen. Ulempen er at tilført luft ikke blir rensert/filtrert og at varmen ikke gjenvinnes. Det er også fare for kondensering i konstruksjonen (ibid.).

---

21 I ettertid har vi riktignok funnet ut at det er mulig å dekke alt av bygningens energibehov til rom- og tappevannsoppvarming med fjernvarme, men i de videre beregningene er det dette vi har tatt utgangspunkt i.

Et *balansert ventilasjonsanlegg* består av et viftesystem med tur- og returkanaler som leverer frisk, rensert luft og trekker ut brukt luft. I slike anlegg kan man nyttiggjøre varmeinnholdet i avtrekksluften ved å installere varmegjennvinnere som overfører varmen til tilluften. I Byggeteknisk forskrift (TEK10) stilles det krav om at årgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjennvinnere i ventilasjonsanlegg skal ligge på 70% eller mer.

Mekanisk ventilasjon vil *kun* representere et energieffektiviserende tiltak dersom det kombineres med en varmegjenvinner og man har fullstendig kontroll over tilført og avkastet luft. Dette krever at bygningen er tett.

I et balansert ventilasjonsanlegg blir partikler fra luften blir filtrert. Anlegget vil være avhengig av strømtilførsel, det krever vedlikehold og filterskifte, er relativt kostbart i tillegg til at tilluft- og avtrekkskanaler kan være svært plasskrevende.

I minimumstiltaket har vi forutsatt at det installeres mekanisk avtrekksventilasjon fra kjøkken og badet. Ved etterisolering til kravnivå i TEK10 og til passivhusnivå vil imidlertid bygningen bli så tett at det blir behov for å installere et balansert ventilasjonsanlegg. Dette vil ikke bli aktuelt for enkelttiltakene, men først når de ulike tiltakene kombineres i pakkelsninger.

## Tiltakspakker

Etter at vi hadde beregnet energibruk og gjennomført livsløpsvurdering for de ulike tiltakene, satte vi sammen tre pakkelsninger, en med relativt skånsomme tiltak (pakkelsning 1), en med de tiltakene som forholdt seg til kravnivå i TEK10 (pakkelsning 2) og en med tiltakene som forholdt seg til kravnivåer for passivhusstandard (pakkelsning 3).

### Pakkelsning 1

Pakkelsningen er en kombinasjon av tiltak 1, 2, 3a, 5a, 7a, 7b, 8f og 9b.

Vi kombinerer altså:

- Tetting av luftlekkasjer
- Montering av nytt vindsperresjikt innvendig
- Utskifting av vinduer (til vinduer med U-verdi (1,20W/m<sup>2</sup>))
- Isolering av kjellergulv i sone 0.1 (leilighetene)
- Utvendig isolering av kjellervegger under grunn (250mm)
- Utvendig isolering av kjellervegger (50mm)
- Utvendig isolering av tak (50mm)
- Innvendig etterisolering av vegger (50mm)

### Pakkelsning 2 (kravnivå i TEK10)

Pakkelsningen er en kombinasjon av tiltak 1, 2, 3a, 4a, 5c, 7a, 7b, 8g og 9e.

Vi kombinerer altså:

- Tetting av luftlekkasjer
- Montering av nytt vindsperresjikt utvendig
- Utskifting av vinduer (til vinduer med U-verdi (1,20W/m<sup>2</sup>))
- Utskifting av ytterdører og dører som går inn til boenheter (til U-verdi 1,20W/m<sup>2</sup>)
- Isolering av kjellergulv i sone 0.1, 0.2 og 0.3.
- Utvendig isolering av kjellervegger under grunn (250mm)
- Utvendig isolering av kjellervegger (200mm)

- Utvendig isolering av tak (350mm)
- Utvendig etterisolering av vegger (250mm)

#### Pakkeløsning 3 (Passivhusnivå)

Pakkeløsningen er en kombinasjon av tiltak 1, 2, 3b, 4c, 4d, 5d, 7a, 7d, 8h og 9f. I tillegg skiftes ytterdører og innvendige dører tilknyttet boenheter ut med dører med U-verdi 0,80W/m<sup>2</sup>. Dette gjelder alle dører beskrevet for tiltak 4a og 4b, totalt ti ytterdører og ni innvendige dører. Denne U-verdien ved utskiftning er ikke undersøkt som et eget tiltak.

Vi kombinerer altså:

- Tetting av luftlekkasjer
- Montering av nytt vindsperresjikt utvendig
- Utskifting av vinduer (til vinduer med U-verdi (0,80W/m<sup>2</sup>))
- Utskifting av ytterdører og dører som går inn til boenheter (til U-verdi 0,80W/m<sup>2</sup>)
- Isolering av kjellergulv i sone 0.1, 0.2 og 0.3.
- Utvendig isolering av kjellervegger under grunn (250mm)
- Utvendig isolering av kjellervegger (Passiv mm)
- Utvendig isolering av tak (Passiv mm)
- Utvendig etterisolering av vegger (Passiv mm)

Etter å ha sammenlignet resultatene for disse pakkene, valgte vi å undersøke ulike variasjoner basert på pakkeløsning 1.

#### Pakkeløsning 4

Her er den eneste forandringen som er lagt inn U-verdiene for vinduene; I stedet for å sette inn vinduer med U-verdier på 1,2W/m<sup>2</sup> undersøker vi her energisparepotensialet ved å skifte til lavenergivinduer med U-verdier på 0,8W/m<sup>2</sup>. I pakkeløsningen kombineres altså tiltak 1, 2, 3b, 5a, 7a, 7b, 8f, 9b og 10d.

Vi kombinerer altså:

- Tetting av luftlekkasjer
- Montering av nytt vindsperresjikt innvendig
- *Utskifting av vinduer (til vinduer med U-verdi (0,80W/m<sup>2</sup>))*
- Isolering av kjellergulv i sone 0.1 (leilighetene)
- Utvendig isolering av kjellervegger under grunn (250mm).
- Utvendig isolering av kjellervegger (50mm)
- Utvendig isolering av tak (50mm)
- Innvendig etterisolering av vegger (50mm)

#### Pakkeløsning 5

Her har vi i tillegg til tiltakene i pakkeløsning 1 himlet ned mot kaldt loft med 50mm mineralull. I pakkeløsningen kombineres altså tiltak 1, 2, 3a, 5a, 7a, 7b, 8c, 8f, 9b og 10d.

Vi kombinerer altså:

- Tetting av luftlekkasjer
- Montering av nytt vindsperresjikt innvendig
- Utskifting av vinduer (til vinduer med U-verdi (1,20))
- Isolering av kjellergulv i sone 0.1 (leilighetene)
- Utvendig isolering av kjellervegger under grunn (250mm).
- Utvendig isolering av kjellervegger (50mm)

- *Nedhimling mot kaldt loft (50mm)*
- *Utvendig isolering av tak (50mm)*
- *Innvendig etterisolering av vegger (50mm)*

#### Pakkeløsning 6

Vi har her lagt inn verdier for 100mm utvendig isolering av taket. Denne isoleringstykkelsen er ikke undersøkt som et eget tiltak.

Vi kombinerer altså:

- *Tetting av luftlekkasjer*
- *Montering av nytt vindsperresjikt innvendig*
- *Utskifting av vinduer (til vinduer med U-verdi (1,20))*
- *Isolering av kjellergulv i sone 0.1 (leilighetene)*
- *Utvendig isolering av kjellervegger under grunn (250mm).*
- *Utvendig isolering av kjellervegger (50mm)*
- *Utvendig isolering av tak (100mm)*
- *Innvendig etterisolering av vegger (50mm)*

#### Pakkeløsning 7

I denne pakkeløsningen kombineres tiltak 1, 2, 5a, 7a, 7b, 8f og 9b. I tillegg har vi forutsatt at det monteres varevindu på innsiden av åtte av de ni opprinnelige kjellervinduene<sup>22</sup>. Resterende vinduer skiftes ut og erstattes med vinduer med U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup> og verandadørene erstattes med dører med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup>. Vi legger også inn 50mm isolasjon på innsiden av taket. Grunnen til at dette ikke ble undersøkt som et separat tiltak var at det ville være lite hensiktsmessig å isolere en takkonstruksjon som den vi har i Thingvallagården innvendig med tanke på at etasjeskillet mot kaldt loft da vil bli en stor, gjennomgående kuldebro. Ved å kombinere innvendig og utvendig isolasjon, vil denne kuldebroeffekten begrenses.

Her kombineres altså:

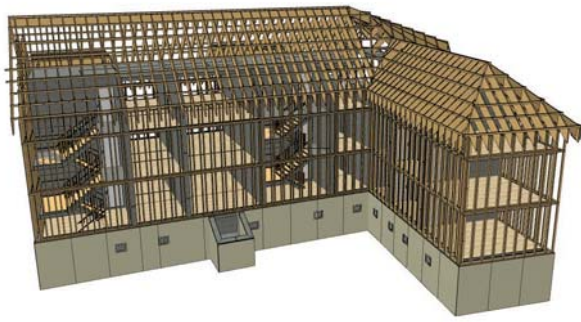
- *Tetting av luftlekkasjer*
- *Montering av nytt vindsperresjikt innvendig*
- *Utskifting av vinduer (til vinduer med U-verdi (0,80W/m<sup>2</sup>)). For opprinnelige kjellervinduer monteres varevindu på innsiden (U-verdi 1,7W/m<sup>2</sup>)*
- *Isolering av kjellergulv i sone 0.1 (leilighetene)*
- *Utvendig isolering av kjellervegger under grunn (250mm).*
- *Utvendig isolering av kjellervegger (50mm)*
- *Utvendig isolering av tak (50mm)*
- *Innvendig isolering av tak (50mm)*
- *Innvendig etterisolering av vegger (50mm)*

## Nybygg i passivhusstandard

En del av oppgaven vår går på å undersøke hvorvidt gjenbruk av Thingvallagården vil være god ressursforvaltning/miljøtenkning sammenlignet med det å bygge nytt. For å kunne si noe om dette trenger vi et scenario der bygningen *ikke* gjenbrukes. Man kunne her valgt å utforme

<sup>22</sup> Det siste av vinduene, som ligger tilknyttet baderommet mot nord, er i så dårlig forfatning at det forutsettes skiftet ut i minimumstiltaket.





3D-modell av nybygget.

nybygget etter ønske om å gjøre en *generell sammenligning* av gjenbruk og konvensjonell bygging, hvor utformingen av nybygget ikke er styrt av miljøhensyn (i første rekke), men siden vi i denne oppgaven fokuserer på energieffektivisering har vi valgt å utforme nybygget som et passivhus. Slik kan vi sammenligne gjenbruk med et *optimalisert alternativ* hvor nybygget er utformet for å prestere så godt som mulig miljømessig.

#### Utforming av nybygget

Selv om det å undersøke muligheten for tilpasning av et passivhus i en slik kontekst hadde vært en interessant oppgave, faller dette utenfor rammene i denne oppgaven. Vi har derfor ikke lagt vekt på å utforme nybygget i arkitektonisk henseende. Utformingen av nybygget er først og fremst styrt av at bygningen skal være sammenlignbar med Thingvallagården med tanke på livsløpsvurderingene (Se *Funksjonell enhet* i kapittel 7 *Livsløpsvurderinger*). I tillegg har vi valgt å forholde oss til kommunedelplanen for området som stiller krav om at nye bygninger i området skal utformes i samspill med områdets stedskarakter og at nybygg innenfor områder definert som antikvariske bevaringsområder skal tilpasses området i form, materialbruk og fargevalg (Trondheim kommune 1999) (For mer informasjon om kommunedelplanens målsettinger, se kapittel 1 *Litteratur- og arkiv søk*).

Ut over dette har nybygget blitt prosjektert etter dagens krav.

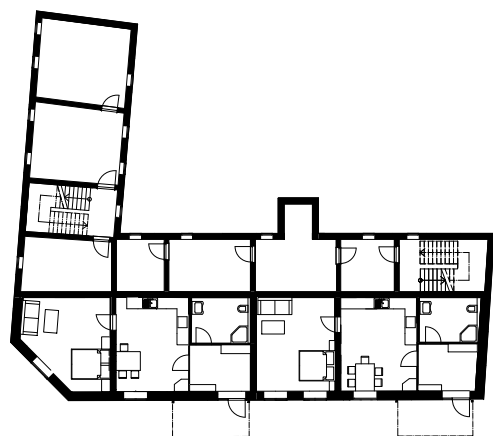
For å bestemme hvordan nybygget bygges opp og hvilket energibehov det vil ha, har vi valgt å ta utgangspunkt i et referanseprosjekt: Passivhusene i Løvåshagen Borettslag. Bygningene ble ferdigstilt i slutten av 2008 og ligger i Fyllingsdalen utenfor Bergen. Komplekset består av til sammen 80 enheter, hvorav 52 er lavenergiboliger og 28 er bygget som passivhus (Enova 2008)

Det er naturligvis ikke uproblematisk å benytte seg av et referanseprosjekt: Boligene i Løvåshagen, som i størrelse lar seg sammenligne med boenheter i minimumstiltaket, være spesialdesignet til sitt formål, mens mange avgjørende faktorer allerede er bestemt for nybygget vi setter opp (som del av den *funksjonelle enheten*). Når vi likevel har valgt å bruke Løvåshagen som referanseprosjekt, er dette fordi det utvendig har samme materialitet som Thingvallagården, det er bygget opp ved bruk av vanlige byggematerialer (dobbel bindingssverk i yttervegg og betong i dekker og skillevegger). I tillegg var informasjon om energibehov, oppbygging av konstruksjon, U-verdier og kuldebroer tilgjengelig.

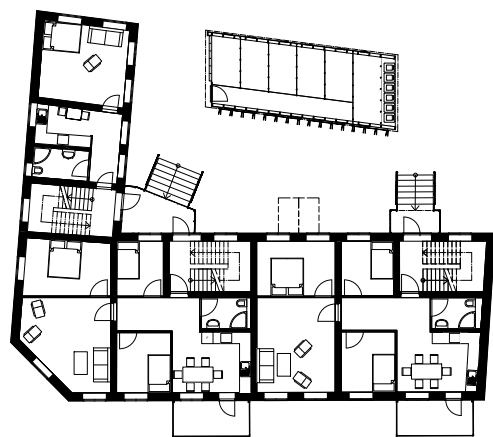
#### Oppbygging av nybygget

Ved oppbyggingen av nybygget brukte vi samme fremgangsmåte som for Thingvallagården; Bygningen ble bygget opp i studentversjonen av Archicad 13, og inkluderte alle enkeltelementene i konstruksjonen. Vi har også jobbet med den innvendige strukturen og forsøkt å plassere omtrent like mange boenheter i nybygget ved å bruke et tilnærmet likt oppsett for nybygget som i Thingvallagården.

Siden formålet med prosjekteringen av nybygget utelukkende har vært at det skal være et hjelpemiddel for de videre undersøkelsene, har vår tilnærming vært svært pragmatisk. For materiallistene hadde det blant annet ikke noe å si hvor i fasaden vinduer ble plassert; Kun mengden og størrelsen var avgjørende.



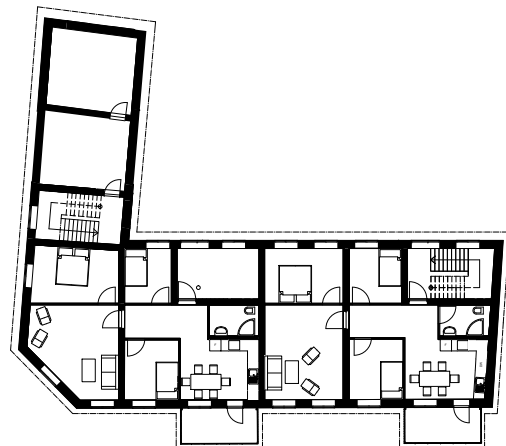
Kjeller i målestokk 1:400



Første etasje i målestokk 1:400



Andre etasje i målestokk 1:400



Tredje etasje i målestokk 1:400

## Bestanddelar i nybygget

Yttertak mot varme rom (fra ytterst til innerst):

1mm papp,  
18mm sutakplater,  
73x48mm lekt,  
Vindfolie,  
3mm vindplate,  
500mm i-bjelker og isolasjon,  
Diffusjonssperre  
og 13mm gipsplater.  
U-verdi = 0,08 W/(m<sup>2</sup>K)

Yttervegger over kjellerplan (fra ytterst til innerst):

13mm gips (med fuge mot himling)  
1mm diffusjonssperre  
98x48mm bindingsverk med 100mm isolasjon  
150mm isolasjon med 150x48mm forbindelse  
mellom bindingsverk  
98x48mm bindingsverk med 100mm isolasjon  
9mm GU-X (gipsplate)  
Vindfolie  
30mm lekt  
19mm ytterpanel  
Dobbeltveggkonstruksjon med U-verdi mellom  
0,10 til 0,12 W/(m<sup>2</sup>K)

Yttervegger i kjellerplan (fra ytterst til innerst):

U-verdi = 0,12 W/(m<sup>2</sup>K)  
I oppvarmede rom, (fra innerst til ytterst):  
13mm gipsplater  
30x30mm lekt  
diffusjonssperre  
300mm isolasjonsbetong  
100 isolasjon  
armert puss

I uoppvarmede rom, fra innerst til ytterst:

10mm puss  
300mm isolasjonsbetong  
10mm puss  
-forutsetter drenering og fuktsperre på utsiden

Bærende indre vegger

250mm bærende betong  
50mm isolasjon  
13mm gipsplater

Lettvegger

86mm:  
18mm gipsplater  
48x48 stender med 50mm isolasjon  
18mm gipsplater

186mm:

18mm gipsplater  
150x48 stender med 150mm isolasjon  
18mm gipsplater

Gulv mot grunn i oppvarmede rom

"Plate på mark" øverst til nederst med u-verdi 0,08  
W/(m<sup>2</sup>K):  
70mm betong  
Plastfolie  
350mm trykkfast mineralull  
550mm kult

Gulv mot grunn i uoppvarmede rom

"Plate på mark" øverst til nederst  
100mm betong  
550mm kult

Etasjeskillere mot kald kjeller

Øverst til nederst med u-verdi 0,08 W/(m<sup>2</sup>K):  
15mm parkett  
22mm sponplate  
Tilfarergulv med 200x48mm tilfarere og 200mm  
isolasjon  
200mm betongdekke  
Tilfarergulv med 200x48mm tilfarere og 200mm  
isolasjon  
18mm gipsplater

Etasjeskillere

Dekker i plasstøpt betong, øverst til nederst:

15mm parkett  
15mm trinnlydplate  
200betongdekke  
50mm isolasjon med lydøyde og 30x48mm  
himlingslekt  
13mm gipsplate  
13mm gipsplate

Vinduer

3-lags vinduer med argongass, 2 lave E-belegg,  
Superspacer (isolerte avstandslister). Isolert karm  
og ramme.  
U-verdi = 0,7-0,8 W/(m<sup>2</sup>K)

Dører

U-verdi = 1,0 W/(m<sup>2</sup>K)

Tetthet

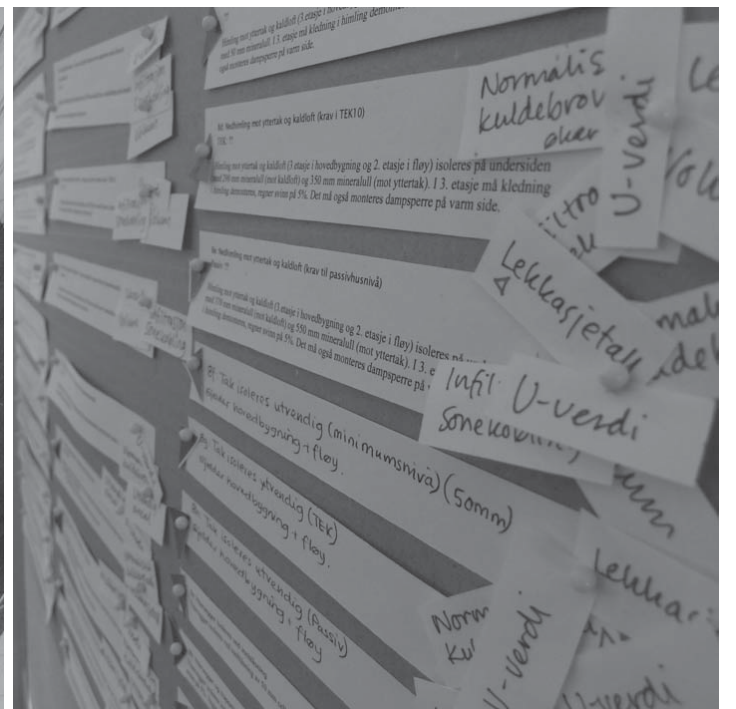
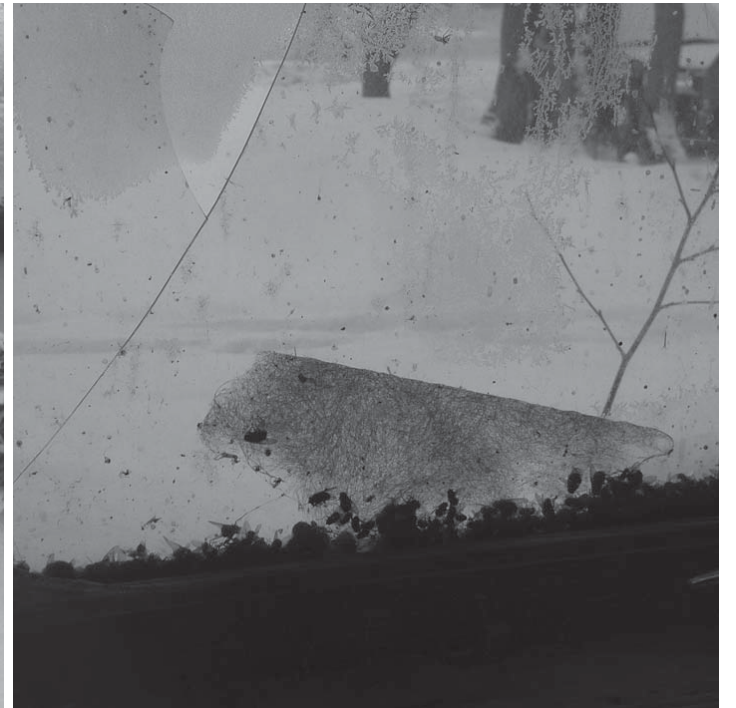
Kontinuerlig vindsperresjikt gir et lekkasjetall på  
N50 < 0,6 h<sup>-1</sup>

Kuldebroer

ψ" < 0,015







## Kapittel 6 Energiberegninger





For å kunne gjennomføre en livsløpsvurdering av minimumstiltaket og de energieffektiviserende tiltakene måtte vi beregne bygningens behov for tilført energi for hvert enkelt tiltak. Ved å beregne energibehovet for hvert enkelt energieffektiviserende tiltak separat ville vi kunne si noe om hvor store besparelser i tilført energi hvert tiltak ville gi.

Resultatene fra simuleringene er drøftet i kapittel 8 *Drøfting og anbefalinger*. Årsrapporter for de ulike tiltakene og pakkeløsningene er samlet i et eget hefte (Vedlegg 9).

Metoden vi har brukt for å bestemme tall for energibruk i det prosjekterte nybygget i passivhusstandard er beskrevet i slutten av dette kapitlet.

## Valg av beregningsmetode

Bygningers energibehov kan beregnes ved å bruke ulike metoder:

- *Empiriske metoder* har ofte lav detaljeringsgrad i forhold til de matematiske verktøy som brukes, antall parametre som beregnes og til tidsoppløsning (et år, en oppvarmingsperiode eller måneder)
- *Stasjonære metoder* er noe mer detaljerte. Tidsoppløsning kan her settes til måned (månedssasjonær beregningsmetode), eventuelt også til uke eller døgn.
- *Dynamiske metoder* er mer nøyaktige i forhold til matematisk modellering av varme- og masseutveksling, antall beregnede parametre og til tidsoppløsningen som her settes til døgn, time, eller til minutter og sekunder. (Novakovic et.al. 2007)

En bygnings varmebalanse er et dynamisk samspill mellom mange fenomener. Disse kan deles inn i de tre hovedgruppene *varmetap*, *varmetilførsel* og *varmelagring*.

*Varmetapet* bestemmes av faktorer som:

- transmisjon gjennom omhyllingsflatene (påvirkes av bygningsdelers U-verdi og av bygningens form),
- infiltrasjon/luftlekkasjer (påvirkes av bygningsdelenes lufttetthet),
- ventilasjon (avhengig av ventilasjonskrav og -system, varmegjenvinning og styring) og
- varmetap med avløpsvann (avhengig av varmtvannsforbruket).

*Varmetilskuddet* tilføres fra:

- lys og utstyr (avhengig av utstyrsmengde og effektivitet),
- personer (påvirkes av antall personer og type aktivitet),
- solinnstråling (påvirkes av orientering og avskjerming),
- rom- og vannoppvarmingsanlegg (påvirkes av systemvalg og styring).

*Varmelagring* i bygningsdeler og inventar bestemmes av overflaten og varmekapasiteten til disse (Novakovic et.al. 2007).

Vi har valgt å gjøre våre energiberegninger ved hjelp av programmet *SIMIEN* (SIMulering av Inneklimate og ENergibruk i bygninger), versjon 4.505. SIMIEN er et beregningsverktøy utviklet av ProgramByggerne ANS og bygger på den dynamiske beregningsmetoden beskrevet i NS 3031: 2007 *Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data*. Programmet er norsk og inneholder en database med typiske bygningskonstruksjoner og nasjonale klimadata (<http://www.programbyggerne.no/SIMIEN/introduksjon>).

I SIMIEN kan man gjennomføre dynamiske simuleringer av tilstanden i bygninger. Tilstanden beregnes med intervaller på 15 minutter hvor påtrykk fra klima (temperatur, sol, vind, luftfuktighet og CO<sub>2</sub>-nivå) og internlast (belysning, teknisk utstyr, vannoppvarming og personer) brukes for å beregne endringer av tilstanden i bygningen fra et tidspunkt til det neste. Det tas også hensyn til varmelagring og varmeavgivelse fra bygningskroppen. Man kan gjøre simuleringer for et helt kalenderår hvor netto energibruk<sup>1</sup> (energibehov) og levert energi<sup>2</sup> til bygningen beregnes. Programmet kan også brukes for å evaluere bygningskropp og energibruk mot byggeforskriftene og/eller til validering av inneklimate og dimensjonering av oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling (ibid.). I nyere versjoner kan man også beregne hvilken energiattest bygningen vil få etter reglene i energimerkordningen. Dette har ikke vært mulig i versjonen vi har brukt.

1 Med netto energibehov menes «bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden» (NS 3031: 2007: 8).  
2 Levert energi er «summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes» (NS 3031: 2007: 8).

Når man oppretter et prosjekt i SIMIEN må man først velge klimasted for bygningen og legge inn prosjektdata og bygningskategori (valg av bygningskategori påvirker standardverdier for en rekke inndata). Deretter bestemmes energikilder (elektrisitet, olje, gass, fjernvarme, biobrensel, varmepumpe, sol og/eller andre), data for energikildene (systemvirkningsgrad oppvarming, systemeffektfaktor kjøling, energipris og CO<sub>2</sub>-utslipp) og dekningsprosent av årlig energibehov (til romoppvarming, oppvarming av tappevann, varme- og kjølebatterier ventilasjon, lokal kjøling og elektrisk spesifikk energibruk til belysning, utstyr, vifter og pumper).

Man kan, basert på hva man skal undersøke, velge å simulere et enkelt rom, en definert sone (for eksempel en etasje) eller et helt bygg. Ved simuleringer som inkluderer en hel bygning er det som oftest tilstrekkelig å simulere hele bygningen som *en* sone dersom hele bygningen rommer samme funksjon (en bygningskategori). NS 3031 gir imidlertid noen unntak fra dette. Dersom ulike tekniske installasjonssystemer betjener forskjellige deler av bygningen, det er betydelig forskjell på interne varmetilskudd i ulike deler av bygningen og/eller det er store forskjeller på soltilskudd i ulike deler av bygningen, bør den deles opp i soner etter dette. Også i de tilfeller hvor ulike deler av bygningen har ulike ventilasjons-, oppvarmings- og/eller kjølesystemer med ulik effektivitet, ytelse eller karakteristikk kan det være fornuftig å dele bygningen i flere soner (ibid.).

I programmet defineres bygningen som skal simuleres i inputark for ulike temaer:

*Rom/sone*: Et eller flere rom i bygningen

*Fasade*: Yttervegg (kan inneholde vinduer og dører)

*Tak*: Yttertak (mot friluft)

*Kjellerelement*: Vegger og gulv under bakkenivå

*Gulv (gulv på grunn)*: Gulv (mot friluft, på grunn eller mot uoppvarmet sone)

*Skillekonstruksjon*: Skillevegger/etasjeskillere mot sone som ikke er med i simuleringen

*Sonekobling*: Vegg, gulv eller tak mot sone som er med i simuleringen

*Ytterdør(er)*: En eller flere like ytterdører (ligger alltid i en fasade)

*Vinduer*: Et eller flere like vinduer (ligger alltid i en fasade)

*CAV ventilasjon*: Ventilasjon med konstant luftmengde i driftstiden

*VAV ventilasjon*: Ventilasjon med variabel luftmengde i driftstiden

*Vinduslufting*: Luftskifte gjennom åpninger i klimaskjermen

*Internlaster*: Belysning, teknisk utstyr, personer og oppvarming av tappevann

*Oppvarming*: Romoppvarming (ikke oppvarming av ventilasjonsluft)

*Lokal kjøling*: Romkjøling (ikke kjøling av ventilasjonsluft)

(<http://www.programbyggerne.no/SIMIEN/introduksjon>)

For hver sone legges det inn verdier for infiltrasjon (lekkasjetall ved 50Pa), skjermingsklasse (ingen, moderat eller høy skjerming), fasadesituasjon (antall vindutsatte fasader), varmekapasiteten til møbler og innredning, antall driftsdager og konstruksjonens kuldebroverdi. For hver enkelt sone legges det deretter inn vegger (fasader, skillekonstruksjoner og/eller sonetekoblinger), tak og gulv (kjeller og gulv under bakkenivå, gulv på grunn, skillekonstruksjoner og/eller sonetekoblinger). Ytterdører og vinduer legges inn for hver fasade.

I tillegg må ventilasjonsanlegg, internlaster (fra belysning, teknisk utstyr, personer og vannoppvarming) og oppvarmings- og eventuelt kjøleanlegg beskrives (ibid.).

## Soneinndeling og inndata; Minimumstiltak

Med bakgrunn i at forskjellige deler av bygningen ville ha ulike ventilasjons- og oppvarmingssystemer og ulikt internt varmestilskudd valgte vi å dele bygningen i ti soner:

- Sone 0.1: To leiligheter i kjeller. Settpunkttemperatur 21 grader.
- Sone 0.2: Vaskerom og teknisk rom i kjeller. Settpunkttemperatur 5 grader.
- Sone 0.3: Boder og teknisk rom i kjeller. Settpunkttemperatur 5 grader.
- Sone 1.1: Leiligheter i første og andre etasje i fløyen. Settpunkttemperatur 21 grader.
- Sone 1.2: Leiligheter i første, andre og tredje etasje. Settpunkttemperatur 21 grader.
- Sone 1.3: Trapperom over tre etasjer. Uoppvarmet areal.
- Sone 1.4: Trapperom over tre etasjer. Uoppvarmet areal.
- Sone 1.5: Trapperom over tre etasjer. Uoppvarmet areal.
- Sone 1.6: Tredje etasje (kvisten) i fløyen. Uoppvarmet areal.
- Sone 1.7: Mørkeloft. Uoppvarmet areal.

Kjellerrommene ble definert som oppvarmede soner med settpunkttemperatur 5 grader fordi de inneholder varmtvannsberedere og diverse rørføringer og derfor bør holdes frostfrie. Trapperommene ble definert som egne soner fordi de lå mellom (trapperom 1) eller inntil (trapperom 2 og 3) soner som var inkludert i beregningene. Ved å definere veggene og dørene mellom trapperom og leiligheter som del av en *sonekobling*, ville vi ha større muligheter for å regne på U-verdien til de ulike delene. Dette var spesielt viktig for Sone 1.6 og 1.7, som inkluderte de fleste av bygningens takflater.

Vi har videre beskrevet de ulike temaene (soner, fasader, vinduer osv.) man kan velge i SIMIEN for å forklare hvordan vi har funnet fram til innverdiene vi har lagt inn i vår modell<sup>3</sup>. For usikre faktorer (spesielt gjelder dette lekkasjetall og normalisert kuldebroverdi) har vi gjennomført sensitivitets-beregninger hvor vi har testet maksimal- og minimalverdier for inndataene. På den måten har vi kunnet fange opp noen av usikkerhetene som er knyttet til valg av de ulike dataene.

Arbeidet med å legge inn data for minimumstiltaket har vært en iterativ prosess, hvor soneinndeling og inndata har blitt forandret etter hvert som vi fikk kjennskap til programmet. Resultatene fra sensitivitetsberegningene vi har gjennomført er derfor ikke alltid direkte sammenlignbare med de endelige simuleringene.

### Inndata for soner

*Størrelse:* Utrekning av arealer og volumer ble gjort i henhold til NS 3940 *Areal- og volumberegning av bygninger* ved å bruke måleverktøy på plan- og snittegninger i studentversjonen av AutoCad Architecture 2010. Her har vi for noen soner valgt å gjøre enkelte forenklinger, eksempelvis ved utregning av arealer og volumer for trapperommene som går over tre etasjer hvor vi har tatt utgangspunkt i at veggene som grenser inn mot leilighetene står direkte over hverandre (ved utregning av arealer og volumer). I sone 1.7 er høyden aldri over 1,9m, hvilket betyr at vi for denne sonen ikke kan regne med gulvets areale. Arealet for denne sonen er satt til 0,01m<sup>2</sup> for å forhindre feilmeldinger i programmet.

<sup>3</sup> Det har ikke vært nødvendig å legge inn verdier for temaene *gulv (gulv på grunn)*, *VAV ventilasjon* (ventilasjon med variable luftmengder) og *lokal kjøling* i vår modell.



## Infiltrasjon

*Luftskifte ved 50Pa:* Med infiltrasjon menes luftskifte grunnet utettheter i klimaskjermen. Lekkasjetallet, som er et standard mål for bygningstetthet, defineres som antall luftskifter per time med en trykkforskjell på 50 Pa over klimaskjermen (NS 3031: 2007).

Å bestemme et lekkasjetall for Thingvallagårdens konstruksjon har vært en utfordring. Vi har vært i kontakt med representanter fra blant annet SINTEF Byggforsk, Multiconsult og NTNU, men ingen kunne gi et klart svar på hvor høyt lekkasjetallet for en reisverkskonstruksjon som den i Thingvallagården ville ligge: Det ble antydnet alt fra  $3,00\text{h}^{-1}$  til  $7,00\text{h}^{-1}$ . Thor-Oskar Relander, stipendiat ved Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU, jobber med lufttetthet og lekkasjepunkter i norske trehus. Han mente at denne typen konstruksjon sannsynligvis ville ha et lekkasjetall på over  $6,00\text{h}^{-1}$ .

Vi gjennomførte sensitivitetmålinger hvor vi testet minimal- og maksimalverdi for lekkasjetallet ut i fra de opplysninger vi hadde fått. Vi har her valgt å sette lekkasjetall  $3,00\text{h}^{-1}$  som minimalnivå, siden det er lite trolig at lekkasjetallet for Thingvallagården er lavere enn dette.

I en årssimulering<sup>4</sup> med lekkasjetall på  $3,00\text{h}^{-1}$  ble totalt netto (spesifikt) energibehov  $306,5\text{kWh/m}^2$ . Romoppvarming sto for 81,4% av bygningens årlige energibudsjett og i bygningens varmetapsbudsjett utgjorde varmetap tak 42,9%, varmetap gulv 1,7%, varmetap vinduer/dører 19,6%, varmetap yttervegger 18,2%, varmetap ventilasjon 13,5%, varmetap infiltrasjon 1,7% og varmetap kuldebroer 2,4%.

Til sammenligning ble totalt netto (spesifikt) energibehov  $326,9\text{kWh/m}^2$  ved simulering med et lekkasjetall på  $7,00\text{h}^{-1}$ , mens romoppvarming nå sto for 82,6% av årlig energibudsjett. I bygningens varmetapsbudsjett utgjorde varmetap tak 40,6%, varmetap gulv 1,6%, varmetap vinduer/dører 18,5%, varmetap yttervegger 17,2%, varmetap ventilasjon 12,7%, varmetap infiltrasjon 7,0% og varmetap kuldebroer 2,3%.

Det var ikke overraskende at valg av lekkasjetall ga relativt store utslag for bygningens energibehov og at varmetapet som følge av infiltrasjon utgjorde en større prosentandel av bygningens varmetap.

Thingvallagården er oppført i reisverk, som i utgangspunktet er en utett konstruksjon. Siden vi i minimumstiltaket ikke har gjort noen tiltak for å tette infiltrasjonstap i bygningen, har vi i våre beregninger valgt å sette lekkasjetallet til høyeste anslåtte verdi;  $7,00\text{h}^{-1}$ .

*Skjermingsklasse:* Her kan man i programmet hake av for ingen (bygninger i åpent landskap, høyblokker i bysentre), moderat (bygninger på landet med trær eller andre bygninger rundt) eller høy skjerming (bygninger av middels høyde i bysentre, bygninger i skogsområder). Vi har valgt moderat skjerming for alle soner.

*Fasadesituasjon:* Her skal man angi hvorvidt bygningen har én eller mer enn en vindutsatt fasade. For de fleste soner i minimumstiltaket har vi valgt *mer enn en* vindutsatt fasade.

*Luftskifte ved normaltilstand:* Programmet beregner luftskifte ved normaltilstand som infiltrasjon [oms/h] ut i fra lekkasjetall, skjermingsklasse og fasadesituasjon.

<sup>4</sup> Årssimuleringene ble gjennomført med normalisert kuldebroverdi satt til 0,15 for kjellersonene og 0,06 for de øvrige sonene. Fremgangsmåte for valg av maksimal installert effekt er forklart under *Inndata for oppvarming*.

### Møbler/interiør

Varmekapasiteten til møbler og innredning kan velges fra en nedtrekklister (standard varmekapasitet interiør eller ingen møbler) eller man kan legge inn en egendefinert varmekapasitet. Vi har valgt å bruke *standard varmekapasitet interiør* for sone 0.1. Dette gjelder også de øvrige sonene som er beregnet for leiligheter. For kjellersone 0.2 og 03, for trapperom, kvist over fløyen (1.6) og for mørkeloftet (1.7) har vi valgt *ingen møbler*.

### Driftsdager

Man skal her velge antall driftsdager per år for sonen. Siden Thingvallgården skal fungere som bolig vil alle soner være i drift alle dager.

### Kuldebroer

Her kan man legge inn *normalisert kuldebroverdi* eller velge å spesifisere hver enkelt kuldebro. Normalisert kuldebroverdi er definert som «*samlet stasjonær varmestrom fra kuldebroer dividert med oppvarmet del av BRA*» (NS 3031:2007: 8).

I NS 3031 er det oppgitt tre standardverdier for normaliserte kuldebroverdier, for bygninger med bæresystem i tre (0,05W/m<sup>2</sup>K), bygninger med bæresystem i betong, mur eller stål og 10 cm kuldebrobryter i fasadene (0,09W/m<sup>2</sup>K) og bygninger med bæresystem i betong, mur eller stål og 5 cm kuldebrobryter i fasadene (0,12W/m<sup>2</sup>K). Som forklarende eksempler står det at: «*Bygg med 5 cm kuldebrobryter er vanlig der det brukes ytterveggkonstruksjoner med 20 cm isolasjon. For bygninger med 10 cm kuldebrobryter må det normalt brukes en ytterveggkonstruksjon med 25 cm isolasjon*» (NS 3031:2007: 38). Det opplyses om at verdiene primært er for nye bygninger, men at de også kan brukes for eksisterende bygninger hvis annen informasjon ikke er tilgjengelig.

Å beregne normalisert kuldebroverdi for en bygning som Thingvallgården vil være relativt komplisert. På grunn av bygningens høye sokkeletasje i mur vil bygningens totale verdi trolig ligge litt høyere enn standardverdien for bygninger med bæresystem i tre i henhold til NS 3031. For å undersøke usikkerheten ved valg av verdi gjennomførte vi sensitivitetsanalyser hvor vi sammenlignet en øvre (0,15W/m<sup>2</sup>K) og nedre (0,05W/m<sup>2</sup>K) verdi for å undersøke hvilken innvirkning dette ville ha på bygningens varmetap.

Ved årssimuleringer ble bygningens totale (spesifikke) netto energibehov beregnet til 324,4kWh/m<sup>2</sup> ved bruk av nedre verdi (0,05W/m<sup>2</sup>K) og til 332,2kWh/m<sup>2</sup> for øvre verdi (0,15W/m<sup>2</sup>K). Ved å øke verdien for normalisert kuldebroverdi fra 0,05 til 0,15W/m<sup>2</sup>K fikk man altså en økning i netto energibehov på 7,8kWh/m<sup>2</sup>. I bygningens varmetapsbudsjett utgjorde varmetap kuldebroer 1,4% for nedre verdi, mens prosentandelen økte til 4,2%, for øvre verdi.

Vi har i våre simuleringer valgt å bruke normalisert kuldebroverdi 0,15W/m<sup>2</sup>K for kjellersonene og 0,06W/m<sup>2</sup>K for de øvrige sonene i våre beregninger for minimumstiltaket. På den måten tar vi høyde for en litt dårligere konstruksjon enn det som er satt som utgangspunkt for standardiserte tall for nye bygninger med bæresystemer i tre.

### Inndata for fasader

#### Størrelse

Utregning av arealer ble gjort ved å bruke måleverktøy i studentversjonen av AutoCad Architecture 2010 på plan- og fasadetegninger. Halvparten av arealet til etasjeskillere nederst

og øverst i fasaden og eventuelle vinduer og dører ble, i henhold til instruksene i SIMIEN, inkludert i dette arealet. For enkelte av ytterveggene i kjelleren er fasaden definert som den delen av ytterveggen som ligger *over* bakkenivå, mens den delen av veggen som ligger under bakkenivå er definert som en del av *Kjeller og gulv under bakkenivå*.

#### Inndata konstruksjon

*Konstruksjon:* Man kan her velge standardverdier fra en nedtrekksliste; Enten 36mm bindingsverk, 200mm isolasjon (U-verdi 0,21W/m<sup>2</sup>K) eller standard konstruksjon (U-verdi 0,25W/m<sup>2</sup>K), eller man kan legge inn verdier for egendefinerte konstruksjoner. Standardverdiene man kunne velge har langt bedre U-verdier enn det vi kunne regne med å få for ytterveggene i minimumstiltaket. Vi har derfor beregnet U-verdier for egendefinerte konstruksjoner (se *Beregning av U-verdier*).

Man kan også krysse av for *solutsatt fasade*. En verdi for utvendig absorpsjonskoeffisient<sup>5</sup> må da legges inn (forhåndsinnstilt verdi ligger på 0,80). Et varmetilskudd gjennom fasaden vil da beregnes basert på U-verdi og utvendig solflux. Fasaden over nabobygningen mot sør er svært utsatt for solstråling. For disse har vi valgt å krysse av for solutsatte fasader med forhåndsinnstilte verdier for utvendig absorpsjonskoeffisient. Dette gjelder *Fasade sør (over nabobygning)* i sone 1.2, *Fasade sør* i sone 1.5 og *Fasade sør* i sone 1.7.

*Varmelagring i innvendig sjikt:* Her kan man velge standardverdier (standard akkumulerende sjikt eller tung vegg) eller legge inn egendefinerte sjikt. For de fleste fasader har vi valgt *standard akkumulerende sjikt*. For enkelte av kjellerveggene har vi imidlertid valgt *tung vegg* for de vegger hvor innvendig sjikt ikke er lektet ut fra murveggen.

#### Himmelretning/ horisont

Himmelretning og horisont er bestemt ved beregning av vinkler i situasjonsplan og snitttegninger i studentversjonen av AutoCad Architecture 2010.

#### Inndata for vinduer

##### Antall like vinduer

Hvis flere like vinduer har tilnærmet lik solskjerming (inkludert bygningsutspring) kan disse slås sammen. Dette har vi gjort der det har vært mulig. Vi har også valgt å legge inn dører med store andeler glassfelter som vinduselementer (for eksempel verandadørene) for å ta hensyn til soltilskuddet gjennom disse.

##### Vindusstørrelse

Vinduenes areale (inkludert karm og ramme) er hentet fra fasadetegninger i studentversjonen av AutoCad Architecture 2010. Arealandel karm og ramme er beregnet ved å dividere arealet av karm og ramme på det totale vindusarealet.

##### Varmetapsegenskaper

Her kan man velge å legge inn U-verdien til selve vindusruten, for karm/ramme samt kuldebroverdien for randsonen i overgangen mellom glass og karm. Man kan alternativt legge inn en samlet U-verdi for hele vinduskonstruksjonen, noe vi har valgt å gjøre i våre beregninger. U-verdiene vi har lagt inn er hentet fra Tabell 14 i Byggforskblad 733.162 *Utbedring av eldre trevinduer*. Tabellen angir verdier for blant annet enkle vanlige glass i

---

5 Absorpsjonskoeffisienten angir hvor mye energi et stoff kan absorbere (<http://nn.wikipedia.org/wiki/Absorpsjonskoeffisient>).

rammer (4,6-5,0W/m<sup>2</sup>K), to vanlige glass i koblet vindu (2,4-2,6W/m<sup>2</sup>K) og tolags isolerruter, vanlig glass, luftfylt (2,4-2,8W/m<sup>2</sup>K). Vi har valgt den dårligste U-verdien for hvert vindu.

#### Varmetilskuddsegenskaper

Her skal verdier som bestemmer soltransmisjonen gjennom vinduskonstruksjonen oppgis. Dersom det ikke finnes noen solskjerming skal en total solfaktor (solfaktor for vindusruten sammen med solskjermingen) legges inn. Minimumstiltaket har ingen kunstig solskjerming. Oppgitte solfaktorer er hentet fra tabell 352 i *Byggforskblad 472.411 Solstrålingsdata for energi- og effektberegninger* (ett glass har her en total solfaktor på 0,87 og to glass en total solfaktor på 0,78).

#### Bygningsutspring

Her legges bygningsutspring som kaster skygge på vinduet inn. Størrelser på og avstander til bygningsutspring er hentet fra plan- og fasadetegninger i studentversjonen av AutoCad Architecture 2010.

#### Inndata for ytterdører

For ytterdør(er) legges verdier for *størrelse* (areal inkludert karm) og *dørtype* (U-verdi) inn. U-verdier for ytterdørene ble beregnet etter NS-EN ISO 6946:2007 *Bygningskomponenter og -elementer. Varmemotstand og varmegjennomgang. Beregningsmetode* (Se *Beregning av U-verdier*).

#### Inndata for sonekoblinger

*Koblet til sone*: Her velges sonene som skal kobles sammen.

*Størrelse*: Arealet på flaten mellom de to sonene (inkludert eventuelle åpninger) legges inn. Størrelsene er bestemt ved å bruke måleverktøy på plan- og snitt-tegninger i studentversjonen av AutoCad Architecture 2010.

#### Inndata konstruksjon

*Konstruksjonstype*: Her har vi valgt hvilken type konstruksjon (vegg/dør, vindu, himling eller gulv) sonekoblingen består av.

*Konstruksjon*: Her kan man velge å krysse av for standard konstruksjoner eller legge inn egendefinerte U-verdier. Vi har beregnet U-verdier for egendefinerte konstruksjoner etter NS-EN ISO 6946:2007 *Bygningskomponenter og -elementer. Varmemotstand og varmegjennomgang. Beregningsmetode*. (Se *Beregning av U-verdier*). For å kunne regne på U-verdien til dørene som ligger i sonekoblinger separat, har vi regnet oss fram til hvor stor prosentandel disse utgjør av den totale veggflaten. For eksempel er U-verdien for egendefinert konstruksjon i Sonekobling mellom 1.1 og 1.3 beregnet ut i fra at vegg (U-verdi 0.41W/m<sup>2</sup>K) utgjør 93,86% av det totale arealet, mens dørene (U-verdi 1.83W/m<sup>2</sup>K) utgjør 6,14% av det totale arealet. Dette gir en U-verdi på  $(0,0614 \times 1,83) + (0,9386 \times 0,41) = 0,487802$ , avrundet til 0,49W/m<sup>2</sup>K.

#### Akkumulerende sjikt

Akkumulerende sjikt på begge sidene av konstruksjonen legges inn. Her har vi i de fleste tilfeller valgt *standard akkumulerende sjikt* i nedtrekkslisten, med unntak av noen sonekoblinger i kjelleren (bestående av en ukledd massiv mur i teglstein) hvor varmelagring i



både innvendig og utvendig sjikt er satt til tung vegg.

#### Åpninger

Åpninger mellom sonene beskrives (gjelder både permanente åpninger og dører/vinduer). For dører og vinduer må man anslå hvor mye de er åpne og tidsintervall for åpningen. Arealet på åpningene i vår SIMIEN-modell er hentet fra tegninger i studentversjonen av AutoCad Architecture 2010. Driftstid er satt som et anslag for når det er sannsynlig av mennesker ferdes inn og ut av sonen. Vi har forutsatt at dørene står åpne 10% av driftstiden.

#### Infiltrasjon

Her skal luftskifte ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) mellom sonene på grunn av utettheter (ukontrollert luftskifte) mellom sonene legges inn. Verdien som legges inn anslår midlere luftskifte over året. Man kan velge en standardisert verdi ( $25\text{m}^3/\text{h}$ ) som er basert på NS 3031 eller legge inn en egendefinert verdi.

Vi gjorde her en sensitivitetsanalyse hvor vi satte luftskiftet for alle sonekoblinger i bygningen til  $10\text{m}^3/\text{h}$ . Ved årssimulering fikk vi da et netto energibehov på  $322,0\text{kWh}/\text{m}^2$ . Sammenlignet med årssimuleringer hvor verdien var satt til  $25\text{m}^3/\text{h}$ , med netto energibehov  $326,9\text{kWh}/\text{m}^2$ , ga dette en reduksjon på  $4,9\text{kWh}/\text{m}^2$ . Prosentandelene i bygningens varmetapsbudsjett ble ikke endret.

I minimumstiltaket er himlinger (sonekoblinger mellom etasjene) og brannskillevegger (sonekoblinger mellom leiligheter og trapperom) foret ned/ut og kledd med gips. Vi vil likevel anta at det er utettheter mellom sonene, og har valgt å bruke den forhåndsinnstilte verdien på  $25\text{m}^3/\text{h}$ .

### Inndata for kjellerelementer (kjeller og gulv under bakkenivå)

#### Størrelse

Her legger man inn gulvarealet, lengde, midlere høyde og tykkelse på ytterveggene. Vi har beregnet areal, lengder, høyder og bredder i plan, snitt- og fasadetegninger i studentversjonen av AutoCad Architecture 2010. For hver sone er midlere høyde for vegger beregnet som et gjennomsnitt av de vegger som ligger under bakkenivå. For eksempel er midlere høyde for kjeller og gulv under bakkenivå i sone 0.1 beregnet som et gjennomsnitt mellom vegg mot øst ( $6.46\text{ kvm}$ ), vegg mot nord ( $2.92\text{ kvm}$ ) og vegg mot nordvest ( $0.384\text{ kvm}$ ).

#### Veggkonstruksjon

*Varmelagring i innvendig sjikt vegg:* Her kan man velge standard akkumulerende sjikt (effektiv varmekapasitet  $18.00\text{Wh}/\text{m}^2\text{K}$ ), tung vegg (effektiv varmekapasitet  $63.00\text{Wh}/\text{m}^2\text{K}$ ) eller legge inn egendefinerte sjikt. Vi har valgt tung vegg er fordi veggene som her ligger under bakkenivå i hovedsak er baderomsvegger uten utlekting.

*Veggkonstruksjon:* Man kan her velge standard konstruksjon (U-verdi  $0,25\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) eller legge inn egendefinert konstruksjon. Standardverdien man kan velge har langt bedre U-verdi enn det vi kunne regne med å få for ytterveggene i minimumstiltaket. Vi har derfor beregnet U-verdier for egendefinerte konstruksjoner (se *Beregning av U-verdier*).

#### Gulvkonstruksjon

*Varmelagring i innvendig sjikt:* Her kan man velge parkett (14mm) + 22mm sponplate (effektiv varmekapasitet  $11.20\text{Wh}/\text{m}^2\text{K}$ ), standard akkumulerende sjikt (effektiv

varmekapasitet  $18.00\text{Wh/m}^2\text{K}$ ) eller legge inn egendefinerte sjikt. Her har vi valgt å legge inn standard akkumulerende sjikt for kjellergulv i sone 0.2 og 0.3. For kjellergulvet i sone 0.1, hvor baderomsgulvene utgjør 16 % av det totale gulvarealet, mens resterende areal består av tilfarergulv, har vi beregnet et gjennomsnitt for gulvenes effektive varmekapasitet ( $10,7\text{Wh/m}^2\text{K}$ ).

Konstruksjon: Man kan her velge standard konstruksjon (U-verdi  $0,25\text{W/m}^2\text{K}$ ) eller legge inn egendefinert konstruksjon. Standardverdien man kunne velge har langt bedre U-verdi enn det vi kunne regne med å få for kjellergulvene i minimumstiltaket. Vi har derfor beregnet U-verdier for egendefinerte konstruksjoner (se *Beregning av U-verdier*).

#### Grunnforhold

Man legger her inn varmeledningsevnen og varmekapasiteten til grunnen mot kjellerelementet. Her kan man velge sand/grus eller standard varmeledningsevne/varmekapasitet grunn. Verdiene for de to alternativene i nedtrekksmenyen er de samme (varmekapasitet  $556,00\text{Wh/m}^2\text{K}$  og varmeledningsevne  $2,00\text{W/mK}$ ). Vi har valgt å legge inn varmeledningsevne og varmekapasitet for sand/grus.

#### Inndata for skillekonstruksjoner

*Størrelse:* Her skal nettoareal sett fra den simulerte sonen legges inn. Vi har beregnet dette ved hjelp av måleverktøy på plan, snitt- og fasadetegninger i studentversjonen av AutoCad Architecture 2010.

#### Skillekonstruksjonen vender mot

Her kan man velge mellom *rom/soner med samme temperatur* (da vil kun konstruksjonens varmelagringsevne påvirke simuleringene), *rom/soner med forhåndsinnstilte eller egendefinerte verdier* (for temperatur, luftskifte mellom soner, relativ luftfuktighet og  $\text{CO}_2$ -konsentrasjon) eller *uoppvarmet sone*. For sistnevnte må det legges inn en varmetapsfaktor<sup>6</sup>. I nedtrekkslisten kan man velge mellom varmetapsfaktorer hentet fra NS 3031:2007: standard uoppvarmet sone (varmetapsfaktor 0,80) eller uoppvarmet loftsrom/ventilert kaldt loft (varmetapsfaktor 0,93). Man kan også definere varmetapsfaktoren selv.

I vår modell vender de fleste skillekonstruksjoner mot *rom/soner med samme temperatur* (for eksempel Skillekonstruksjon mot nabobygning, sone 1.2) eller *uoppvarmede soner*. For skillekonstruksjoner mot uoppvarmede soner har vi valgt verdier for varmetapsfaktorer fra nedtrekkslisten. Vi har skilt mellom de skillekonstruksjoner som vender mot uoppvarmede loftsrom og andre skillekonstruksjoner.

Vi har én skillekonstruksjon (Skillekonstruksjon mot nabobygning, sone 1.5) som vender mot rom/sone hvor vi har valgt forhåndsinnstilte verdier for temperatur, luftskifte mellom soner, relativ luftfuktighet og  $\text{CO}_2$ -konsentrasjon.

#### Inndata konstruksjon

*Type:* Man må her krysse av for hvilken *type* skillekonstruksjon dette er: Vegg/dør, vindu, himling eller gulv.

---

<sup>6</sup> Varmetapsfaktoren er definert som varmetapet til sonen dividert på varmetapet for konstruksjonen hvis denne hadde vendt mot friluft (NS 3031: 2007).

*Konstruksjon:* Man kan her velge standard konstruksjon (U-verdi  $0,25\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) eller legge inn egendefinert konstruksjon. Standardverdien man kunne velge har langt bedre U-verdi enn det vi kunne regne med å få for bygningsdelene i minimumstiltaket. Vi har derfor beregnet U-verdier for egendefinerte konstruksjoner (se *Beregning av U-verdier*).

*Varmelagring innvendig sjikt:* Her kan man velge standard akkumulerende sjikt (effektiv varmekapasitet  $18,00\text{Wh}/\text{m}^2\text{K}$ ), tung vegg (effektiv varmekapasitet  $63,00\text{Wh}/\text{m}^2\text{K}$ ) eller legge inn egendefinerte sjikt.

Vi har valgt *tung vegg* for Skillekonstruksjon mot nabobygning, sone 0.1 fordi dette gjelder en massiv murvegg uten utlekting. For øvrige skillekonstruksjoner har vi valgt *standard akkumulerende sjikt*.

## Inndata for tak

*Størrelse:* Her skal arealet (sett innenfra og inkludert eventuelle takvinduer) legges inn.

Vi har beregnet areal ved hjelp av måleverktøy på plan, snitt- og fasadetegninger i studentversjonen av AutoCad Architecture 2010. Ved beregning er verandatak og kobbhustak inkludert. Ved utregning av arealet på Tak nord, sone 1.7 har vi gjort noen forenklinger: Takflatene her er egentlig delt opp i flere deler, mens vi har valgt å regne totalt areal i én samlet flate.

### Inndata konstruksjon

*Konstruksjon:* Man kan her velge standard konstruksjon (U-verdi  $0,25\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) eller legge inn egendefinert konstruksjon.

Standardverdien man kunne velge har langt bedre U-verdi enn det vi kunne regne med å få for takflatene i minimumstiltaket. Vi har derfor beregnet U-verdier for egendefinerte konstruksjoner (se *Beregning av U-verdier*).

Man kan også krysse av for *solutsatt takflate*. En verdi for utvendig absorpsjonskoeffisient må legges inn (forhåndsinnstilt verdi ligger på 0,80). Et varmetilskudd gjennom fasaden vil da beregnes basert på U-verdi og utvendig solflux. Alle takflater mot sør, øst og vest er svært utsatt for solstråling. For disse har vi valgt å krysse av for solutsatte fasader med forhåndsinnstilte verdier for utvendig absorpsjonskoeffisient.

*Varmelagring i innvendig sjikt:* Her kan man velge standard akkumulerende sjikt (varmekapasitet  $10,0\text{Wh}/\text{m}^2\text{K}$ ) eller legge inn egendefinert varmekapasitet.

Vi har valgt standard akkumulerende sjikt for alle takflater.

### Horisont og himmelretning/takvinkel

Horisonten bestemmes ved å sette kryss i rutenettet slik at det tilsvarer hva man ser når man står på taket. Himmelretningen taket vender mot og takvinkelen må også legges inn.

Himmelretning og horisont er i vår modell bestemt ved beregning av vinkler i situasjonsplan og snitt-tegninger i studentversjonen av AutoCad Architecture 2010.

## Inndata for oppvarming

### Kapasitet oppvarmingssystem

Her skal man legge inn oppvarmingssystemets *maksimale avgitte effekt* per kvadratmeter oppvarmet gulvareal (i  $W/m^2$ ). Man må også legge inn *konvektiv andel* avgitt effekt. Denne er avhengig av hvilken type varmegivere som brukes i sonen (ved gulvvarme vil nesten all effekt avgis konvektivt, mens andelen vil være liten ved bruk av stråleovner). Hvis bygningen varmes opp med et vannbårent distribusjonsanlegg må tur- og returtemperatur på vannet og spesifikk pumpeeffekt (SPP) ( $kW/(l/s)$ ) angis.

Vi har tatt utgangspunkt i at soner som inneholder leiligheter (sone 0.1, 1.1 og 1.2) varmes opp med panelovner, mens kjellersoner med vaskerom, tekniske rom og boder (sone 0.2 og 0.3, som på grunn av at de må være frostfrie har en settpunkttemperatur på 5 grader) varmes opp med vifteovner. Panelovner kan ha en avgitt effekt på 1000 – 1500W og vifteovner en avgitt effekt på 1000 – 2000W<sup>7</sup>. For konvektiv andel avgitt effekt har vi valgt den forhåndsinnstilte verdien på 50%.

Til å begynne med simulerte vi med forhåndsinnstilte verdier for avgitt effekt på oppvarmingssystemet ( $50,0W/m^2$ ). Ved simulering av et vinterdøgn viste det seg da at bygningens varmetap var så stort at oppvarmingssystemet ikke klarte å varme opp bygningen.

For å dimensjonere oppvarmingsanlegget simulerte vi et vinterdøgn uten effektbegrensning på oppvarmingsanlegget for å undersøke hvor høy effekten måtte bli for at bygningen skulle kunne varmes opp til valgt settpunkttemperatur. Maksimal effekt romoppvarming for de fem oppvarmede sonene ble da:

- Sone 0.1 ( $128m^2$ ): 14100W ( $110,3W/m^2$ ) (tilsvarer omtrent 10 panelovner á 1500W)
- Sone 0.2 ( $48,6m^2$ ): 1309W ( $26,9W/m^2$ )
- Sone 0.3 ( $42,7m^2$ ): 2146W ( $50,3W/m^2$ )
- Sone 1.1 ( $89,6m^2$ ): 12900W ( $144,4W/m^2$ ) (tilsvarer omtrent 9 panelovner á 1500W)
- Sone 1.2 ( $537m^2$ ): 67500W ( $125,7W/m^2$ ) (tilsvarer omtrent 45 panelovner á 1500W)

Det er viktig å merke seg at en vintersimulering simulerer ekstremsituasjonen, og at dette gjelder kun i noen korte perioder. Hvis oppvarmingssystemet dimensjoneres etter dette, vil det være overdimensjonert resten av året.

Samtidig har det vært viktig å legge inn verdier som gjør at resultatene vi får kan sammenlignes med resultater etter energieffektiviseringstiltak er inkludert i modellen. Fordi oppvarming til valgt settpunkttemperatur er en sentral del av det vi i livsløpsvurderingens mål og omfang har definert som den *funksjonelle enheten* (se Kapittel 7 *Livsløpsvurderinger*), har vi her valgt å dimensjonere oppvarmingsanlegget slik at bygningen varmes opp til settpunkttemperaturen på 21 grader i vintermånedene. For sommermånedene har vi valgt en annen driftsstrategi (dette kommer vi tilbake til i neste avsnitt).

Vi har lagt inn totalt 66 ovner i simuleringen; 64 panelovner med avgitt effekt på 1500W og to vifteovner med avgitt effekt på 2000W. For verdiene vi har lagt inn i modellen har vi beregnet maksimal avgitt effekt ( $W/m^2$ ) ved å dividere ovenenes totale avgitte effekt (W) per sone på sonens areal (BRA) ( $m^2$ ).

<sup>7</sup> For eksempel kan Beha P15 varmepanel/våtromsovn ha en avgitt effekt på 1500W, mens Beha VT520 kan ha en avgitt effekt (to innstillinger) på mellom 1000 - 2000W ([www.expert.no](http://www.expert.no)).



### Driftsstrategi

Her velges settpunkttemperatur (ønsket romtemperatur) for sonen i (driftstiden) og utenfor driftstiden. Man må også bestemme antall timer drift per døgn (driftsmønster).

Driftstiden er satt til hele døgnet for alle oppvarmede soner. Settpunkttemperatur for leiligheter er satt til 21 grader i driftstiden. Temperaturen utenfor driftstiden er satt til 19 grader, men siden oppvarmingssystemet er i drift hele døgnet vil denne verdien strengt tatt ikke ha noen betydning for simuleringene. For kjellersone 0.2 og 0.3 er settpunkttemperaturer satt til 5 grader.

### Driftsstrategi sommer

Man kan legge inn alternative settpunkttemperaturer og driftsmønster for sommermånedene. (Dette kan gjøres for å unngå overtemperatur og for å spare energi.)

Til å begynne med hadde vi valgt samme driftsstrategi for hele året. Bygningens totale (spesifikke) netto energibehov ble i en årssimulering da beregnet til 352,7kWh/m<sup>2</sup>. Vi valgte deretter alternativ driftsstrategi sommer med settpunkttemperatur for leiligheter<sup>8</sup> til 20 grader og driftstiden til hele døgnet. Ved ny simulering var energibehovet redusert med 6,2kWh/m<sup>2</sup>, til 346,5kWh/m<sup>2</sup>. Ved å slå av oppvarmingssystemene i alle oppvarmede soner (til driftstid 0 timer) fra mai og til og med august ble energibehovet redusert med ytterligere 19,6kWh/m<sup>2</sup>, til 326,9kWh/m<sup>2</sup>.

Siden Thingvallgården skal fungere som bolig og fordi det er ganske vanlig å slå av alle ovner i sommermånedene, har vi forutsatt at all romoppvarming blir slått helt av i sommermånedene. Vi satte derfor driftstiden til 0 timer fra mai og til og med august.

### Inndata for internlaster

Belysning, teknisk utstyr, tappevann og varmetilskudd fra personer

Varmetilskuddet fra belysning settes vanligvis til 100%, mens varmetilskuddet fra teknisk utstyr (primært hvitevarer (kjøkkenutstyr), brunevarer (lyd, bilde etc.) og datautstyr) ofte settes til 60% i boliger. Varmetilskuddet fra oppvarming av tappevann er vanligvis lite og avhenger av plassering av varmtvannsbereder og hvor mye av tappevannet som brukes i dusjen. For midlere effekt og varmetilskudd fra belysning, teknisk utstyr og tappevann valgte vi å bruke de forhåndsinnstilte verdiene hentet fra NS3031: 2007.

Ved beregning av gjennomsnittlig varmetilskudd fra personer forutsatte vi en varmeavgivelse på 50 W per person (sittende avslappet). Verdiene for de ulike sonene ble da:

- Sone 0.1 (4 personer):  $60\text{W} \times 4 / 128\text{m}^2 = 1,88\text{W/m}^2$ .
- Sone 1.1 (4 personer):  $2,68\text{W/m}^2$ .
- Sone 1.2 (20 personer):  $2,23\text{W/m}^2$ .

Kjellersone 0.2 og 0.3 og trapperommene er ikke beregnet for varig opphold. For disse sonene ble varmetilskudd fra personer utelatt.

Driftsmønster for belysning, teknisk utstyr og varmetilskudd personer ble satt som et anslag basert på hvor lenge beboere vil oppholde seg i bygningen.

---

8 For kjellersone 0.2 og 0.3 la vi ikke inn verdier for alternativ driftsstrategi for sommerhalvåret.

## Inndata for CAV ventilasjon (ventilasjon med konstante luftmengder)

*Type:* Her kan man velge mellom balansert ventilasjon (anlegg hvor både tilført luft og avtrekk er viftestyrt), avtrekksventilasjon (har kun vifter på avtrekksiden) og naturlig ventilasjon. I minimumstiltaket har valgt å legge inn mekanisk avtrekk fra bad og kjøkken. Dette gjelder i sonene hvor det er leiligheter (sone 0.1, 1.1 og 1.2). I kjellersone 0.2 og 0.3 og i trapperommene er det ikke lagt inn ventilasjon.

Det skal for dette temaet også legges inn data for luftmengde, tilluftstemperatur, driftstid, komponenter og nattkjøling. For avtrekksventilasjon og naturlig ventilasjon kan man kun legge inn verdier for luftmengde og bestemme driftstid.

### Luftmengde

For luftmengder (avtrekk i driftstiden, utenfor driftstiden, i helger/ferier og for SFP-faktor<sup>9</sup> vifter) har vi valgt å bruke veiledende data fra Tillegg B i NS 3031: 2007.

### Driftstid

Driftstiden er satt som et anslag basert på hvor ofte beboere bruker avtrekkene. Vi har forutsatt at avtrekk fra bad og kjøkken er i drift to timer per dag.

## Inndata for vinduslufting

### Størrelse åpning

Her legges åpningsareal og åpningshøyde inn. Dersom flere like vinduer benyttes til vinduslufting, kan man legge inn verdier for antall like vinduer. Vi har lagt opp til at vinduslufting skal være mulig i alle rom i alle leiligheter. I modellen har vi derfor lagt inn vinduslufting (et vindu per rom) for alle rom i sone 0.1, 1.1 og 1.2. Vinduslufting for badrom er lagt inn separat.

### Driftsstrategi

Man må bestemme hvilke måneder og hvor mange timer per døgn lufting er aktuelt. Vi har valgt å sette mai for første og september for siste måned med vinduslufting. Driftstiden er satt som et anslag basert på hvor ofte beboere lufter. Vi har forutsatt at det i gjennomsnitt luftes en halvtime per dag fra badrom og et kvarter per dag for øvrige rom.

### Luftefrekvens

Man kan her velge å la programmet beregne luftskifte<sup>10</sup> for vindusluftingen eller man kan anslå (i %) hvor mye av tiden vinduet er åpent hver enkelt måned. Vi har valgt å la programmet beregne luftskifte for vindusluftingene.

9 Spesifikk vifteeffekt (specific fan power) i ventilasjonsanlegg (kW/(m<sup>3</sup>/s)) (Novakovic et al. 2007).

10 Luftskifte beregnes da etter metoden beskrevet i EN 15242 *Ventilasjon i bygninger - Beregningsmetoder for bestemmelse av luftmengder i bygninger inkludert infiltrasjon*.

## Inndata: Energieffektiviserende tiltak og pakkeløsninger

*Energieffektiviseringstiltakene* vi valgte å undersøke bygger videre på de valgte løsningene i minimumstiltaket (se Kapittel 5 *Prosjektering* for beskrivelse og Kapittel 8 *Drøfting og anbefalinger* for tegninger av hvert enkelt tiltak). Tiltakene ble undersøkt separat fordi vi ønsket å se på hvert tiltaks innvirkning på bygningens energibesparelser. På den måten kunne vi videre sette sammen tiltakspakker for Thingvallgården for å undersøke flere nivåer for energioppgradering av bygningen<sup>11</sup>.

For hvert tiltak har vi endret enkelte innverdier i SIMIEN-modellen. Som vi allerede har vært inne på er det enkelte verdier som har vært vanskeligere å bestemme enn andre. Dette har naturligvis også fått konsekvenser i de videre simuleringene, hvor vi har måttet forutsette endringer av disse verdiene som følge av at bygningens forbedres energimessig. For eksempel vil bygningens lekkasjetall forbedres ved tetting, etablering av nytt vindspærresjikt og ved etterisolering. Det har imidlertid vært svært vanskelig å anslå hvor mye dette vil utgjøre for hvert enkelt tiltak. Det samme gjelder for verdiene for *normalisert kuldebroverdi*.

Innverdiene som er blitt endret for hvert tiltak og for hver pakkeløsning er beskrevet i en liste som vi har valgt å skille ut som et eget vedlegg (Se vedlegg 1).

## Beregning av U-verdier

For å beregne levert energi til minstetiltaket og de ulike energieffektiviseringstiltakene måtte vi ha U-verdien til bygningselementer som yttervegger, dekker og tak for alle tiltakene. Videre trengte vi en oversikt over hvor mye materiale (tykkelse på isolasjon) som var nødvendig for å oppnå satte U-verdier.

Vi har i beregningene tatt utgangspunkt i Byggforskseriens beregningsmetoder, som igjen tar utgangspunkt i NS-EN ISO 6946:2007 *Bygningskomponenter og -elementer. Varmemotstand og varmegjennomgang. Beregningsmetode*. Av naturlige årsaker har vi tidvis måttet bruke forenklete beregningmetoder. For eksempel har vi ikke tatt hensyn til hulrom i isolasjon, mekaniske festeanordninger som går gjennom isolasjon og kobbhus på tak.

U-verdien til en bygningsdel er et standardisert mål på hvor lett en bygningskomponent slipper gjennom varme (også kalt varmegjennomgangskoeffisient). Lav U-verdi betyr at elementet har god isolasjonsevne. U-verdi måles i  $W/(m^2K)$ .

For å beregne U-verdi for et materiale bruker man formelen

$$U=1/R$$

der *R* er *varmemotstanden* til materialet. Dersom *R* ikke er gitt, regner man seg frem til denne ved hjelp av formelen

$$R=d/I$$

der *d* er dimensjonen til materialet og *I* er *varmekonduktiviteten* ( gjerne også gitt ved  $\lambda$ ). For

<sup>11</sup> Ved sammenfatning til slike tiltakspakker, kan ikke effekten av to tiltak summeres direkte. Her har vi derfor gjort nye simuleringer for hver pakkeløsning.

å finne verdier på varmemotstand og varmekonduktivitet har vi brukt Byggforskblad 471.010 *Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer*. Verdier for tegl og puss har vi hentet fra engineeringtoolbox.com.

Når en regner U-verdien til et sammensatt element er formelen

$$U=1/R_t$$

der  $R_t$  er summen av varmemotstanden til komponentene i elementet i tillegg til inn- og utvendig *varmeovergangsmotstand* ( $R_{si}$  og  $R_{se}$ ).

Varmemotstanden regnes for hvert lag i bygningselementet. Disse deles som regel naturlig inn etter materiallagene, men noen steder vil ikke laget være homogent (for eksempel der gulvbjelkene går over samme lag som stubbloftsbord, stubbloftsfill og luft i etasjeskillene). Her regner man ut hvor mange prosent materialene utgjør i hvert lag, og tar dette med i beregningene av varmemotstanden. Ved luftet kledning ser man bort fra varmemotstanden til kledningen og luftrommet bak, og setter i stedet utvendig overgangsmotstand lik innvendig overgangsmotstand (BKS 471.008).

Ved beregninger av U-verdi for takkonstruksjonen bar utregningene preg av såpass mange usikkerhetsmomenter, at vi heller valgte å bruke et beregningsprogram gitt av Rockwool (<http://www.rockwool.no/r%C3%A5d+og+veiledning/U-verdiprogram>). Her var det mulig å definere takkonstruksjonen tilnærmet lik det den er i Thingvallagården<sup>12</sup>. Resultatet vi fikk for U-verdi for taket her, syntes mye mer sansynlig enn verdier vi hadde kommet frem til i egne beregninger. (Vi brukte dette beregningsprogrammet også for å kontrollere at isolasjonstykkelsene vi beregnet for de ulike tiltakene ville gi riktig U-verdi.)

#### Flater mot grunn

Ved flater som møter grunn vil U-verdi for gulv og vegger påvirkes av hverandre. Når kun deler av underetasjen ligger mot/under terreng, regner man midlere dybde for golvet under terrengoverflaten (BKS 471.009). I våre beregninger har vi satt denne middelverdien til 1,2m, etter målinger i snitt-tegninger i studentversjonen av AutoCad Architecture 2010.

Beregningen av U-verdiene til gulv og vegger som er under grunnen går over seks trinn (ibid.):

1) Bestemme parameteren  $B'$  (*karakteristisk dimensjon* av gulvet). Ved formelen

$$B'=A/(0,5 \cdot P)$$

Der  $A$  er brutto grunnflateareal og  $P$  er utvendig omkrets av bygningen.

2) Bestemme parameteren  $d_t$  (*ekvivalent tykkelse*<sup>13</sup> for gulv). Ved formelen

$$d_t=w+\lambda \cdot (R_{si}+R_f+R_{se})$$

Der  $w$ = total tykkelse på ytterveggene,  $\lambda$  er varmekonduktivitet for grunnen og  $R_f$  er samlet varmemotstand for gulvet.

3) Bestemme parameteren  $d_w$  (*ekvivalent tykkelse* for kjellervegger under terreng). Ved formelen

$$d_w=\lambda \cdot (R_{si}+R_w+R_{se})$$

Der  $R_w$  er varmemotstanden for veggene i kjelleren.

4) Bestemme U-verdien for kjellergolvet,  $U_{bf}$ , ved formelen

<sup>12</sup> Det var ikke mulig å sette tekkingsmaterialet til skifer, så her brukte vi «taksten».

<sup>13</sup> Ekvivalent tykkelse er innført som en forenkling, der varmemotstanden i en bygningsdel er representert ved sin ekvivalente tykkelse i grunnen med samme varmemotstand. (BKS 471.009)



$$U_{bf} = (2 \cdot \lambda / (\pi \cdot B' + dt + (z/2))) \cdot \ln((\pi \cdot B' / dt + z/2) + 1)$$

Der z er dybden kjellergulvet ligger under terrengnivå.

5) Bestemme U-verdien for veggene mot terreng,  $U_{bw}$ , ved formelen

$$U_{bw} = 2 \cdot \lambda / \pi \cdot z \cdot (1 + (0,5 \cdot dt / dt + z)) \cdot \ln((z/dw) + 1). \text{ Hvis } dw < dt \text{ erstattes } dt \text{ med } dw.$$

6) Bestemme effektiv U-verdi for hele kjelleren,  $U'$ , ved formelen

$$U' = (A \cdot U_{bf} + z \cdot P \cdot U_{bw}) / (A + z \cdot P)$$

Flater mot uoppvarmede rom over bakkenivå

Ved en beregning av U-verdi for vegger mellom oppvarmede og uoppvarmede rom, vil varmemotstanden ( $R_u$ ) til det uoppvarmede rommet inkluderes. Formelen er gitt ved

$$R_u = 0,09 + 0,4 \cdot (A_i / A_e) \text{ med } R_u \text{ mindre eller lik } 0,5 \text{ m}^2\text{K/W.}$$

Der  $A_i$  er det samlede arealet til alle komponentene mellom oppvarmet og uoppvarmet sone. Og  $A_e$  er det samlede arealet til alle komponentene mellom uoppvarmet sone og utvendige omgivelser. Når en så skal finne U-verdi for veggene bruker en formelen

$$U = 1 / (R_{si} + R_n + R_u + R_{se})$$

Samme beregningsmåte brukes for å beregne U-verdi for etasjeskille mot kaldt loft. Her har vi brukt verdi for varmemotstanden til takrom hentet fra NS-EN ISO 6946, gjengitt i Byggforskblad 471.008 *Beregning av U-verdi etter NS-EN ISO 6946*

U-verdi for dører

Ved beregningen av U-verdien til dørene i minstetiltaket brukte vi en noe forenklet metode. Vi tok utgangspunkt i et gjennomgående dørblad med en tykkelse på 45mm og samme varmekonduktivitet som rent trevirke. Utettheter i overgangen mellom ramtre og fyllinger og mellom dørblad og karm er ikke tatt med i beregningene. Utvendig varmeovergangsmotstand mot vindfang/utvendig trapperom ble estimert etter skjønn.

U-verdi for vinduer

Se *Inndata for vinduer, Varmetapsegenskaper*.

## Beregning av isolasjonstykkelser og U-verdier for de energieffektiviserende tiltakene

Ved de tiltakene der vi ser for oss en tilfredstillende av gitte krav (enten TEK10 eller til passivhusnivå i henhold til NS 3700) er U-verdien gitt, og vi har beregnet hvilke isolasjonstykkelser disse vil kreve. Der vi selv har satt en isolasjonstykkelse har U-verdien blitt beregnet.

Ved etterisolering mot grunn har vi tatt utgangspunkt i ekspandert polystyren med varmekonduktivitet 0,034 til 0,042<sup>14</sup>. Ellers i konstruksjonen er det brukt glassvatt/mineralull og cellulosefiber med en varmekonduktivitet på mellom henholdsvis 0,038 og 0,042.

Gitt U-verdi

Byggeteknisk forskrift (FOR 2010-03-26 nr 489: *Forskrift om tekniske krav til byggverk*) stiller krav til et byggs energieffektivitet gjennom krav til *energirammer* og *energikvaliteter*. Så lenge energiramme ikke overskrides kan en fire på kravene til energikvalitetene, så sant ikke minstekravene overskrides.

<sup>14</sup> Avhengig av tykkelsen og om den settes (vertikalt) eller legges (horisontalt).

Energirammen for en boligblokk er 115 kWh/m<sup>2</sup> oppvarmet brutto areal pr. år mens energikvalitetene, og minstekravene er som følger:

- Yttervegg:  $\leq 0,18 \text{ m}^2\text{K}$ . Minstekrav:  $\leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Tak:  $\leq 0,13 \text{ m}^2\text{K}$ . Minstekrav:  $\leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Gulv mot grunn eller mot det fri:  $\leq 0,15 \text{ m}^2\text{K}$ . Minstekrav:  $\leq 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Vindu og ytterdør inkludert karm/ramme:  $\leq 1,2 \text{ m}^2\text{K}$ . Minstekrav:  $\leq 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Lekkasjetall<sup>15</sup>:  $\leq 1,50 \text{ h}^{-1}$ . Minstekrav:  $\leq 3,0 \text{ h}^{-1}$
- Normalisert kuldebroverdi:  $\leq 0,06 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Tilsvarende krav stilles til passivhus gjennom NS 3700:2010 *Kriterier for passivhus og lavenergihus – Boligbygninger*:

- Yttervegg:  $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Tak:  $\leq 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Gulv:  $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Vindu og ytterdør:  $\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Lekkasjetall:  $\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
- Normalisert kuldebroverdi:  $\leq 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

For å beregne isolasjonstykkelsene som var nødvendige for at bygningsdelene skulle tilfredsstillte gitte krav, fant vi først verdien for varmemotstanden isolasjonen måtte ha for at U-verdien skulle stemme. Dette ved formelen

$$R_{\text{iso}} = (1 - (U \times R_{\text{tot}})) / U$$

Der  $R_{\text{iso}}$  er varmemotstanden til isolasjonen,  $R_{\text{tot}}$  er varmemotstanden til resterende sjikt i elementet og  $U$  er gitt/forutsatt U-verdi. Videre fant vi nødvendig isolasjonstykkelse (i millimeter) ved formelen

$$d_{\text{iso}} = R_{\text{iso}} \times \lambda_{\text{iso}} \times 1000$$

Disse beregningsmetodene tar ikke hensyn til luftlekkasjer og kuldebroer. For å få dette med i beregningene fant vi tilleggsfaktorer for de ulike tykkelsene. Disse faktorene fant vi ved å sammenligne verdiene vi fikk i beregningene med isolasjonstykkelser foreslått av Byggforsk og Passiv.no for å oppnå ønsket effekt (U-verdi).

## Energibehov i nybygget

For å bestemme nybyggets behov for levert energi har vi tatt utgangspunkt i det valgte referanseprosjektet, Løvåshagen i Bergen (beskrevet under *Nybygg i passivhusstandard* i kapittel 5 *Prosjektering*). Her er totalt årlig (spesifikt) netto energibehov for beregnet til 91 kWh/m<sup>2</sup>. Solfangere på taket gir en årlig besparelse på 17 kWh/m<sup>2</sup> og levert energi (elektrisitet) er derfor beregnet til 74 kWh/m<sup>2</sup> per år. Det er riktignok viktig å bemerke at Løvåshagen ligger i Bergen, som har et mildere klima enn Trondheim. Dersom man hadde gjort energiberegninger for et tilsvarende prosjekt med klimadata for Trondheim, ville sannsynligvis tallene for beregnet energibruk blitt noe høyere.

Grunnen til at passivhusene i Løvåshagen har så lavt energibehov er, i tillegg til den bygningsfysiske utførelsen, at bygningen ikke har kjeller, at adkomsten til de ulike boenhetene skjer via en svalgang og det er derfor ikke behov for innvendige korridorer og at alt av teknisk

<sup>15</sup> For småhus er kravet satt til 2,5h<sup>-1</sup>

Det totale netto energibruket i referanseprosjektet er fordelt på følgende energiposter:  
Oppvarming av rom og ventilasjon: 15 kWh/m<sup>2</sup>  
Tappevannsoppvarming: 30 kWh/m<sup>2</sup>  
Vifter og pumper: 6 kWh/m<sup>2</sup>  
Belysning: 17 kWh/m<sup>2</sup>  
Teknisk utstyr: 23 kWh/m<sup>2</sup>  
(<http://naring.enova.no/file.axd?fileDataID=3b440a5f-e2a1-4753-9c41-2f3d657cc0b2>)

utstyr er plassert innefor hver boenhet, slik at egne rom for installering av teknisk utstyr ikke har vært nødvendig.

Å overføre tallene fra referanseprosjektet direkte til vårt nybygg i passivhus ville gitt et uriktig tall for energibruken siden det i vårt passivhus er rom i kjelleren som ikke er innredet til boenheter. Vi har derfor valgt å beregne passivhusets behov for levert energi ved å se bort i fra kaldloft og uinnredde rom i kjeller. Beregnet levert energi til passivhuset ved bruk av et «optimalisert» areal blir da  $679,8 \text{ m}^2 \times 74 \text{ 000Wh} = 50305,2 \text{ kWh/m}^2$ .

Dette vil ikke representere en reell situasjon for det oppsettet vi har for passivhuset, men det vil likevel gi et mer sammenlignbart tall enn det vi ville fått hvis vi hadde tatt utgangspunkt i det totale arealet i vårt passivhus.

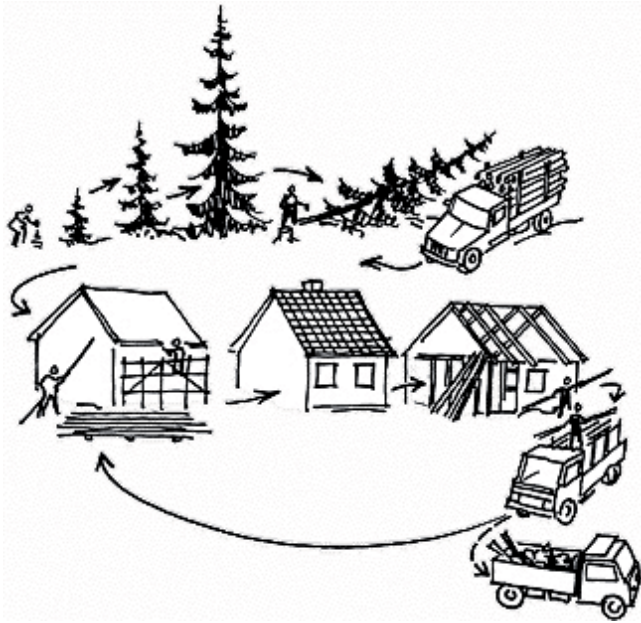




Kapittel 7  
Livsløpsvurderinger







Livsløpet – fra vogge til grav. Kilde: BKS 470.101

En livsløpsvurdering (LCA<sup>1</sup>) er en internasjonalt anerkjent metode for å vurdere potensielle miljøpåvirkninger gjennom livsløpet til et eller flere produkter<sup>2</sup>. Metoden ble for alvor tatt i bruk på begynnelsen av 1990-tallet og er i dag benyttet i de fleste industrisektorer.

Et produkts livsløp består av flere stadier og beskrives fra vogge til grav (eng. *cradle-to-grave*); Det går fra utvinning av råmaterialer, gjennom produksjon, bruk, gjenvinning og til slutt avhending. Livsløpsvurderingen gjennomføres gjennom først å gi en kvantitativ beskrivelse av ressursforbruk (inngangsfaktorer) og utslipp/avfall til luft, vann og jord (utgangsfaktorer) til og fra produktsystemet for deretter å evaluere de potensielle miljøpåvirkningene (for eksempel bidrag til global oppvarming) knyttet til inngangs- og utgangsfaktorene.

En livsløpsvurdering kan være et hjelpemiddel både i beslutningstaking (for eksempel i produktdesign), læring og utforskning (for eksempel å identifisere muligheter for forbedring av et produkt) og i kommunikasjon/markedsføring (for eksempel i miljødeklarasjoner) (Baumann/Tillman 2004).

Det er utarbeidet en internasjonal standard for gjennomføring av en livsløpsvurdering og for hva en slik vurdering skal inneholde (ISO 14040-serien). Den består av:

- NS-EN ISO 14040:2006 *Miljøstyring – Livsløpsvurdering – Prinsipper og rammeverk*
- NS-EN ISO 14044:2006 *Miljøstyring – Livsløpsvurdering – Krav og retningslinjer*

For enkelthets skyld vil vi videre referere til disse som henholdsvis ISO 14040 og ISO 14044. Videre kommer vi til å bruke begrepene brukt i den norske oversettelsen av ISO 14040.

## Rammer og metode

Standarden beskriver at en livsløpsvurdering består av fire faser<sup>3</sup>. Disse er:

- a) «fastsettelse av hensikten og omfanget,
  - b) livsløpsregnskapsfasen,
  - c) livsløpseffektvurderingsfasen, og
  - d) tolkningsfasen»
- (ISO 14044: 3)

### Hensikt og omfang

I fastsettelsen av hensikten med studien skal det blant annet beskrives hva studien skal brukes til, årsaken til at studien gjennomføres og hvem resultatene skal formidles til (ISO 14040).

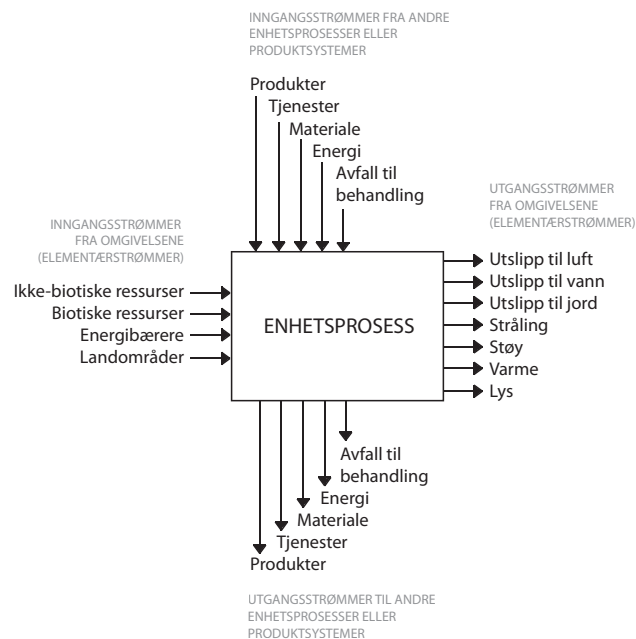
Livsløpsvurderingens omfang beskriver metodologiske avgjørelser, antakelser og begrensninger. Standarden gir en rekke punkter som må avklares når omfanget fastsettes, blant annet:

- produktsystemet og dets funksjon (eventuelt flere produktsystemer)

1 Life Cycle Assessment

2 Vi velger å bruke definisjonen av *produkt* etter NS-EN ISO 14040:2006: «enhver vare eller tjeneste»

3 En såkalt *LCI-studie* omfatter de samme fasene, bortsett fra livsløpseffektvurderingsfasen



Enhetsprosess. Illustrasjon basert på informasjon hentet fra BKS 470.101.

- den funksjonelle enheten
- systemgrensen
- allokeringprosedyrer
- effektkategorier og metode som skal benyttes for en livsløpseffektvurdering og påfølgende tolkning
- innledende krav til datakvalitet

Ifølge Baumann og Tillman (2004) er det vanlig å skille mellom to hovedtyper av livsløpsvurderinger; den redegjørende typen (*accounting*) og den endringsfokusede typen (*change-oriented*). Ved en redegjørende livsløpsvurdering forsøker man å svare på spørsmål omkring hvilke miljøpåvirkninger som kan tilskrives et produkt, mens den endringsfokusede typen forsøker å gi svar på hva slags konsekvenser en endring i produktsystemet vil ha for et produkts miljøpåvirkninger. Hva slags type livsløpsvurdering man gjennomfører vil sette føringer for avgjørelser omkring systemgrenser og data.

### Produktsystem og funksjon

I en livsløpsvurdering er det ikke selve produktet som vurderes, men hele *produktsystemet*. Produktsystemet defineres ut fra sin *funksjon* (å levere bestemte produkter) og kan ikke utelukkende defineres ut fra sluttproduktet (ISO 14040).

Systemet er bygget opp av ulike *enhetsprosesser* som representerer prosesser med bestemte funksjoner i forhold til utvinning, produksjon, bruk og avhending av produktet (en enhetsprosess kan være alt fra en enkelt arbeidsoperasjon til en hel industriprosess). *Systemgrensen* definerer hvilke enhetsprosesser som er del av produktsystemet (Byggforsk 2000).

Innad i produktsystemet forbindes enhetsprosessene med energi- og materialstrømmer, såkalte *mellomstrømmer*. Energi- og materialstrømmer mellom produktsystemer kalles *produktstrømmer*. Det går også energi- og materialstrømmer mellom enhetsprosessene og omgivelsene (miljøet). Disse kalles *elementære strømmer*, men betegnes også som inngangs- og utgangsfaktorer henholdsvis fra og til omgivelsene. Elementære strømmer omfatter bruk av ressurser og utslipp/avfall til luft, vann og jord og det er disse strømmene som vurderes i forhold til potensiell miljøpåvirkning (ibid.).

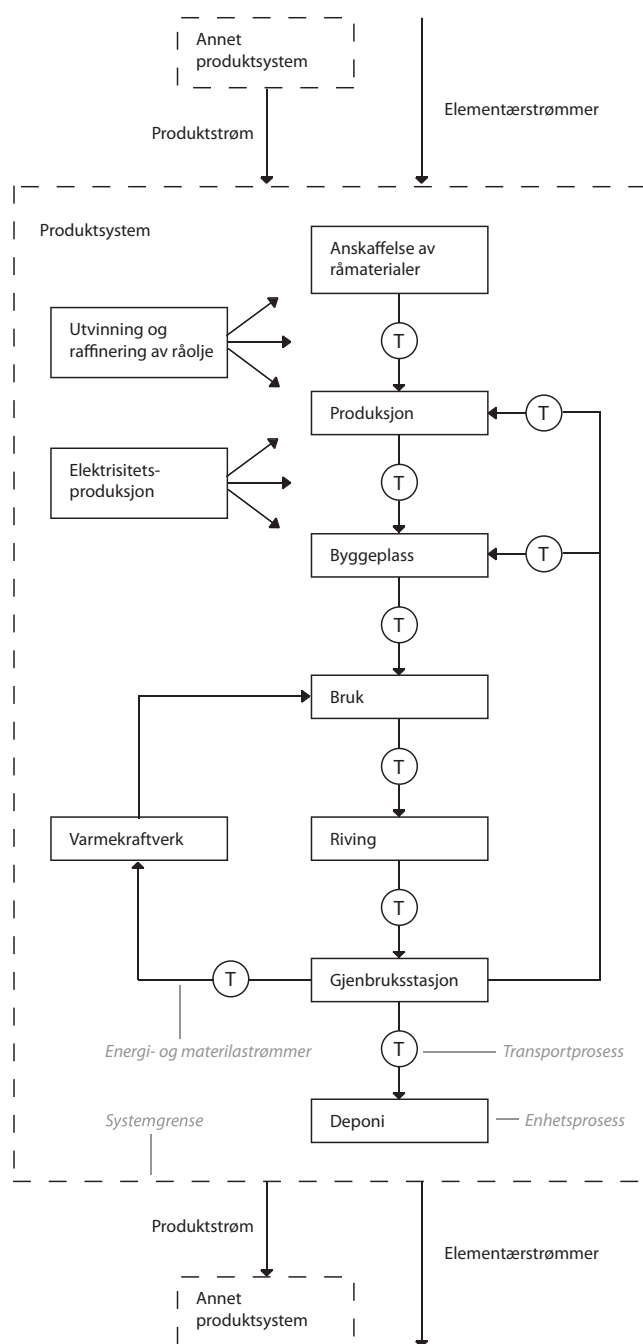
### Funksjon og funksjonell enhet

Produktsystemets funksjon (eller de produkter som produktsystemet leverer) defineres kvantitativt som en *funksjonell enhet*. Eksempler på funksjonell enhet kan være  $m^2 \times \text{år}$  (gulvbelegg),  $\text{person} \times \text{km}$  (passasjertransport) eller  $\text{kg rent tøy}$  (vaskemiddel). En funksjonell enhet gir en referanse som inngangsfaktorene og utgangsfaktorene normaliseres i forhold til (i matematisk betydning). Den funksjonelle enheten korresponderer til en *referansestrøm*<sup>4</sup> som alle andre strømmer relateres til. Å ha en slik referanse er nødvendig for å gjøre resultatene sammenlignbare. Dette er spesielt viktig ved vurdering av ulike systemer, slik at sammenligninger blir gjort på et felles grunnlag (ISO 14040).

Produkter fyller gjerne mer enn kun én funksjon og det kan også være egenskaper ved et produkt som ikke kan beskrives kvantitativt. For eksempel har matvarer en næringsverdi, men de gir også nytelse. Man kan kun velge én funksjon som representeres som en funksjonell enhet. Hvilken som velges for livsløpsvurderingen avhenger av hensikten og omfanget. I sammenlignende studier bør man være oppmerksom på at de ulike produktene kan oppfylle

<sup>4</sup> «referansestrøm – mål som kreves for utgangsfaktorer fra prosesser i et bestemt produktsystem for å tilfredstille funksjonen som den funksjonelle enheten angir» NS-EN ISO 14040:2006 : 8

Et sett enhetsprosesser innefor et produktsystem. Illustrasjon basert på informasjon fra NS ISO14040.



Eksempel på et produktsystem (basert på illustrasjoner i NS ISO14040).

funksjonen i større eller mindre grad eller ha funksjoner og kvaliteter i tillegg til den som beskrives i den funksjonelle enheten (Baumann og Tillman 2004).

### Systemgrenser

Som tidligere nevnt bestemmer systemgrensen hvilke enhetsprosesser som skal omfattes av produktsystemet. Systemgrensene bør angis i flere dimensjoner: Avgrensninger i forhold til naturen, geografiske avgrensninger, tidsmessige avgrensninger, avgrensning mot andre produktsystemer og avgrensning mot produksjonsmateriell og personale (ibid.).

Standarden sier at produktsystemet bør modelleres slik at inngangs- og utgangsfaktorene ved systemgrensen er elementærstrømmer<sup>5</sup>, men at livsløpstadier, prosesser, inngangs- og utgangsfaktorer likevel kan utelates om dette ikke endrer studiens hovedkonklusjoner. Det finnes ulike grensekriterier som kan tas i bruk for å avgjøre hvilke inngangsfaktorer som skal tas med i vurderingen, for eksempel faktorens bidragsandel i forhold til enten masse, energi eller miljømessig betydning.

Begrepet *cut-off* brukes ofte om disse problemstillingene («to cut off a part of a life cycle»). Det kan være ulike grunner til at deler av livsløpet utelates fra vurderingen. Det kan være fordi bidraget fra enkelte deler av livsløpet er ubetydelig i forhold til resten av livsløpet, fordi enkelte deler av livsløpet ikke er relevante for studien (dette angår spesielt endringsfokusede livsløpsvurderinger), eller fordi man beslutter å *ikke* undersøke hele livsløpet, men å bruke andre systemgrenser. Et eksempel på dette er en såkalt *cradle-to-gate* vurdering, som kun tar for seg produksjonsprosessen og ikke bruks- og avhendingsfasen (ibid.).

### Allokering

En prosess kan gi flere forskjellige produkter. Ved *allokering*<sup>6</sup> (fordeling) avgjør man hvor stor andel av miljøpåvirkningene som skal tilskrives det aktuelle produktsystemet og hvor stor andel som skal tilskrives andre produktsystemer. Allokering vil være aktuelt både i forhold til prosesser som gir (eller tilføres) flere produkter og i forhold til gjenvinningsprosesser.

Standarden beskriver en trinnvis prosedyre for allokering. Første trinn består i å forsøke å unngå allokering enten ved å dele opp enhetsprosessen i flere delprosesser eller ved å utvide produktsystemet. Om dette ikke lar seg gjøre bør miljøpåvirkningene fordeles basert på fysiske forhold som masse eller energiinnhold i utgangsfaktorene. Når allokeringen ikke alene kan gjøres på grunnlag av fysiske forhold, kan man legge andre forhold til grunn. Dette kan for eksempel være produktenes økonomiske verdi. Standarden fastslår at summen av de allokerede faktorene for en enhetsprosess skal være like summen av faktorene før allokering («100%-regelen»).

Et eksempel kan være en industriprosess som leverer et produkt A og i tillegg overskuddsvarme som brukes i et fjernvarmeanlegg. Ved å *dele opp enhetsprosessen* vil miljøpåvirkningene forbundet med denne fordeles mellom A og overskuddsvarmen.

Ved *utvidelse av produktsystemet* inkluderes de prosessene som ville være nødvendige for alternativ produksjon av varme. Industrisystemet vil da godskrives for de miljøpåvirkningene som unngås når overskuddsvarme leveres til fjernvarmeanlegget og man dermed ikke trenger å produsere varme ved hjelp av en annen kilde. En forutsetning her vil da være at det faktisk

<sup>5</sup> Altså at produktet eller produktsystemets funksjon følges gjennom hele livsløpet, fra vogge til grav.

<sup>6</sup> «**allokering** – fordeling av inngangsstrømmer til eller utgangsstrømmer fra en prosess eller et produktsystem mellom det produktsystemet som undersøkes, og ett eller flere andre produktsystemer»  
NS-EN ISO 14040:2006 : 7



finnes en alternativ måte å produsere varme på (Baumann og Tillman 2004).

Data og datakvalitet

Det er forskjeller mellom data basert på gjennomsnittsverdier og spesifikke data (for eksempel snittverdier for europeiske vinduer og spesifikke verdier for vindustype X fra leverandør Y). Data vil også variere over tid og mellom ulike geografiske områder og ulike typer teknologi kan brukes for å produsere ett produkt.

### Livsløpsregnskap (LCI<sup>7</sup>)

I denne fasen modelleres produktsystemet, for eksempel ved å tegne et prosessflytdiagram som viser alle prosesser og strømmene mellom dem. Videre samles det inn kvantitative og kvalitative data for de aktuelle material- og energistrømmene ut og inn av hver enhetsprosess innenfor produktsystemet. Neste trinn er å *relatere* dataene til enhetsprosessene og den funksjonelle enheten, slik at alle inngangs- og utgangsfaktorer refererer til den funksjonelle enheten. Om noen av prosessene er delt med andre produktsystemer må man ta i bruk allokeringprosedyrene.

Data kan være målte, beregnede og/eller estimerte. De kan for eksempel finnes hos produsenter og produktleverandører, brukere/konsumenter og renovasjonsselskaper, i publisert LCI data og databaser og rapporter fra andre livsløpsvurderinger (Baumann og Tillman 2004).

Baumann og Tillman (2004) påpeker at det som regel alltid vil være manglende data i en livsløpsvurdering. I noen tilfeller kan en ta i bruk estimater og antakelser for å fylle hullene.

### Livsløpseffektvurdering (LCIA<sup>8</sup>)

I denne fasen forsøker man å beskrive potensielle miljøpåvirkninger som produktsystemet forårsaker ved å ta i bruk resultatene fra livsløpsregnskapet og modeller av ulike miljømessige mekanismer. På denne måten gjør man resultatene mer miljømessig relevante,- sammenlignbare,- fattbare og enklere å kommunisere (ibid.).

Etter standarden omfatter livsløpseffektvurderingsfasen disse obligatoriske elementene:

- «valg av effektkategorier, kategoriindikatorer og karakteriseringsmodeller;
- tilordning av LCI-resultater til de valgte effektkategoriene (klassifisering);
- beregning av kategoriindikatorresultater (karakterisering).»  
(ISO 14044 : 23)

I tillegg beskrives valgfrie elementer som normalisering, gruppering og vekting.

Det er vanlig å ta i bruk publiserte metoder for effektvurdering hvor man ikke trenger å ta stilling til alle punktene nevnt videre.

Effektkategorier og kategoriindikatorer

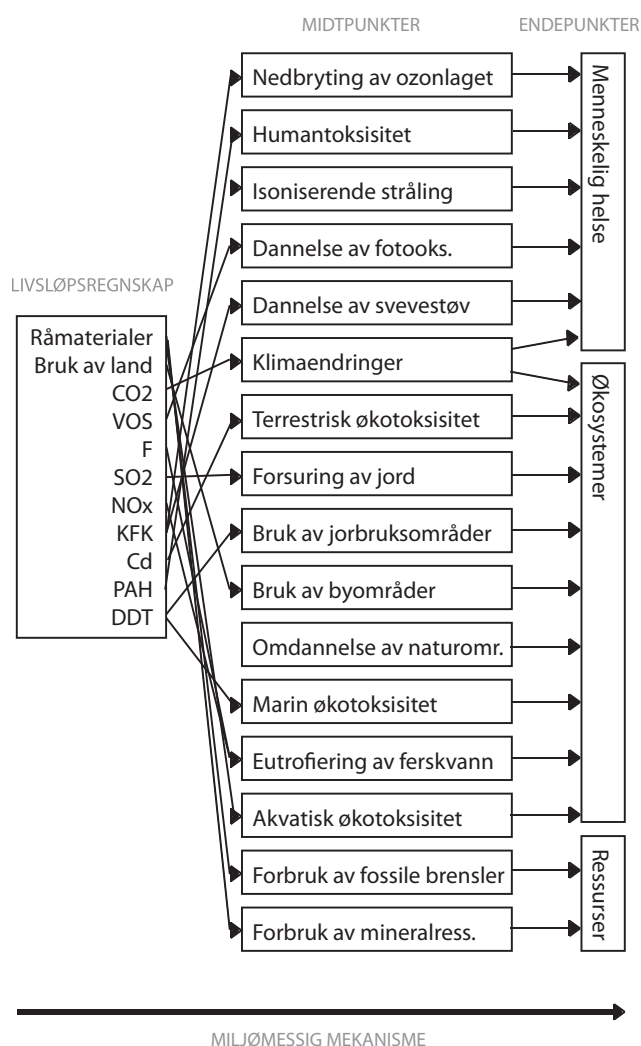
Effektkategorier er klasser for ulike miljøpåvirkninger (for eksempel klimaendring), mens kategoriindikatorer er en kvantifisert framstilling av effektkategoriene (for eksempel infrarød strålingspådriv (W/m<sup>2</sup>)) (ISO 14044).

Avhengig av hvilken metode man benytter kan effektkategoriene aggregeres til såkalte

---

7 Life Cycle Inventory

8 Life Cycle Impact Assessment



Midtpunkter og endepunkter (basert på illustrasjon fra ReCiPe 2008. « *A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level* » (Goedkoop et al. 2009))

*kategoriendepunkter*. Effektkategoriene representerer da *midtpunkter*. Midtpunkter og endepunkter ligger henholdsvis midt i forløpet eller i slutten av forløpet til den miljømessige mekanismen som fører til miljøpåvirkninger (se illustrasjon i marginen). Midtpunkter kan for eksempel være forurening og klimaendring, mens eksempler på endepunkter er skadelighet for menneskelig helse og økosystemer og ressursforbruk (Goedkoop et al. 2009).

### Klassifisering

I klassifiseringsfasen fordeles resultatene fra livsløpsregnskapet under effektkategoriene de bidrar til. Noen faktorer kan falle inn under flere effektkategorier. For eksempel bidrar  $\text{NO}_x$  både til forurening og eutrofiering<sup>9</sup> (Baumann og Tillman 2004).

### Karakterisering

Forskjellige substanser bidrar til miljøpåvirkninger i ulik grad. Ved karakterisering beregnes faktorenes relative bidrag til de ulike effektkategoriene ved å bruke en karakteriseringsmodell med en korresponderende karakteriseringsfaktor. Karakteriseringen er altså den egentlige oversettelsen av resultatene fra livsløpsregnskapet til miljøpåvirkninger. Karakteriseringsfaktorene bygger på de miljømessige mekanismene som kobler utslipp og ressursforbruk til miljøpåvirkning (Goedkoop et al. 2009).

I forhold til klimaendring er en ofte brukt karakteriseringsfaktor *potensiale for global oppvarming* (GWP100) beregnet i IPPCs<sup>10</sup> karakteriseringsmodell. Resultatet (som kalles kategoriindikatorresultater) uttrykkes i  $\text{CO}_2$ -ekvivalenter. For eksempel er bidraget til global oppvarming fra 1 kg  $\text{CH}_4$  25 ganger så høyt som bidraget fra 1 kg  $\text{CO}_2$ .  $\text{CO}_2$  har altså en karakteriseringsfaktor på 1, mens  $\text{CH}_4$  har en karakteriseringsfaktor på 25.

Standarden sier at det ikke finnes noen allment aksepterte metoder for å knytte data om utslipp og ressursforbruk til spesifikke miljøpåvirkninger. Ifølge Baumann og Tillman (2004) har karakteriseringsmodellene begrensninger som følge av blant annet forenklede antakelser omkring årsaks- og virkningsforhold, at modellene for ulike effektkategorier er på ulike utviklingsstrinn og at noen miljøpåvirkninger rett og slett ikke er så enkle å beskrive kvantitativt.

### Normalisering

Ved en normalisering beregnes resultatene fra karakteriseringen til den virkelige eller antatte *størrelsen* til hver effektkategori ved å dele kategoriindikatorresultatene med en valgt referanseverdi. Hensikten med dette er å få en bedre forståelse for miljøpåvirkningens relative størrelse, for eksempel i forhold til de totale miljøpåvirkningene innen et *område* (Baumann og Tillman 2004).

### Gruppering

Gruppering innebærer å sortere effektkategoriene under ett eller flere sett, for eksempel globale, regionale eller lokale påvirkninger, eller høy, middels og lav prioritet (ISO 14044).

### Vekting

Gjennom vekting forsøker man å fremstille den relative *viktigheten* av de ulike miljøpåvirkningene ved å bruke vektingsfaktorer som er basert på menneskers verdivalg. Baumann og Tillman (2004) beskriver ulike prinsipper for å fremskaffe vektingsfaktorene; Blant annet ved å forsøke å sette en økonomisk (pengemessig) kostnad for ulike typer miljøskader eller ved å sammenlikne ønsket og nåtidig fourensningsnivå.

<sup>9</sup> Eutrofiering er overgjødning av vannmiljøet.

<sup>10</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change

Standarden påpeker at vektingstrinnene bygger på verdivalg og at de derfor ikke er vitenskapelig baserte. Den sier også at vekting ikke skal brukes i sammenlignende livsløpsvurderinger som skal offentliggjøres.

## Livsløpstolkning

Denne fasen tar for seg fullstendighets-, sensitivitets- og konsistenskontroller og resultatene fra livsløpsregnskapet og livsløpseffektvurderingen blir sammenfattet og drøftet. Basert på dette kan man komme med konklusjoner, anbefalinger og ta beslutninger.

## Begrensninger ved metoden

- En livsløpsvurdering tar for seg *potensielle* miljøpåvirkninger.
- En livsløpsvurdering vurderer en *forenklet modell* av virkeligheten.
- *Økonomiske* og *sosiale* aspekter tas ikke i betraktning.

## Dataverktøy og databaser

Det er utviklet en rekke programvarepakker for gjennomføring av livsløpsvurderinger. Noen er utviklet som generelle livsløpsvurderingsverktøy, mens andre er mer spesialiserte og/eller tiltenkt spesifikke sektorer (for eksempel byggenæringen<sup>11</sup>). Programvaren gjør beregninger og gir en ramme for modellering og datahåndtering. Metodiske aspekter som allokeringprosedyrer og metoder for karakterisering og vekting er bygget inn og programvaren er som regel tilknyttet en database med livsløpsregnskap og livsløpseffektvurderinger. De fleste programvarepakkene oppfyller kravene i ISO-standardene.

## Livsløpsvurdering av bygninger

Bygninger har noen egenskaper som gjør at de skiller seg fra andre produkter ved gjennomføring av en livsløpsvurdering:

- Bygninger har en meget lang levetid. Dette gjør det vanskelig å forutsi livsløpet, spesielt i forhold til bruk og avhending. Fremtidig utvikling vil antakelig forekomme på ulike områder.
- Bygninger kan potensielt gjennomgå fysiske endringer (oppussing, ombygging osv.) og funksjonelle endringer flere ganger i løpet gjennom livsløpet.
- Bygninger dekker ofte flere funksjoner.
- Brukernes adferd er vanskelig å forutsi.
- Enhver bygning må sees på som unik ved at bygninger varierer i sammensetning og funksjon og den må vurderes i tilknytning til sine omgivelser.
- En del av bygningers miljøpåvirkninger er av lokal art (påvirkning på mikroklima, vindforhold, lysforhold, grønnstruktur og infrastruktur i nære omgivelser, innemiljø). (Kotaji et al. 2003)

## Systemgrenser

Livsløpet til en bygning består av flere prosesser:

- Produksjon av byggematerialer (utvinning av råmaterialer, internt transport i

11 Dataverktøy for gjennomføring av livsløpsvurderinger av bygninger: ECO-QUANTUM, LEGEP, EQUER, ATHENA, OGIP, ECO-SOFT, ENVEST 2.0, BECOST, BEES, GREENCALC og ECOEFFECT (Zabalza Bribia'n et al. 2009).

- produksjon og produksjonsprosess)
- Konstruksjon (transport av materialer til byggeplass, konstruksjonsprosess)
- Drift (vedlikehold og utskiftninger, energiforbruk, vannforbruk)
- Riving av bygningen
- Avhending (transport av avfall til sorteringsanlegg/deponi, prosesser for avfallshåndtering og gjenvinning/gjenbruk)  
(Vrijders/Delem *udatert*)

Avhengig av livsløpsvurderingens mål og omfang, varierer det hvilke faser som inkluderes. I en gjennomgang av flere livsløpsvurderingsstudier for bygninger fant Kotaji et al. (2003) at det er vanlig å inkludere produksjon av byggematerialer, transport av byggematerialene til byggetomta, energibruk i driftsfasen, vedlikehold og utskiftning og transport av avfall til avfallshåndtering. Noen ganger inkluderes også energibruk i konstruksjonsfasen, avfall fra byggefasen, vannforbruk i driftsfasen, riving og prosesser for avfallshåndtering. Transport av utstyr og personell til byggetomta blir vanligvis utelatt. Ifølge Byggforsk (2000) utelates som regel produksjon og vedlikehold av infrastruktur, produksjonslokaler, maskiner etc., prosesser knyttet direkte til ansatte (arbeidsreiser etc.), uhell og tilfeldige utslipp.

#### Levetider

Byggforsk (2004) definerer bygninger/bygningsdelers levetid som «*tiden som bygget eller dets deler oppfyller krav til (ønsket) funksjon*» og skriver at det også er vanlig å skille mellom teknisk, økonomisk og funksjonell levetid. Det finnes internasjonale standarder for beregning av levetider<sup>12</sup>.

Kotaji et al. (2003) skriver at valgte levetider for bygninger varierer i de ulike studiene de har undersøkt. I Nederland var det valgt en standard levetid på 75 år for boliger og 20 år for kontorer og i Storbritannia var 60 år valgt som standard. Det finske dataverktøyet *LCA HOUSE* setter levetid til 100 år, mens det sveitsiske dataverktøyet *OGIP* bruker en levetid på 80 år. Ifølge Byggforsk (2000) er økonomisk levetid for bygninger gjerne antatt å være 60 år.

Bygningdelens levetid vil avgjøre antall utskiftninger i løpet av bygningens levetid. Utskiftningsfaktoren kan beregnes enten med eller uten proporsjonal fordeling (eng. *prorating*). Når levetiden til en utskiftet komponent går ut over den antatte levetiden til hele bygningen må man avgjøre hvorvidt man ønsker å ta denne gjenværende delen av levetiden i betraktning. Ved proporsjonal fordeling beregnes antallet utskiftninger etter formelen

$$U = (LB/LKM) - 1$$

hvor U er antall utskiftninger, LB er valgt levetid for bygningen og KM (*komponent/materiale*) er bygningsdelens levetid. Uten proporsjonal fordeling vil svaret rundes opp til nærmeste hele siffer. Proporsjonal fordeling vil ikke gi noe reelt bilde av utskiftningssituasjonen, men vil kunne gi et bedre bilde på gjennomsnittssituasjonen. Det er høye usikkerheter både omkring bygningers og bygningsdelers levetid og bruk av proporsjonal fordeling reflekterer disse usikkerhetene. Resultatene vil bli mindre sensitive for valg av levetid for bygningen (Kotaji et al. 2003).

#### Funksjonell enhet

Ifølge Byggforsk (2000) er vanlige funksjonelle enheter for bygg *m<sup>2</sup> nettoareal sett over byggets levetid* (med bakgrunn i at en uttrykker energiforbruk, luftmengder osv. per m<sup>2</sup> for en bygning i bruk) og *per person sett over byggets levetid*. Dette tar imidlertid utgangspunkt i en vurdering av bygningen som *konstruksjon*. I artikkelen *Generic LCA-methodology*



*applicable for buildings, constructions and operation services – today practice and development needs* beskriver Erlandsson/Borg (2003) ulike abstraksjonsnivåer som kan tas i bruk ved en livsløpsvurdering av bygninger. Man kan vurdere bygninger på tjenestenivå<sup>13</sup>, på konstruksjonsnivå, på komponentnivå og på materialnivå. Ved en livsløpsvurdering av bygningen på tjenestenivå må også de tjenestene bygningen tilbyr defineres i den funksjonelle enheten.

Den funksjonelle enheten bør altså beskrive bygningen som en helhet og gjennom hele levetiden i henhold til ulike karakteristikkene som tilpasning, geografisk plassering, innemiljø, anvendelighet, sikkerhet og komfort, i tillegg til areale, volum og antall brukere (Kotaji et al. 2003).

## Livsløpsvurdering av ulike alternativer for Thingvallagården

I dagens miljødebatt omkring bygging/bygninger fokuseres det i stor grad på energiforbruk i driftsfasen. Eldre bygninger bruker gjerne mer energi til oppvarming i driftsfasen sammenlignet med nye bygninger. For å minske energibruken til eldre bygninger blir det som regel anbefalt å gjennomføre større eller mindre energieffektiviserende tiltak på bygningskroppen<sup>14</sup>. Alle disse alternativene vil kreve at det tilføres nye materialer og dermed forbrukes ressurser i form av råvarer og energi.

Ved å gjennomføre en livsløpsvurdering kan vi undersøke og vurdere miljøpåvirkninger som følge av bygging, gjenbruk og drift av bygninger ved å se på *alle faser i livsløpet* og samtidig undersøke flere miljøpåvirkninger enn de som gjerne er forbundet med energiforbruk (i hovedsak klimaendringer).

Hensikten med denne livsløpsvurderingen er å evaluere og sammenligne miljøpåvirkninger forbundet med ulike energieffektiviseringstiltak som gjennomføres i Thingvallagården (se Energieffektiviserende tiltak i kapittel 5 prosjektering for beskrivelse av de ulike tiltakene). Slik kan vi finne frem til de mest hensiktsmessige alternativene sett fra et helhetlig miljømessig ståsted. Resultatene skal videre drøftes opp mot de ulike alternativenes påvirkning på elektrisitetsforbruk og på Thingvallagårdens kulturhistoriske verdier. Et alternativ som representerer et ytterpunkt for energieffektivisering vil være å rive den gamle bygningen og å bygge en ny og mer energieffektiv i steden. Ved å undersøke dette alternativet vil vi kanskje også få en indikasjon på miljøpåvirkningene forbundet med det å bygge nytt kontra det å gjenbruke.

### Dataverktøy og databaser

Vi har benyttet *SimaPro 7.1.8 Multi user* i gjennomføringen av denne livsløpsvurderingen. Dette er en mye brukt programvare utviklet av PRé Consultants [NL]. SimaPro er ikke utviklet spesifikt for bygninger, men er lett tilgjengelig da NTNU har egen lisensavtale.

13 Tjenestene bygningen tilbyr kan blant annet være oppvarming, avkjøling, innendørs luftkvalitet, vannforsyning, avfallstjenester og bygningsstandard.

14 For eksempel [www.enovaanbefaler.no](http://www.enovaanbefaler.no)

SimaPro inneholder databasen *ecoinvent 2.0*. Ecoinvent er en av de største databasene på markedet og inneholder omkring 4000 datasett over produkter og tjenester. Den dekker energi, transport, byggematerialer, trevirke, metaller, kjemikalier, elektronikk, maskinteknikk, papir og tremasse, plast, avfallsbehandling og landbruksprodukter. (Frischknecht et al. 2007)

## Produktsystem og systemgrenser

I alle undersøkte alternativer er følgende faser og tilhørende enhetsprosesser inkludert:

Produksjon av materialer/komponenter som utgjør den ferdige bygningen<sup>15</sup>

- Utvinning av råmaterialer
- Transport fra lokalitet for utvinning til produksjonssted
- Produksjonsprosessen
- Transport fra produksjonssted (eller utvinningssted) til byggeplassen

Driftsfasen

- Utskiftning og vedlikehold: Avhending og transport av materialer/komponenter som må skiftes i løpet av levetiden og produksjon av nye enheter
- Energibruk

Avhendingsfasen

- Energibruk i rivingsfasen<sup>16</sup>
- Transport av rivningsmaterialer fra tomte til avfalsanlegg
- Prosesser for behandling av avfall

Vi ønsker å sammenligne miljøpåvirkninger fra flere alternativer for en bygning, altså er dette en såkalt *endringsfokusert* studie. Alle elementer som er felles for de ulike scenariene er derfor utelatt. Dette gjelder i hovedsak teknisk infrastruktur som elektrisk anlegg og VVS, og fast innredning (kjøkken og bad). I scenariene som inkluderer gjenbruk av Thingvallagården er ikke de eksisterende materialene/komponentene inkludert i livsløpsregnskapet, da unngått produksjon av nye byggematerialer godskrives gjenbruksalterantivene. Det er altså kun *nye*<sup>17</sup> materialer/komponenter som inkluderes i livsløpsvurderingen.

Avhending av den opprinnelige Thingvallagården er heller ikke tatt med. Bakgrunnen for dette er at alle alternativer ender med riving og avhending av bygningen,- det er kun tidspunktet for rivingen som varierer. For nybyggscenariet avhendes hele (opprinnelige) Thingvallagården til og begynne med, mens den totale avhendingen i gjenbruksscenariene skjer først etter endt levetid. I forhold til tidsmessige avgrensninger har vi valgt å bruke data for dagens situasjon i alle faser, både når det gjelder energibruk, transport, produksjon, tekniske løsninger, avhending og bygningens funksjon (i forhold til forskriftskrav). De ulike alternativene inkluderer ikke scenarier for ombygging eller funksjonsendring.

Hvilke materialer/komponenter som er inkludert er beskrevet i vedlegg 2 og 3, materialister for gjenbruk og nybygg. Arbeidet med å sette opp en komplett liste over ulike materialer og komponenter i gjenbruksscenariene (med tilhørende dimensjoner) er basert på observasjoner i Thingvallagården, faglitteratur (spesielt Byggforsks Kunnskapsserie og Frøstrups *Rehabilitering. Konstruksjoner i tre*) og på egne vurderinger<sup>18</sup>. For nybygget tok vi i bruk

15 Her inkluderes kun materialer/utstyr som tilføres i minimumstiltak/energieffektiviseringstiltak/nybygg

16 Her inkluderes kun materialer/utstyr som tilføres i minimumstiltak/energieffektiviseringstiltak/nybygg

17 Med *nye* materialer/komponenter mener vi det som tilføres i de tenkte tiltakene (minimumstiltak og energieffektiviseringstiltak) og nybygget.

18 Dette er beskrevet under bygningens oppbygning i kapittel 2.

informasjon om referanseprosjektet (Løvåshagen Borettslag) og faglitteratur. Vi har også tatt i bruk informasjon fra ulike produsenter. Noen materialer/komponenter har vi ikke kunnet fremskaffe data for. Disse er markert med grått og mangel er angitt.

## Funksjonell enhet

Den funksjonelle enheten er en bygning med Thingvallagårdens volum og fotavtrykk. Bygningen skal brukes i 80 år. Bygningen skal ha funksjonen bolig og må oppfylle funksjonelle og tekniske krav gitt i forskriftene. Unntaksvis kan oppfyllelse av forskriftskrav fravikes i gjenbruksalternativene om dette vil medføre uforholdsmessig store inngrep i bygningen eller i stor grad svekke bygningens kulturhistoriske verdier eller funksjonalitet. Siden vi ønsker å undersøke ulike tiltak for energioppgradering er ikke krav til energibruk en del av den funksjonelle enheten.

Denne livsløpsvurderingen er en sammenliknende studie og valget av funksjonell enhet er derfor viktig. For nybyggalternativet er det i stor grad den valgte funksjonelle enheten som avgjør utformingen.

Nybyggalternativet og gjenbruksalternativene stiller ulike forutsetninger til valg av løsninger og generell utforming. I gjenbruksalternativene må vi forholde oss til en eksisterende bygning hvor bevaring står sentralt, mens man i utformingen av nybyggalternativet står mye friere. Utformingen av nybygget er til dels styrt av miljøhensyn og til dels av andre hensyn, i hovedsak bestemmelsene i kommunedelplanen. I forhold til «miljøvennlig» bygging er det mye man kan fokusere på ut over det å minimere energiforbruket. For eksempel anser noen arealeffektivisering som et miljøtiltak; Både med tanke på å minske arealbruken per person, men også i forhold til bedre tomteutnyttelse og dermed mindre beslagleggelse av land. Valg av mer miljøvennlige materialer er også et aspekt.

Samtidig kan man velge å forholde seg til det som vil være realistisk å tenke seg med hensyn til byggegrenser/fotavtrykk, høydeavgrensning, materialbruk, økonomi, standard og funksjon for nybyggscenariet. Det kan for eksempel diskuteres hvorvidt det er sannsynlig at en ny bygning på tomte oppføres med samme grunnflate og høyde som Thingvallagården, eller om man heller vil forsøke å utnytte tomte i større grad. Et annet aspekt er i hvor stor grad må det være samsvar mellom gjenbruksalternativene og nybygget i forhold til oppfyllelse av forskriftskrav<sup>19</sup>.

Vi har også diskutert om den funksjonelle enheten skal beskrives enten som *funksjon for et visst antall mennesker* (en bygning som skal dekke boligbehovene til x antall personer) eller som *funksjon med et gitt areal* (en bygning på x m<sup>2</sup> som skal dekke boligbehovene til et passende antall mennesker). Dette kan føre til ulik grad av arealutnyttelse i henholdsvis nybygg- og gjenbruksscenarioene.

Mellom gjenbruksalternativene og nybygget bør disse forskjellene tydeliggjøres:

- I nybygget er det tatt i bruk andre materialer/konstruksjonsmåter enn i den opprinnelige bygningen.
- Gjenbruksalternativene oppfyller ikke preaksepterte forskriftskrav i forhold til bredde/utforming på rømningsveier og -trapper og til lydisolasjon.
- Gjenbruksalternativene har mindre bruksareale i tredje etasje, mens nybygget har

<sup>19</sup> Vi antar at det er større mulighet for å søke dispens i bygninger med verneklasse, og ved rehabilitering må ikke gitte krav etterfølges i like stor grad som ved nybygging.

- mindre bruksareale totalt som følge av tykkere yttervegger.
- I Thingvallgården har hver boenhet mulighet for rømning via to trapper, mens det kun er en trapp tilgjengelig per boenhet i nybygget (i kombinasjon med brannstige).
- Uthuset har to etasjer i gjenbruksalternativene i motsetning til en etasje for nybyggalternativet.

Det finnes også andre ulikheter og for ytterligere beskrivelse av bygningene henviser vi til kapittel 5 Prosjektering og til vedlegg 2 og 3, materialister for gjenbruk og nybygg.

#### Tidshorisont

Vi velger å sette tidshorisonten for vurderingen til 80 år. Vi antar altså at både nybyggalternativet og gjenbruksalternativene har en levetid på 80 år før de avhendes. Dette er gjort med bakgrunn i følgende punkter:

- Funksjonen gjestebolig/studentbolig avhenger til dels av NTNUs eksistens/plassering på Gløshaugen, men også av et vedvarende og generelt behov for boliger.
- I gjenbruksalternativene for Thingvallgården antas gjennomføring av så omfattende tiltak/inngrep at standarden blir vesentlig forbedret og på linje med nybyggstandard. Videre anser vi det som sannsynlig at kvaliteten på materialer i Thingvallgården relativt sett er høyere enn kvaliteten på materialene tilført i nybygget (da særlig trevirke).

En sensitivitetsanalyse med tidshorisont 30 år er gjennomført for å undersøke betydningen av satt tidshorisont.

#### Modellering i SimaPro



Oppbygning av et produktsystem i SimaPro (skjermbilde).

I SimaPro er hvert alternativ/tiltak beskrevet som en *life cycle* med en *konstruksjonssamling*, *energiforbruket* i driftsfasen og *avhending* av konstruksjonen knyttet til seg. Konstruksjonssamlingen er bygget opp av ulike *komponentgrupper* som beskriver 1 kg/m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> produkt. På denne måten kan vi bygge opp de ulike alternativene med de samme komponentgruppene. Mengden av hver komponentgruppe angis i de ulike konstruksjonssamlingene (se vedlegg 5 - input i SimaPro).



Materiale /komponent	Produsent	Avstand (km)	Avfallstype	Avhendingsprosess	Mottak	Avstand (km)
1 Armering, stål	Skanska A/S	19,6	1400 Metaller	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
2 Asfaltapp	Icopal A/S	480,0	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
3 Blikkplater /beslag	Astrup A/S	5,5	1400 Metaller	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
4 Bruddstein, granitt	Bolsøva Steinbrudd	216,0	1601 Stein, sand, grus og lignende	Resirkulering/gjenbruk	Usikkert (estimert avstand)	10,0
5 Cellulosefibre	AgroNova A/S	550,0	1199 Blandet organisk avfall	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
6 Ekstrudert polystyren (XPS)	Rockwool	6,0	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
7 EPDM-gummi tettelister	Rockwool	6,0	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
8 Gipsplater	Norgips Norge A/S (Drammen)	537,0	1615 Gips	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
9 Glass, diverse	Classfabrikken A/S	603,0	1300 Glass	Sortering - resirkulering/gjenbruk (60%) og deponi (40%)	Franzefoss A/S	9,7
10 Glassvatt	Glava A/S	34,0	1617 Mineralull	Sortering - deponi	Franzefoss A/S	9,7
11 Grus (betong)	Mo grustak	18,4	1640 Ren betong, tegl og takstein	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
12 HDF plater	Norsk Limtre A/S	100,0	1149 Blandet, bearbeidet trevirke	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
13 Inneerdører	Rennebu dør & vindu A/S	8,7	1149 Blandet, bearbeidet trevirke	Sortering - resirkulering/gjenbruk (37%) og deponi (63%)	Franzefoss A/S	9,7
14 Kalkemørtel	Weber Trondheim	4,3	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - deponi	Franzefoss A/S	9,7
15 Kalksementmørtel	Weber Trondheim	4,3	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - deponi	Franzefoss A/S	9,7
16 Keramiske fliser	Boizenburger Fliesenfabrik GmbH & Co	1426,0	1619 keramikk og porselen	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
17 Konstruksjonsstål	Skanska A/S	19,6	1400 Metaller	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
18 Leca (betong)	Weber Trondheim	4,3	1640 Ren betong, tegl og takstein	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
19 Maling (innvendig overflate)	Gjøco A/S	190,0	7051 -55 Maling, lim, lakk, fugemasser, spraybokser m.m.	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
20 Maling (utvendig overflate)	Gjøco A/S	190,0	7051 -55 Maling, lim, lakk, fugemasser, spraybokser m.m.	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
21 MDF plater	Norsk Limtre A/S	100,0	1149 Blandet, bearbeidet trevirke	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
22 Panelovner / radiatorer	Adax (Svevik)	545	1507 Utstyr for oppvarming, luftkondisjonering, ventilasjon	Sortering - resirkulering/gjenbruk (87%) og deponi (13%)	WEEE Recycling AS (Øysand)	19,6
23 Polyester vindspærre	Rockwool	6,0	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
24 Polyetylen dampspærre	Glava A/S	34,0	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
25 Polypropylen drenerør	Icopal A/S	480,0	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
26 Polypropylen knasteplate	Icopal A/S	480,0	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
27 Polypropylen vindspærre	Icopal A/S	480,0	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
28 PVC gulvbelegg	Nordby Gulv A/S	4,5	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
30 Rør sprinkleranlegg*	Aktiv Sprinkler A/S	821,4	1400 Metaller	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
31 Sand (betong)	Mo grustak	18,4	1640 Ren betong, tegl og takstein	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
32 Semment (betong)	Norcem A/S	595,2	1640 Ren betong, tegl og takstein	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
33 Sentralfranlegg	(transport inkludert i datasett)			(avhending og transport inkludert i datasett)		
34 Skifer	Orkelbog Laft & Skifer	122,0	1601 Stein, sand, grus og lignende	Resirkulering/gjenbruk	Usikkert (estimert avstand)	10,0
35 Solkollektor	(transport inkludert i datasett)			(avhending og transport inkludert i datasett)		
36 Spiker	Christiana Spigerveksted	492,4	1400 Metaller	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
37 Sponplater	Norsk Limtre A/S	100,0	1149 Blandet, bearbeidet trevirke	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
38 Sprinklerhoder	Aktiv Sprinkler A/S	821,4	1400 Metaller	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
39 Steinull	Rockwool	6,0	1617 Mineralull	Sortering - deponi	Franzefoss A/S	9,7
40 Støper feieluker	Jøtul	578,4	1400 Metaller	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
41 Støperovner	Jøtul	578,4	1400 Metaller	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
42 Takrenner / nedløp	Icopal A/S	480,0	1400 Metaller	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
43 Tegl	Wienerberger A/S	587,5	1640 Ren betong, tegl og takstein	Sortering - resirkulering/gjenbruk (60%) og deponi (40%)	Franzefoss A/S	9,7
44 Trevirke, bearbeidet	Støren Trelast A/S	50,0	1149 Blandet, bearbeidet trevirke	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
45 Trevirke, rent	Støren Trelast A/S	50,0	1141 Rent trevirke	Sortering - forbrenning	Støren Trelast A/S	50,0
47 Varmepumpe	IVT Värmepumpar (Tranås SWE)	870,0	1507 Utstyr for oppvarming, luftkondisjonering, ventilasjon	Sortering - resirkulering/gjenbruk (92%) og deponi (8%)	WEEE Recycling AS (Øysand)	19,6
48 Ventilasjonsaggregater	ebm papst (Hollenbach, GER)	1846,0	1507 Utstyr for oppvarming, luftkondisjonering, ventilasjon	Sortering - resirkulering/gjenbruk (92%) og deponi (8%)	WEEE Recycling AS (Øysand)	19,6
49 Ventilasjonskanaler	Nelby's Spirerprodukter A/S	381,6	1400 Metaller	Sortering - resirkulering/gjenbruk	Franzefoss A/S	9,7
50 Verandadører	Rennebu dør & vindu A/S	8,7	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning (27%) og deponi (73%)	Franzefoss A/S	9,7
51 Vindusramme (a)	Rennebu dør & vindu A/S	8,7	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
52 Vindusramme (b)	NorDan	360	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning	Franzefoss A/S	9,7
53 Vindusruter (a)	Rennebu dør & vindu A/S	8,7	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning (28%) og deponi (72%)	Franzefoss A/S	9,7
54 Vindusruter (b)	NorDan	360,0	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning (28%) og deponi (72%)	Franzefoss A/S	9,7
55 Ytterdører	Rennebu dør & vindu A/S	8,7	1699 Blandet uorganisk avfall	Sortering - forbrenning (64%) og deponi (36%)	Franzefoss A/S	9,7

\* Ved bruk av vannbåren varme (sentralfranlegg og i noen tilfeller solkollektoranlegg) brukes denne komponentgruppen som rør

Alle elementer i materiallista (se vedlegg 2 og 3, materialliste for nybygg og gjenbruk) er sortert under de ulike komponentgruppene. Inndelingen av komponentgruppene gjenspeiler i stor grad ulike avfallsfraksjoner. Ved modellering i SimaPro vil en slik inndeling være gunstig, da avhendingsprosesser for hver komponentgrupper modelleres for seg.

## Livsløpsregnskap

### Generiske data

Innstrømmer og utstrømmer til de forskjellige enhetsprosessene ble hentet fra ecoinventdatabasen. Hvert datasett beskriver livsløpsregnskapet til en enhetsprosess hvor den funksjonelle enheten enten er et produkt eller en tjeneste. Datasettene i Ecoinvent inkluderer mengden infrastruktur som er nødvendig for å produsere den funksjonelle enheten. De fleste datasett er representative for den sveitsiske eller europeiske situasjonen (Frischknecht et al. 2007).

### Materialer/komponenter

Ecoinvent inneholder datasett for flere ulike byggematerialer og -komponenter. Datasettene beskriver vogge-til-port-prosesser (eng. *cradle-to-gate*), altså hele prosessen fra utvinning av råvarer, produksjon og transport innad i produksjonsleddet fram til ferdig produkt på produksjonssted. Datasettene i ecoinvent beskriver ikke vogge-til-grav prosesser, da livsløpet kan arte seg ulikt for samme produkt/tjeneste avhengig av kontekst. Man må videre legge til transport til byggeplass og avhendingsprosesser. Forbruk av elektrisitet i datasett for produksjon representerer i hovedsak sveitsiske eller europeiske<sup>20</sup> elektrisitetsblandinger.

For noen av komponentgruppene fantes ikke fullstendige datasett. Dette gjaldt i stor grad metall- og plastprodukter. Vi har her modellert produksjonsprosessen selv ved å bruke datasett som beskriver materialet på et tidligere tidspunkt i kjeden (for eksempel plastgranulat) som videre bearbeides til ferdig produkt. Her ligger datasett for en rekke prosesser for bearbeiding

<sup>20</sup> Forsynt elektrisitet på UCTEs nett (*Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity*, fra 01.07.2009 en del av *The European Network of Transmission System Operators for Electricity* (ENTSO-E))

av materialer som man kan velge blant.

Det anbefales også at transport innad i selve produksjonsprosessen legges til. Her mangler data i vår studie, enten på grunn av usikkerhet omkring avstander eller fordi vi antar at produksjon av råvarer og videre foredling skjer på samme sted.

Valg av datasett er gjort med støtte i ulike rapporter publisert på ecoinvents dataside. Hvilke datasett som er brukt for å modellere komponentgruppene (både produksjon og avhending) er beskrevet i vedlegg 4 (datasett). I vedlegg 5 finnes en beskrivelse av mengder og sammensetning av komponentgrupper som er brukt i de ulike tiltakene/alternativene.

### ***Transport***

For transport av materialer til byggeplass og transport av avfall til sorteringsanlegg/deponi har vi brukt datasettet som beskriver en lastebil med kapasitet til å ta 28 tonn last eller mer og som er gjennomsnittlig lastet.

### ***Elektrisitet***

Ecoinvent inneholder datasett for elektrisitetsblandinger for ulike land og beskriver både elektrisitet produsert innenlands og forsynt elektrisitet. Datasettene er basert på gjennomsnittlig produksjonssituasjon i 2004/2005. Forsyningsblandingen er en blanding av innenlands produksjon og importert elektrisitet og det er disse settene som bør brukes i livsløpsvurderinger. Alle datasett kommer i fire versjoner som beskriver henholdsvis elektrisitet levert fra samleskinne, ved høy spenning (>24kV), ved middels spenning og ved lav spenning (<1kV). For elektrisitet levert til husholdninger anbefales det å bruke datasettene som beskriver lav spenning (Frischknecht et al. 2007). Vi har brukt datasettet for elektrisitetsblandingen på det norske nettet (med import). Denne elektrisitetsblandingen består av elektrisitet fra følgende kilder (Bauer et al. 2007):

<i>Kilde</i>	<i>MJ<sub>eq</sub> / kWh</i>
Ikke-fornybare energikilder; Fossile	0,09
Ikke-fornybare energikilder; Atomkraft	0,05
Fornybare energikilder; Vann	4,58
Fornybare energikilder; Vind, sol, jordvarme	0,01
Fornybare energikilder; Biomasse	0,04

### ***Avhending***

I ecoinvent finnes datasett som beskriver avhendingsprosesser for ulike byggematerialer. Her er energibruk og belastninger forbundet med riving (for eksempel svevestøv; dette gjelder mineralske materialer som betong, tegl, gips, mineralull osv.), transport til sorteringsanlegg/deponi, infrastruktur og energibruk i sorteringsanlegg og videre avhendingsprosesser inkludert.

For materialer/komponenter som ikke er representert ved denne typen datasett må avhendingsprosessen modelleres. Databasen inneholder datasett for ulike avhendingsprosesser som resirkulering, forbrenning, deponi osv. Energiforbruk i sorteringsanlegget er hentet fra ecoinventrapport 13, del V *Building Material Disposal* (Doka 2009), hvor det antas at forbruket for materialer som trenger og ikke trenger å knuses er henholdsvis 3,7 kWh/t og 2,2 kWh/t.

Data knyttet spesifikt til prosjektet

Vi har beregnet engden materialer som inngår i den funksjonelle enheten og energibruk i

driftsfasen må beregnes. Man må også finne intervaller for utskiftning av de ulike materialene.

### **Materialmengder**

For å finne utstrømmene fra hver produksjonsprosess trengte vi mengdedata for hvert materiale/element/bygningsdel som tilføres og fjernes<sup>21</sup>. Det er brukt ulike fremgangsmåter for å finne mengdedata:

- *CAD-modell.* Vi har bygget opp ulike modeller i ArchiCAD 13: Den eksisterende Thingvallagården (beskrevet i kapittel 2), minimumstiltak i Thingvallagården og nybygget. ArchiCAD 13 generer lister over materialmengder i modellen.
- *Registreringer i bygningen.* Under tilstandsanalysen ble ulike materialer og komponenter registrert (for eksempel overflater, mengder listverk og dører). Disse dataene ble koblet med tegninger av Thingvallagården for beregning av mengde.
- *Mål tatt fra tegning.* Elementer som fantes i tegninger ble målt direkte på tegningen (for eksempel utvendig listverk, dører og vinduer). Overflater på vegger ble funnet ved å kombinere snitt- og plantegninger.
- *Mål beregnet med utgangspunkt i tegning.* En del elementer i Thingvallagården ligger skjult under andre elementer (for eksempel lekter under panel). Disse er dermed ikke helhetlig observert eller tegnet. Her måtte vi først gjøre en faglig begrunnet antakelse om hva som fantes og det ble deretter brukt mål fra tegningene for å beregne mengder.

For å beregne komponentenes masse måtte vi finne de ulike materialenes egenvekt. Her har vi brukt NS-EN 1991-1-1:2000, BKS 471.031 *Egenlaster for bygningsmaterialer, byggevarer og bygningsdeler* og i noen tilfeller informasjon fra produsenter og leverandører.

Vi beregnet først mengde for alle komponentene beskrevet i vedlegg 2 og 3, materialliste for nybygg og gjenbruk. Når vi hadde mengden for hver komponent ble disse sortert under ulike

### **Utskiftning**

For å finne intervaller for utskiftning av de ulike komponentene/materialene må det angis en levetid for hver komponent/materiale. Vi har i hovedsak brukt data fra BKS 700.320 *Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler*. For materialer/komponenter som ikke var oppgitt i BKS 700.320 ble det enten brukt data for lignende komponenter, tatt i bruk andre kilder eller gjort egne anslag. I gjenbruksalterantivene måtte vi også ta hensyn til de eksisterende<sup>22</sup> materialene/komponentene. Vi måtte her finne en antatt gjenstående levetid. Her ble resultatene fra tilstandsanalysen brukt sammen med BKS 700.320.

Antall utskiftninger er beregnet på følgende måter:

1. Når komponenten/materialet er ny/nytt er antall utskiftninger beregnet etter følgende formler (med proporsjonal fordeling):

$$\text{om } LKM \geq LB: U = 0 *$$

$$\text{om } LKM \leq LB: U = (LB/LKM) - 1$$

hvor U er antall utskiftninger, LB er valgt levetid for bygningen og LKM er komponenten/materialets levetid.

2. Når komponenten/materialet er eksisterende (byttes ikke ut i minimumstiltaket) beregnes utskiftning etter følgende formler (med proporsjonal fordeling):

21 Alle mengdedata er samlet i et Calc-dokument (Masseberegninger.ods) hvor den totale massen er beregnet.

22 Med *eksisterende* mener vi en del av den opprinnelige Thingvallagården.

om  $LKM_e \geq LB$ :  $U = 0$  \*

om  $LKM_e \leq LB$ :  $U = ((LB - LKM_e)/LKM_n)$

hvor U er antall utskiftninger, LB er valgt levetid for bygningen,  $LKM_e$  er gjenstående levetid for eksisterende komponent/materiale og  $LKM_n$  er levetid for nytt komponent/materiale.

3. Når kun en del av komponenten/materialet er nytt (skiftes ut) beregnes antall utskiftninger av den nye delen på samme måte som i punkt 1. Utskiftning av det gjenværende/eksisterende materialet beregnes på samme måte som i punkt 2.

\* For noen komponenter med levetid lik eller høyere enn 80 år er det angitt en prosentvis utskiftning i løpet av 80 år. Dette gjelder hovedsakelig eksisterende komponenter/materialer.

### **Avhending**

For å finne prosesser for avhending kunne vi enten forholde oss til scenarier som baseres på en fremtidig situasjon eller forholde oss til dagens prosedyrer. Vi har valgt å forholde oss til de krav som i dag stilles til hvordan avfallet skal sorteres og håndteres videre ved riving og avhending av bygninger.

Vi har klassifisert avfall etter NS 9431:2000 Klassifisering av avfall. Informasjon om hvordan avfallet skal fjernes eller behandles er hentet fra [www.byggeavfall.no](http://www.byggeavfall.no). TEK10 § 9-8. *Avfallssortering* sier at minimum 60 vektprosent av avfallet som oppstår i tiltak der det kreves avfallsplan skal sorteres i ulike avfallstyper og leveres til godkjent avfallsmottak eller direkte til gjenvinning. I spesielle tilfeller kan kommunen godkjenne levering til sorteringsanlegg, så sant sorteringsanlegget kan dokumentere en utsorteringsgrad på 60 %. Vi tar utgangspunkt i at byggeavfallet levers til Franzefoss Pukk og gjenvinning A/S, som har sorteringsanlegg på Lade. Vi antar at alt materiale som skal forbrennes sendes til Trondheim Energis fjernvarmeanlegg på Heimdal.

### **Transport**

Transportavstanden fra produksjonssted for de ulike bygningsmaterialene og -elementene ble funnet ved å beregne avstanden mellom tomte og *nærmeste* produksjonssted for det aktuelle produktet. Produksjonsstedene ble funnet gjennom søk på internett og avstandene ble beregnet ved bruk av Gule siders karttjeneste (i Norge) og Google Maps (utenfor Norge). Transportavstander for avfall er funnet på samme måte.

### **Energibruk i driftsfasen**

Energibruk i driftsfasen (beregnet levert energi) er for gjenbruksalternativene beregnet i SIMIEN (se kapittel 6 *Energiberegninger*). Se vedlegg 6 for en oversikt over tilført energi for hvert tiltak.

### **Allokering**

Vi har brukt forhåndsgitte allokeringprosedyrer i ecoinvent.

### **Resirkulering**

Ved resirkulering allokterer ecoinvent alle byrder forbundet med resirkuleringsprosessen til det resirkulerte materialet.

### **Forbrenning med energiproduksjon**

Ved forbrenning med energiproduksjon (for eksempel i fjernvarmeanlegg) allokterer ecoinvent alle byrder forbundet med forbrenningsprosessen til avfallshåndteringsprosessen. Den



produserte varmen tilskrives altså ingen byrder.

Ecoinventrapport 13, del II *Waste incineration* (Doka 2009) forklarer at justering av systemgrensene ikke er mulig fordi frigjøringen av energi og forbrenningen av avfall forekommer i samme stund. Det synes heller ikke mulig å allokere basert på fysiske forhold, da ingen av energiens kvantitative egenskaper (energiinnhold, temperatur) kan beskrive funksjonen søppelforbrenning. Den produserte energien ansees som et bi-produkt, da søppel tidligere ble brent uten produksjon av energi. Dessuten står energiproduksjonen for kun 5-10% av de årlige inntektene til forbrenningsanleggene som er undersøkt. På bakgrunn av dette tilskrives den fulle byrden av forbrenningsprosessen avfallshåndteringsprosessen og 0% tilskrives den produserte energien.

I forbrenningsanlegget på Heimdal må energiproduksjon sies å være hovedfunksjonen til anlegget, og vurderingene som danner grunnlaget for allokering i ecoinvent er dermed ikke absolutt gyldige. Vi har allikevel valgt å foholde oss til de gitte allokeringsprosedyrene, da miljøpåvirkningene forbundet med avhendingsprosessene gjennomsnittelig utgjør kun 2 % (5 % ved nybyggalternativ) av det totale bidraget for alle undersøkte alternativer.

### Livsløpseffektvurdering (LCIA)

SimaPro inneholder flere forskjellige standardmetoder for livsløpseffektvurdering. Hver metode inneholder flere effektkategorier. Noen tillater aggregering av kategoriene til et enkeltresultat, mens andre ikke gjør det.

#### ReCiPe 2008

Vi har valgt å bruke ReCiPe 2008 i denne livsløpsvurderingen. Dette er en nylig utviklet metode som bygger viderer på to mye brukte metoder; Eco-indicator 99 og CMLs grunnlinjemodell. Karakteriseringsfaktorene brukt i ReCiPe samsvarer med elementærstrømmene i ecoinventdatabasen (Goedkoop et al. 2009).

ReCiPe beskriver miljøpåvirkninger både som midtpunkter og endepunkter. Til beskrivelsen av det første leddet i miljøpåvirkningen (som leder frem til midtpunktene) er det knyttet relativt lav usikkerhet, mens beskrivelsen av det andre leddet (som leder frem til endepunktene) har en relativt høy usikkerhet (ibid.).

Miljømessige mekanismer varierer i forhold til om de påvirker regionalt eller lokalt. ReCiPe-metoden forsøker å beskrive de miljømessige mekanismene som gjelder på det globale nivået så langt dette lar seg gjøre. For miljømekanismer som kun er knyttet til regionale forhold er modellen generalisert for å være relevant for i-land i tempererte regioner. Baksiden ved dette er at potensielt viktige miljømessige mekanismer er utelatt, for eksempel de som er knyttet til bruk av land (erosjon, endring i jordas saltholdighet og utarming av jorda) (ibid.).

Det er også tre versjoner av ReCiPe som beskriver tre ulike perspektiver; Det *individualistiske* (I), det *hierarkiske* (H) og det *egalitære* (E). Disse reflekterer ulike valg omkring tidshorisont, overkommelighet osv. Perspektiv I baserer seg på kortsiktige interesser, ubestridte miljømessige mekanismer og et optimistisk syn på at teknologien vil komme menneskeheten til unnsetning. Perspektiv H baserer seg på de vanligste retningslinjene i forhold til tidshorisont osv. Perspektiv E er perspektivet som i størst grad formaner om forsiktighet og tar den lengste tidshorisonten og miljømessige mekanismer det ikke er full enighet om i betraktning (ibid.).

## Effektkategorier

Følgende effektkategorier er representert i resultatene:

1. **Klimaendringer, menneskelig helse** (*climate change human health* – CCH)
2. **Klimaendringer, økosystemer** (*climate change ecosystems* – CCE)  
Utslipp av CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O og en rekke andre gasser kobles til klimaendringer. Ved økte konsentrasjoner av disse gassene kan utstråling fra jorda forhindres og klimaet blir dermed varmere. Dette kan potesielt føre til økt forekomst av hetebølger, luftforurensning og luftbårne allergener (som pollen), endringer i hav, økning i havnivå og mer ekstremvær. «Global warming potential» (GWP) uttrykkes som utslipp av (kg) CO<sub>2</sub> til luft.
3. **Nedbryting av ozonlaget** (*ozone depletion* – OD)  
Ozonlaget i stratosfæren er avgjørende for livet på jorda fordi det absorberer den skadelige UV-B-strålingen fra sola. UV-B-stråling kan føre til hudkreft, katarakt (grå stær), tidligere aldring, hemning av immunsystemet og skader på planteliv og liv i havet. Det er i hovedsak KFK-gasser, HKFK-gasser og haloner som bidrar til nedbryting av ozon i stratosfæren. «Ozone depletion potential» (OPD) uttrykkes som utslipp av (kg) KFK-11<sup>5</sup> til luft.
4. **Humantoksisitet** (giftighet for mennesker) (*human toxicity* – HT)  
Det er en lang rekke substanser som kan være giftige for mennesker. Summen av bidrag fra luft, jord og vann utgjør det potensielle bidraget til humantoksisitet. «Human toxicity potential» (HTP) uttrykkes som utslipp av (kg) 14DCB (diklorbenzen) til byluft.
5. **Dannelse av fotooksidanter** (*photochemical oxidant formation* – POF)  
Ozon ved bakken er en fotooksidant som dannes i reaksjoner mellom NO<sub>x</sub> og hydrokarboner. Fotooksidanter kan føre til irritasjon/skade i luftveiene og kan også være skadelig for plantelivet. Spesielt utslipp av PM<sub>10</sub>, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> and NMVOC kan forårsake dannelse av fotooksidanter. «Photochemical oxidant formation potential» (POFP) uttrykkes som utslipp av (kg) NMVOC<sup>6</sup> (flyktige organiske forbindelser, unntatt CH<sub>4</sub>) til luft.
6. **Dannelse av svevstøv** (*particulate matter formation* – PMF)  
Svevstøv kan være skadelig for luftveiene. Det forekommer naturlig (i vulkaner, sandstormer, skog- og gressbranner) og dannes også gjennom menneskelig aktivitet (ved forbrenning, bruk av fossilt drivstoff og i ulike industriprosesser). «Particulate matter formation potential» (PMFP) uttrykkes som utslipp av (kg) PM<sub>10</sub> (svevstøv med diameter ≤ 10 µm) til luft.
7. **Ioniserende stråling** (*ionising radiation* – IR)  
Ioniserende stråling (radioaktivitet) kan føre til vevsskader og høye doser kan medføre mutasjoner, strålesyke, kreft og død. Ioniserende stråling finnes naturlig overalt, men kan også komme fra radioaktive materialer, røntgenrør og partikkelakseleratorer. «Ionising radiation potential» (IRP) uttrykkes som utslipp av (kg) U<sup>235</sup> til luft.
8. **Forsuring av jord** (*terrestrial acidification* – TA)  
De fleste plantearter er tilpasset ett bestemt pH-nivå i jorda. Om nivået endres vil dette få konsekvenser for plantelivet. Spesielt utslipp av sulfater, fosfater og nitrater bidrar til forsuring av jorda. «Acidification potential» (AP) uttrykkes som utslipp av (kg) SO<sub>2</sub> til luft.
9. **Eutrofiering av ferskvann** (*freshwater eutrophication* – FE)  
Eutrofiering er overgjødning av vannmiljøet. Dette kan føre til økt biologisk aktivitet,

som for eksempel algevekst, og endringer i artssammensetning. Eutrofiering forårsakes hovedsakelig av næringssalter (fosfor- og nitrogenholdige substanser). «Freshwater eutrophication potential» (FEP) uttrykkes som utslipp av (kg) F til ferskvann.

10. **Terrestrisk økotoksisitet** (*terrestrial ecotoxicity – TET*)  
Økotoksisitet er knyttet til utslipp som er giftige for arter i økosystemet. Dette gjelder spesielt utslipp av tungmetaller. Terrestrisk økotoksisitet beskriver forurensning av jord. «Terrestrial ecotoxicity potential» (TEP) uttrykkes som utslipp av (kg) 14DCB til industriell jord.
11. **Akvatisk økotoksisitet** (*freshwater ecotoxicity – FET*)  
(se punkt 9) «Freshwater ecotoxicity potential» (FETP) uttrykkes som utslipp av (kg) 14DCB til ferskvann.
12. **Marin økotoksisitet** (*marine ecotoxicity – MET*)  
(se punkt 9) «Marine ecotoxicity potential» (METP) uttrykkes som utslipp av (kg) 14-DCB<sub>7</sub> til hav.
13. **Bruk av jordbruksområder** (*agricultural land occupation – ALO*)  
Denne kategorien baserer seg på at areale er en begrenset ressurs (jorda har et gitt areale). Dessuten fører bruk av områder til en endring i artsmangfoldet (i en åker vil for eksempel bonden forsøke å redusere antall arter til én - avlingen). «Agricultural land occupation potential» (ALOP) uttrykkes som bruk av (m<sup>2</sup>) jordbruksområder per år.
14. **Bruk av byområder** (*urban land occupation – ULO*)  
(se punkt 13) «Urban land occupation potential» (ULOP) uttrykkes som bruk av (m<sup>2</sup>) byområder per år.
15. **Omdannelse av naturområder** (*natural land transformation – NLT*)  
En omdannelse av et område vil føre til en endring i artsmangfoldet. Dessuten vil en slik omdannelse føre til endringer i områdets (jordas) kvalitet. «Natural land transformation potential» (NLTP) uttrykkes som transformasjon av (m<sup>2</sup>) naturområder per år.
16. **Forbruk av mineralressurser** (*mineral resource depletion – (MRD)*)  
«Mineral depletion potential» (MRDP) uttrykkes som forbruk av (kg) Fe.
17. **Forbruk av fossile brensler** (*fossil fuel depletion – (FD)*)  
«Fossil depletion potential» (FDP) uttrykkes som forbruk av (kg) olje.  
(Baumann og Tillman 2004/Byggforsk 2000/Goedkoop et al. 2009)

## Standardens krav til sammenlignende studier

Standarden stiller følgende krav til sammenlignende studier som skal offentliggjøres:

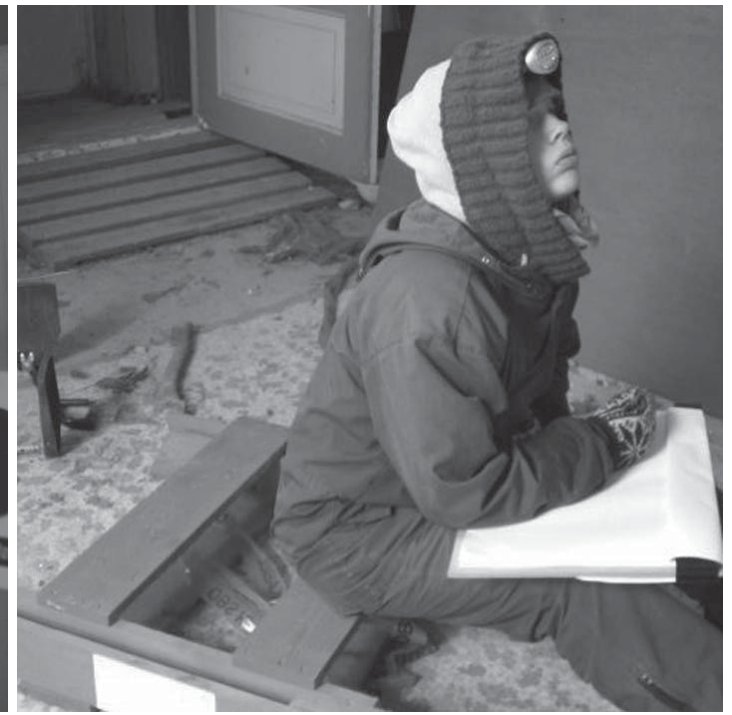
1. Det skal gjennomføres en kritisk gjennomgang av studien (enten ved interne/eksterne eksperter eller av et panel bestående av berørte parter).
2. Det skal gjennomføres en analyse av resultatenes sensitivitet og usikkerhet.
3. Det skal brukes et tilstrekkelig omfattende sett kategoriindikatorer, og disse skal sammenlignes en for en. Sluttresultatene kan altså ikke aggregeres til ett enkeltresultat.
4. Resultatene skal ikke vektet.
5. Kategoriindiktorene bør være internasjonalt aksepterte.

Denne livsløpsvurderingen er en del av en masteroppgave og skal dermed offentliggjøres, men oppfyller ikke ovenfor nevnte krav, punkt 1-4. (Punkt 5 oppfylles da vi har valgt å bruke perspektiv H i ReCiPe).

Tolkning og vurdering av resultatene vil bli presentert i kapittel 8.







DEL3  
Kapittel 8  
Drøfting av resultater  
og anbefaling av tiltak





Vurderingen av de ulike tiltakene har foregått suksessivt. Trinn 1 bestod i å undersøke alle energieffektiviserende tiltak som er beskrevet i kapittel 5 *Prosjektering*, for deretter å tolke/vurdere/dra slutninger ut fra resultatene. I trinn 2 satte vi sammen pakker med ulik energistandard, delvis basert på resultatene fra trinn 1 og delvis ut fra satte standarder (TEK10 og Passivhus). Disse ble så vurdert. Trinn 3 er en videre vurdering og utprøving av trinn 2.

Underveis i gjennomføringen av analysene fant vi ut at det også ville være interessant å undersøke et nybygg med energistandard i henhold til TEK10. For konstruksjonen har vi tatt utgangspunkt i nybygget med passivhusstandard, men har kun brukt halvert isolasjonsmengde. Elektrisitetsforbruket er satt etter kravnivå i TEK10.

Videre vil vi vurdere de ulike tiltakene ut fra deres konsekvenser for Thingvallagårdens kulturhistoriske verdier, energiforbruk og miljøpåvirkning. Til slutt vurderer vi «vellykketheten» til de ulike tiltakene sett i et helhetlig miljømessig og kulturhistorisk perspektiv. Med grunnlag i dette gir vi anbefalinger for hvilke tiltak som vil være mest hensiktsmessig å gjennomføre for Thingvallagården.

## Kulturhistoriske verdier

### Tiltak 1: Tetting av luftlekkasjer

Ved tetting av luftlekkasjer mellom ramme og karm i vinduer og mellom karm og dører kan det være fare for at listverk tar noe skade av tiltaket, mens påføring av tettelist er relativt uproblematisk fordi dette ikke krever demontering. For en bygning der veggkonstruksjonen allerede er forholdsvis tett vil dette være et effektivt tiltak, mens det for et bygg i reisverk fortsatt vil være et problem med luftlekkasjer gjennom selve konstruksjonen. Generelt er dette et forholdsvis lite destruktivt tiltak: Tiltaket er reversibelt, lite synlig og inngrepene moderate.

Når det gjelder Thingvallagården spesielt vil alle taklister (med unntak av de i hovedbygningens tredje etasje) demonteres før man setter opp brannhimlinger. Også ved de nyere utføringene som vi har forutsatt at fjernes, vil demontering av listverk være første trinn. Det samme gjelder for kjelleren. Dette begrenser mengden «uberørt» listverk som påvirkes av dette tiltaket.

### Tiltak 2: Nytt vindspærresjikt

Et nytt vindspærresjikt resulterer ikke alltid i en total utskiftning av ytterkledningen, men den vil alltid måtte demonteres. En utskiftning av utvendig kledning vil være svært destruktivt. Sånn sett er dette et tiltak som ikke bør anbefales dersom kledningen er i god stand. Et skifte av kledning vil potensielt kunne endre det utvendige helhetsinntrykket betraktelig, og man er avhengig av godt håndverk for å få gode resultater. Dette gjelder i særlig grad om det er detaljer i fasaden som brystning og etasjebånd.

I de tilfeller kledningen er i en slik tilstand at den uansett må skiftes ut kan montering av (ny) vindspærre være et godt tiltak. Det vil da være naturlig å kombinere tiltaket med en utvendig etterisolering. Konsekvensene av dette vil vi komme tilbake til senere.

I Thingvallagården har eksisterende panel blitt slitt og sprøtt på grunn av manglende vedlikehold og det vil ikke tåle en demontering. Samtidig ser vi at en utskiftning av



eksisterende kledning her vil være uunngåelig på lang sikt på grunn av den dårlige tilstanden. Å gi bygningen en ny kledning kan føre til at uttrykket blir endret, men med en god utførelse kan det potensielt bidra til å gi bygningen tilbake noe av verdigheten den har mistet gjennom forfallet ved at panelet får samme uttrykk som da bygningen ble reist. Dette forutsetter også at etasjeband settes tilbake i tilsvarende materialkvalitet.

#### Tiltak 3a–3d: Tiltak på vinduer

Å bytte vinduer vil være et særdeles destruktivt tiltak dersom vinduene som skiftes ut er opprinnelige. I slike tilfeller bør alternative løsninger som for eksempel innsetting av varevindu vurderes som et alternativ. Dersom vinduene allerede har blitt skiftet ut (med vinduer som har annen utforming enn de opprinnelige) vil dette tiltaket åpne for muligheten for å tilbakeføre disse til et tidligere uttrykk.

Å skifte vinduer vil innebære at utvendig listverk rundt vinduene må demonteres og dette kan potensielt føre til skader på verdifulle omrammingsdetaljer.

I Thingvallgården står det i kjelleren ni opprinnelige torams vinduer med enkle glass og to ruter i høyden. I tiltak 3a og 3b har vi forutsatt at disse erstattes med vinduer med bedre U-verdi. I pakkeløsning 7 har vi undersøkt energisparepotensialet ved å montere varevindu innenfor de opprinnelige vinduene. Å gjennomføre tiltak som gjør at de opprinnelige vinduene bevares er naturligvis å foretrekke.

I forhold til de mange T-postvinduene i bygningen er «skaden allerede skjedd» ved at opprinnelige T-postvinduer har blitt erstattet med vinduer med et forenklet uttrykk (øvre midtsprosse mangler). Vinduene, som er typiske 2-lags isolerglass vinduer fra rundt 1980-tallet, er i dag i en såpass dårlig stand at vi antar at de vil måtte skiftes ut innenfor en tidsramme på høyst fem år, og det vil derfor være naturlig å anta at de byttes ut ved en rehabilitering av bygningen<sup>1</sup>. For Thingvallgården vil det da være mulig å sette inn vinduer av bedre kvalitet og som samtidig, dersom det er ønskelig, kan gi et bedre inntrykk av hvordan fasaden opprinnelig har sett ut. Det optimale ville sann sett være en total utskiftning/tilbakeføring for å gjenskape det opprinnelige tiltenkte uttrykket i fasaden.

I forhold til dagens situasjon for Thingvallgården vil altså ikke en utskiftning av T-postvinduene føre til at bygningens kulturhistoriske verdier forringes.

Når det gjelder hvilke vinduer man velger å sette inn, vil vinduer med ulike U-verdier også gi ulike muligheter for utforming. Et vindu som innfrir forskriftskrav til U-verdi (1,2 W/m<sup>2</sup>) vil kunne utformes på en annen måte enn vinduer som skal prestere bedre energimessig. Vinduer som skal tilfredsstillende krav til passivhusnivå vil for eksempel ikke kunne utformes med gjennomgående midtspross i øverste ramme. En tilbakeføring vil derfor vanskelig la seg gjennomføre med et passiv-vindu. Dersom man ønsker å skifte ut vinduene i Thingvallgården med passiv-vinduer, samtidig som den opprinnelige vindusutformingen skal etterstrebes, vil man måtte lime på sprosser i øverste ramme.

#### Tiltak 4a–4b: Utskiftning av dører

For tiltak som går på utskiftning av dører gjelder det samme som for vinduer når det kommer til å erstatte opprinnelige bygningselementer. Det er for dette temaet svært viktig å nevne at det finnes mange tiltak som bør undersøkes før man tar en avgjørelse om å skifte ut dører i en eksisterende bygning (eksempler på dette er beskrevet under *Energieffektiviserende tiltak*

<sup>1</sup> Når vi likevel ikke har forutsatt dette i minimumstiltaket, er dette for å kunne synliggjøre hva en utskiftning vil innebære i forhold til energibruk og miljøpåvirkninger.

i kapittel 5 *Prosjektering*), men fordi vi i disse tiltakene har undersøkt utskiftning av dører vil dette være i fokus her.

Siden vi for disse tiltakene kombinerer utskiftning av både utvendige og innvendige dører, kan det være vanskelig å sammenligne dette tiltaket med tilsvarende tiltak i andre bygninger.

Dører i fasaden er ofte mer forseggjorte enn innvendige dører og en utskiftning av innvendige dører vil ikke være synlig i fasaden. Dersom det i en bygning er mulig å skifte innvendige dører som står tilknyttet kalde trapperom, vil dette være en fordelaktig løsning fremfor å skifte ut utvendige dører. Dette forutsetter naturligvis at de innvendige dørene ikke tillegges en tilsvarende eller høyere kulturhistorisk verdi enn de utvendige dørene.

I tiltak 4a skiftes fire ytterdører i yttervegg ut (to tilknyttet leilighetene i fløyen og to dører i kjellerens vestfasade). En av kjellerdørene er opprinnelig, mens vi for den andre har forutsatt at døren skiftes ut i minimumstiltaket. Å skifte ut dørene vil være et ikke-reversibelt tiltak og dette er spesielt ødeleggende med tanke på den opprinnelige døren i kjelleren. Denne døren ligger i tillegg i vestfasaden, som vi i våre målsettinger for bevaring av bygningens kulturhistoriske verdier har vurdert til å være en av de viktigste områdene å fokusere på.

Når det gjelder de innvendige dørene, har vi allerede i minimumstiltaket åpnet for muligheten for å flytte på disse innbyrdes i bygningen. I tillegg er det mange intakte opprinnelige trefyllingsdører i bygningen og de er på den måten representert på en annen måte enn de utvendige dørene som ikke er så mange i antall. At disse dørene flyttes eller fjernes kan derfor i større grad forsvares.

I tiltak 4b skiftes alle utvendige dører ut. I tillegg til ytterdørene som blir berørt av tiltak 4a gjelder dette tre kjellerdører som ligger i tilknytning til boder, vaskerom og tekniske rom i kjelleren og tre doble dører med fyllinger som ligger i tilknytning til trapperommene. De tre doble dørene er høyst sannsynlig opprinnelige. Vi mener dørene er en viktig del av fasadene som vender inn mot bakgården. Selv om vi i målsettingene for behandling av Thingvallagården (i kapittel 4 *Kulturhistorisk verdivurdering*) åpner for en større grad av inngrep her, mener vi at helheten i bakgården ivaretas best dersom dørene får stå.

Dersom utvendige dører skiftes ut, bør det her settes inn etterligninger av dørene som har stått der før. Dette kan være en utfordring å få til, spesielt hvis det stilles høye krav til dørens U-verdi. For eksempel blir dører i passiv-standard ofte satt sammen av flere sjikt. Dette begrenser muligheten for å sette inn etterligninger i heltre.

#### Tiltak 5a–5d: Etterisolering av kjellergulv

Et tiltak for å etterisolere kjellergulv i bygninger generelt kan fort bli veldig destruktivt dersom opprinnelig kjellergulv/gulv mot grunn er intakt.

I Thingvallagården er gulvet i hovedbygningen imidlertid i så dårlig forfatning at alt uansett må skiftes ut. Det vil her være naturlig å kombinere dette med en etterisolering mot grunn før et nytt gulv legges. I fløyen forutsetter tiltak 5c og 5d at det eksisterende gulvet fjernes og et nytt gulv støpes. Teglsteinene i gulvet må da tas ut, men disse kan settes tilbake igjen. For 5c og 5d innebærer tiltaket også at innvendige vegger i fløyen må demonteres.

For hovedbygningen er dette altså et uproblematisk tiltak, mens det vil ha større innvirkning på teglsteinsgulvet og veggene i fløyen.

#### Tiltak 6a–6d: Etterisolering av etasjeskille mellom kjeller og første etasje

Tiltak for etterisolering på undersiden av etasjeskiller mot kjeller vil i første omgang få betydning for himlingens overflate, eventuelle taklister og takhøyden i kjellerrommene. Hvis det legges inn svært tykke isolasjonslag kan det i tillegg påvirke rommenes proporsjoner. Man bør være oppmerksom på at det ofte er noe lavere takhøyde i en kjeller enn i resten av bygningen og at det da skal mindre til før himlingen kommer i konflikt med vindusåpninger. Så lenge dette ikke blir tilfelle kan tiltaket være relativt uproblematisk og hvis isolasjonen legges utenpå eventuelle eksisterende himlinger er tiltaket i tillegg reversibelt.

I Thingvallagården er etasjeskillet allerede himlet ned de fleste steder og vi forutsetter at isolasjon legges i underkant av eksisterende himling. Vi har i tiltakene skilt mellom etterisolering over kjellerrom som ikke er beregnet for varig opphold (tekniske rom, boder og vaskerom) (200mm isolasjon i tiltak 6a og 250 mm i tiltak 6b) og over alle rom i kjelleren (200mm isolasjon i tiltak 6c og 250 mm i tiltak 6d). For tiltak 6a er det kun romhøyden som påvirkes, mens himlingen i tiltak 6b treffer vindusåpningen slik at disse blir liggende i flukt.

For tiltak 6c og 6d må himlingspanelet tas ut for at det skal bli plass til isolasjonen uten at himlingen skal kollidere med vindusåpningen. Takhøyden vil bli betraktelig lavere og rommenes proporsjoner blir endret. Det kunne her vært en mulighet å opprettholde takhøyden ved å legge gulvet lavere, men dette ville ikke løst utfordringene i forhold til vindusplasseringen.

#### Tiltak 7a: Kjellervegger isoleres under grunn

En etterisolering av kjellervegger under grunn forutsetter at grunnen rundt bygningen graves opp. Dette er et inngrep som ikke vil synes på bygningen. Samtidig er det kun utsiden av bygningen som blir påvirket.

For Thingvallagården vil man uansett måtte grave opp grunnen rundt bygningen for å etablere drenering. Dette tiltaket vil på den måten ikke få nevneverdige negative konsekvenser.

#### Tiltak 7b–7d: Utvendig isolering av kjellervegger

En utvendig etterisolering av kjellermuren vil bli problematisk i overganger mellom kjellermuren og konstruksjonen over. Proporsjonene mellom kjellervegger og resten av bygningen endres. Slike tiltak kan i tillegg endre karakteren på murens overflate. Ved en etterisolering av murvegger anbefales det i tillegg at vinduer flyttes ut i vegglivet for å unngå at det oppstår kuldebroer. Et slikt tiltak er derfor ikke reversibelt. Det er viktig å merke seg at et slikt tiltak sjelden gjennomføres uten at trekonstruksjonen også etterisoleres.

I tiltak 7b etterisoleres muren med 50mm ekstrudert polystyren, med puss utenpå isolasjonen. Tiltaket vil gi en noe tykkere og jevnere kjellermur, men sett i forhold til minimumstiltaket vil pusslaget måtte utbedres uansett. Muren kan få en struktur/tekstur-endring, og det er fare for at muren naturlige spill forsvinner fordi den dekkes med plater. Vinduer må flyttes ut grunnet bygningsfysiske konsekvenser. Kjellermuren vil bli litt tykkere og dette vil bli synlig ved at det ikke blir like stor skyggeeffekt av vannbordet.

Ved en etterisolering på 200mm vil kjellermuren bli betraktelig større. Dette vil bli godt synlig. Vannbordet må for dette tiltaket bli større for å kunne dekke over utspringet. Proporsjonene vil endres. Situasjonen forverres ytterligere ved økte isolasjonstykkelser.

En utvendig isolering med tykkelser som tilfredsstillt krav i TEK10 og til passivhusnivå vil naturligvis ikke utføres uten at de kombineres med tiltak hvor andre bygningsdeler (tak og

yttervegger over kjeller) isoleres i tilsvarende tykkelser. Dette er derfor blant de tiltakene der det er urealistisk å se på tiltaket isolert.

#### 7e: Innvendig isolering av kjellervegger (100mm)

En innvendig etterisolering er ofte å foretrekke fremfor en utvendig etterisolering fordi dette ikke vil påvirke fasaden. Her må det likevel vurderes om interiør eventuelt vil ta skade av tiltaket.

Kjellerveggene i Thingvallgården lektes ut allerede i minimumstiltaket og det vil derfor være uproblematisk om det samtidig legges isolasjon på innsiden.

#### Tiltak 8a og 8b: Etterisolering av etasjeskille mellom mørkeloft og tredje etasje

Det å isolere over etasjeskille mot kaldt loft er et uproblematisk og reversibelt inngrep. I tiltak 8a og 8b har vi forutsatt at dette gjennomføres på mørkeloftet over hovedbygningen. Et tilsvarende tiltak er ikke gjennomført for fløyen fordi kvisten her er innredet til boder.

#### Tiltak 8c–8e: Nedhimling mot yttertak og kaldt loft

En løsning som denne er mest aktuelt for bygninger som Thingvallgården der etasjeskille mot kaldt loft ligger over en knevegg. Dersom bygningen har et tak med innvendig ubrutt flate vil det som regel være å foretrekke å etterisolere selve taket innvendig.

Slik vi har prosjektert disse tiltakene vil det opprinnelige himlingspanelet demonteres før isolasjonen legges inn. Vi ser i ettertid at tiltaket ville vært langt mer skånsomt om isolasjon og gips hadde blitt lagt utenpå eksisterende himling.

I vinkelen der hovedbygningen og fløyen møtes ser man dette møtet tydelig i himlingen der takflater har mange forskjellige vinkler. Spillet dette skaper i himlingen vil sannsynligvis forsvinne når tiltak gjennomføres. Tiltaket vil på grunn av alle disse takvinklene, i tillegg til vanskelige møter ved kobbhusene, kreve en nøyaktig utførelse.

Takhøyden i tredje etasje i hovedbygningen og i andre etasje i fløyen vil påvirkes av disse tiltakene, ved en isolasjonstykkelse på 50mm er ikke dette nevneverdig, men i mye større grad ved økte isolasjonstykkelser. Ved en etterisolering på 290 mm i himling og 350 mm på takflatene får man en takhøyde på 2,2m på det høyeste og 0,4m på det laveste. Dette fører til at etasjen får lite brukbart areale, og vinklene i himlingen vil bli misproporsjonerte. Man vil også få problemer i møtene mellom tak og kobbhus. Himlingen vil i tillegg komme i konflikt med de tre vinduene som ligger tilknyttet rom 305 og 317. Situasjonen blir ytterligere forverret ved tiltak 8e. Dette tiltaket vil på ingen måte kunne forsvares.

#### Tiltak 8f–8h: Utvendig isolering av tak

En utvendig etterisolering av taket vil føre til at bygningens framtoning forandres. Man vil få forandringer i takutstikk og i møte mellom takflaten og eventuelle utbygg på taket. Isolasjonstykkelsen avgjør hvor store konsekvenser tiltaket vil få.

Dersom taktekkingen er intakt og tett, bør man først vurdere om en demontering vil påføre tekkingsmaterialet for store skader til at en tiltaket lar seg gjennomføre/forsvare. Så lenge tekkingsmaterialet ikke tar skade ved demontering, er tiltaket reversibelt.

For Thingvallgården kan disse tiltakene ses i sammenheng med minimumstiltaket, der det forutsettes at det gjennomføres et omlegg.



Ved en etterisolering med 50mm mineralull (tiltak 8f) vil utformingen av takutstikket endres noe, mens en tykkelse på 350mm isolasjon (tiltak 8g) vil få enorme konsekvenser for bygningens fremtoning. Takutstikk og vindskier blir bredere og huset får en ny fasong, samtidig som detaljeringen i møtet mellom yttervegg og takutstikk og rundt kobbhusene blir problematisk. En økning til 550mm isolasjon (tiltak 8h) forverrer situasjonen ytterligere.

Som tidligere nevnt vil det være urealistisk å se for seg at man isolerer kun én bygningsdel med isolasjonstykkelse som tilfredsstillende krav i TEK10 og krav til passivhusnivå.

#### Tiltak 9a: Yttervegger isoleres ved innblåsning

Et tiltak hvor det blåses inn isolasjon både utvendig og innvendig vil gi mange hull i utvendige og innvendige overflater. Fordelen er at veggens tykkelse ikke endres og at panel på inn- og utsiden kan bevares.

#### Tiltak 9b og 9c: Yttervegger og trapperom isoleres innvendig

En innvendig etterisolering foretrekkes ofte hvis det er restriksjoner på hvilke inngrep som kan gjennomføres i fasaden til en bygning. Tiltaket krever ofte demontering av innvendig kledning og eventuelt også veggfestet inventar. Listverk vil også måtte demonteres. Tykkelsen på veggen, og dermed også dybden på vinduskarmen, vil øke.

For Thingvallgården er fordelene med disse tiltakene at fasaden ikke blir berørt. Veggene mot vest vil alle få ny tapet som en del av minimumstiltaket og vegger mot trapperom er allerede etterisolert på grunn av brann. Overflatene her vil derfor ikke påvirkes. Vi forutsetter at panel og listverk demonteres for så å settes tilbake. I tiltak 9b må det settes inn en bredere vinduskarm på grunn av den økte tykkelsen i veggen. Dette gjelder også ved tiltak 9b. For dette tiltaket vil isolasjonstykkelsen (250mm) gi merkbare forandringer. Rommene vil i tillegg bli mindre.

#### Tiltak 9d–9f: Utvendig etterisolering av yttervegger

En utvendig etterisolering av ytterveggen forutsetter at ytterkledningen demonteres. Ulemper knyttet til dette er beskrevet under *Tiltak 2*. I tillegg vil en utvendig etterisolering få konsekvenser for detaljeringer i fasaden, i møte med takutstikk, mellom husvegg og grunnmur og i forhold til eventuelle utvendige trapper og utbygg.

En utvendig etterisolering innebærer at panel og listverk må demonteres og som vi tidligere har nevnt vil dette resultere i at Thingvallgården får ny kledning (se tiltak 2). Tiltaket hvor ytterveggen isoleres med en tykkelse på 50mm (tiltak 9d) vil ikke ha veldig stor påvirkning på utvendige detaljer, men forandringen vil bli merkbar i forhold til takutstikk og kjellermur. Ved en etterisolering på 250mm (tiltak 9e) vil konsekvensene bli betraktelig større; Huset vil fremstå som «oppblåst» i tillegg til at møtet mellom vegg og verandaer vil bli problematisk. Vi har i tiltaket forutsatt at verandaene blir stående på samme sted. Disse mister en betydelig del av gulvflatene. Ved en etterisolering med 400mm forverres situasjonen ytterligere. Siden veggens omkrets øker i disse tiltakene, vil etasjeband og vannbord måtte suppleres. Vannbordene futesettes utskiftet i minimumstiltaket. Her vil det være viktig at nye tilførelser er i god materialkvalitet.

For alle tiltakene flyttes vinduene lenger ut i vegglivet.

Utvendig isolering med tykkelse som tilfredsstillende krav i TEK10 og til passivhusnivå vil aldri utføres uten at tiltaket kombineres med tiltak hvor andre bygningsdeler (kjellermur og

tak) isoleres i tilsvarende tykkelser. Det er derfor litt merkelig å drøfte konsekvensene av disse tiltakene separat.

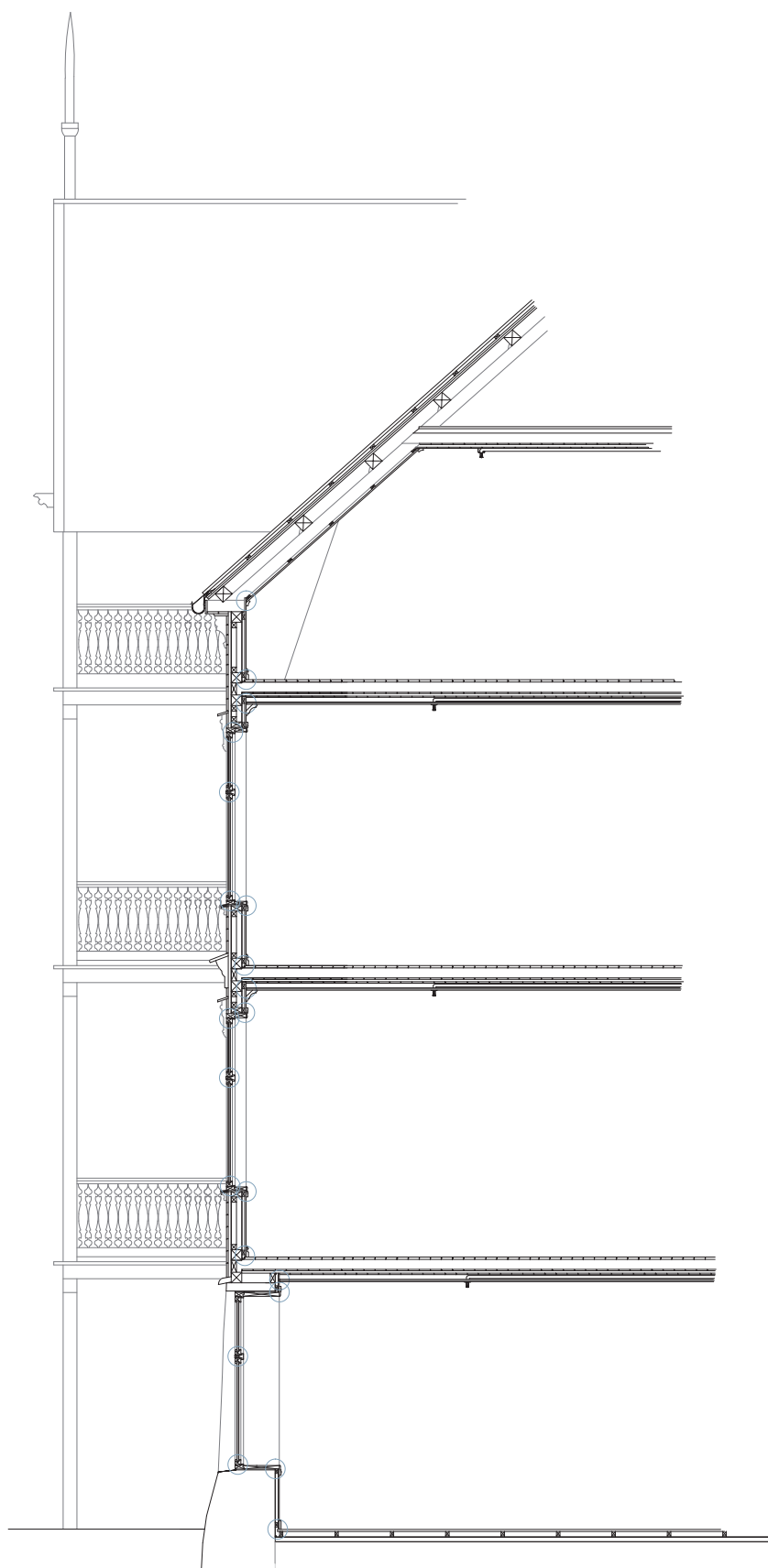
Tiltak 10b–f: Installasjonsmessige tiltak

Å legge opp til vedfyring i bygningen (tiltak 10f) er et tiltak som utelukkende er positivt sett i forhold til kulturhistoriske verdier. I tillegg innebærer dette tiltaket at man tar i bruk de sju ovnene og kaminene som står i bygningen.

Å installere et radiatorsystem fører til relativt store inngrep i bygningen fordi man må ta hull i vegger og gulv for å legge ut rør. Dette er tilfelle for både tiltaket hvor det installeres en sentralfyrst biokjel (10b) og for tiltaket hvor bygningen kobles til fjernvarmenettet (10e).

Å installere luft-til-luft varmepumper (tiltak 10d) innebærer at man må finne velegnede plasseringer for pumpenes utedeler. Siden vi i målsettingene for behandling av Thingvallagården legger opp til at det skal være mulig å utføre større grad av inngrep i fasadene mot bakgården enn i vest- og nordfasaden blir det naturlig å plassere disse i bakgården. Dette er et reversibelt tiltak; Ved montering tas det kun små hull i ytterveggen.

I tiltak 10c installeres solkollektorer på taket over fløyen mot sør. Disse vil ikke bli synlige fra bygningens «offentlige side», men vil kunne ses fra Gløshaugenplatået.

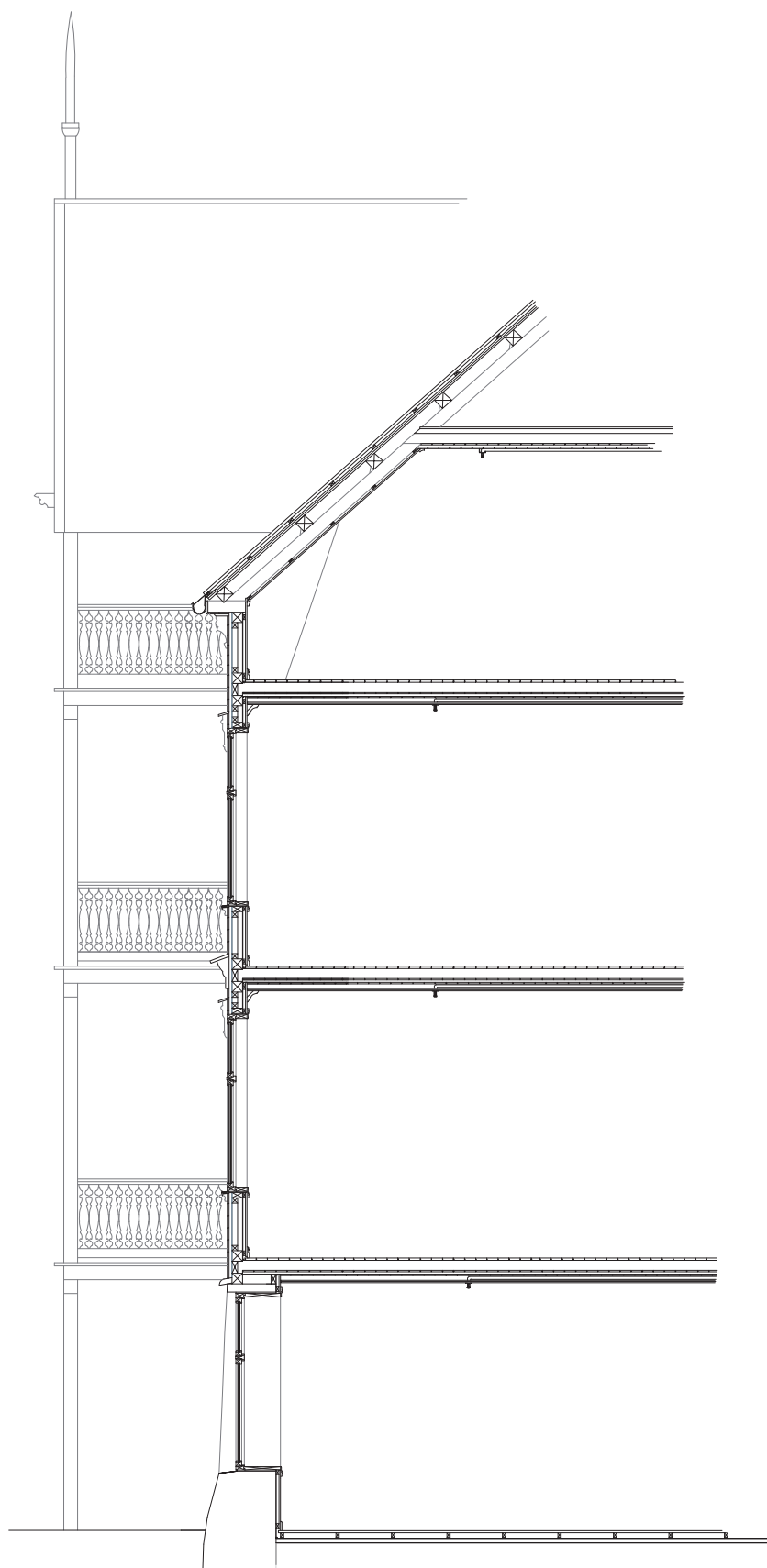


## Tiltak 1: Tettelister

Luftlekkasjer mellom ramme og karm i vinduer og mellom karm og dør tettes ved bruk av tettelister av butylgummi. Ved utettheter mellom karmer og vegg og mellom overganger/møter mellom etasjeskille og yttervegg demonteres listverk, hulrom fylles med isolasjonsmateriale og lister settes tilbake.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Bygningen blir noe tettere i møter/overganger.



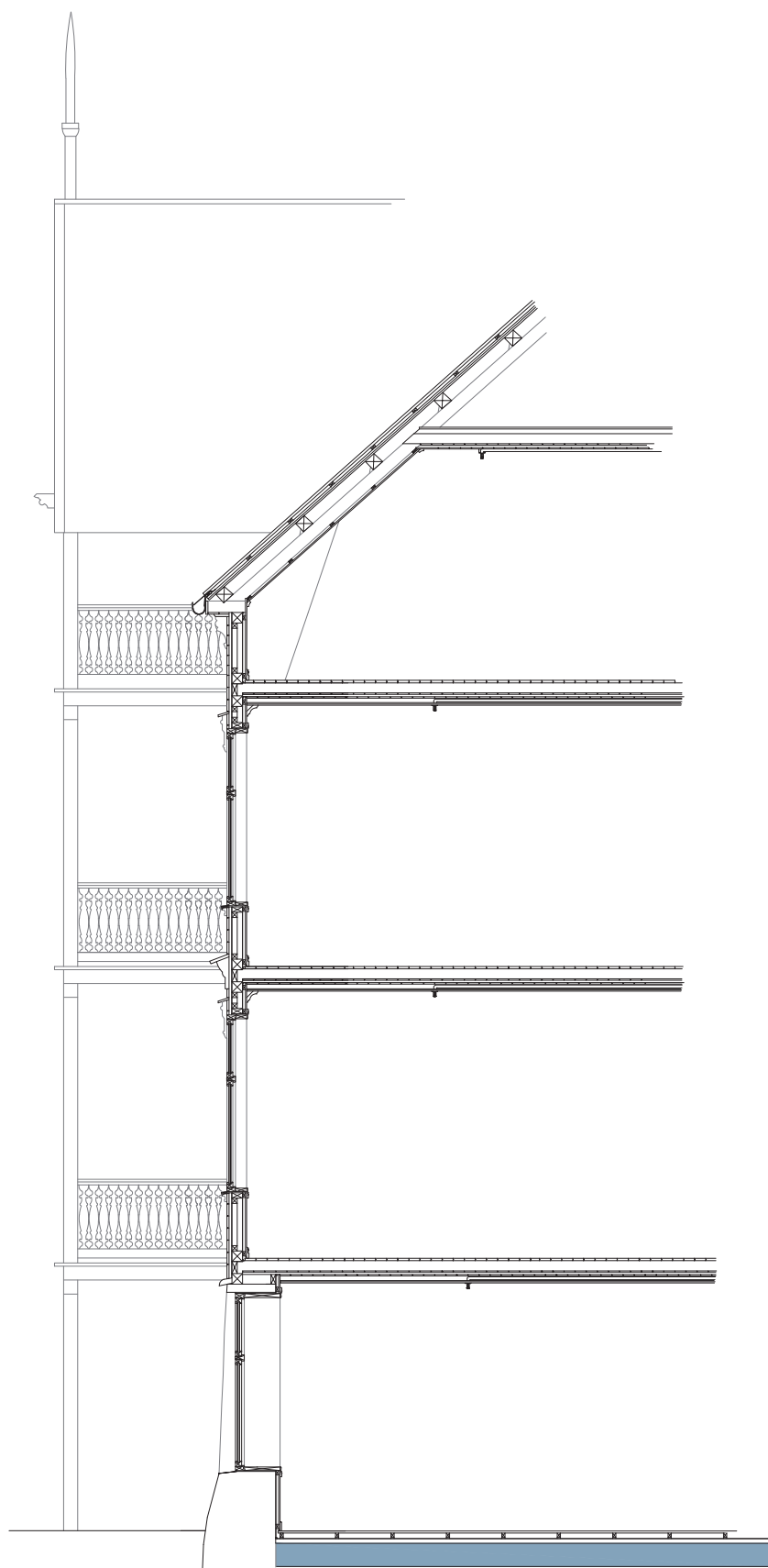
## Tiltak 2: Nytt vindspærresjikt

Luftlekkasjer i ytterveggkonstruksjonen tettes ved å etablere et nytt vindspærresjikt på utsiden av reisverkskonstruksjonen. Utvendig kledning demonteres. Luftlekkasjer i taket tettes ved å legge undertaksbelegg under skifertekking. Legges direkte på taktro.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Ytterveggen blir tettere fra utsiden, noe som kan gi fuktproblemer dersom varm luft fra innsiden får strømme inn og kjøles ned i konstruksjonen.





## Tiltak 5a: Kjellergulv isoleres i boenheter (for å tilfredsstille krav i TEK10)

Kjellergulv i oppvarmet areale isoleres med 250 mm ekstrudert polystyren. Legges under betongpåstøp.

### Bygningsfysiske konsekvenser

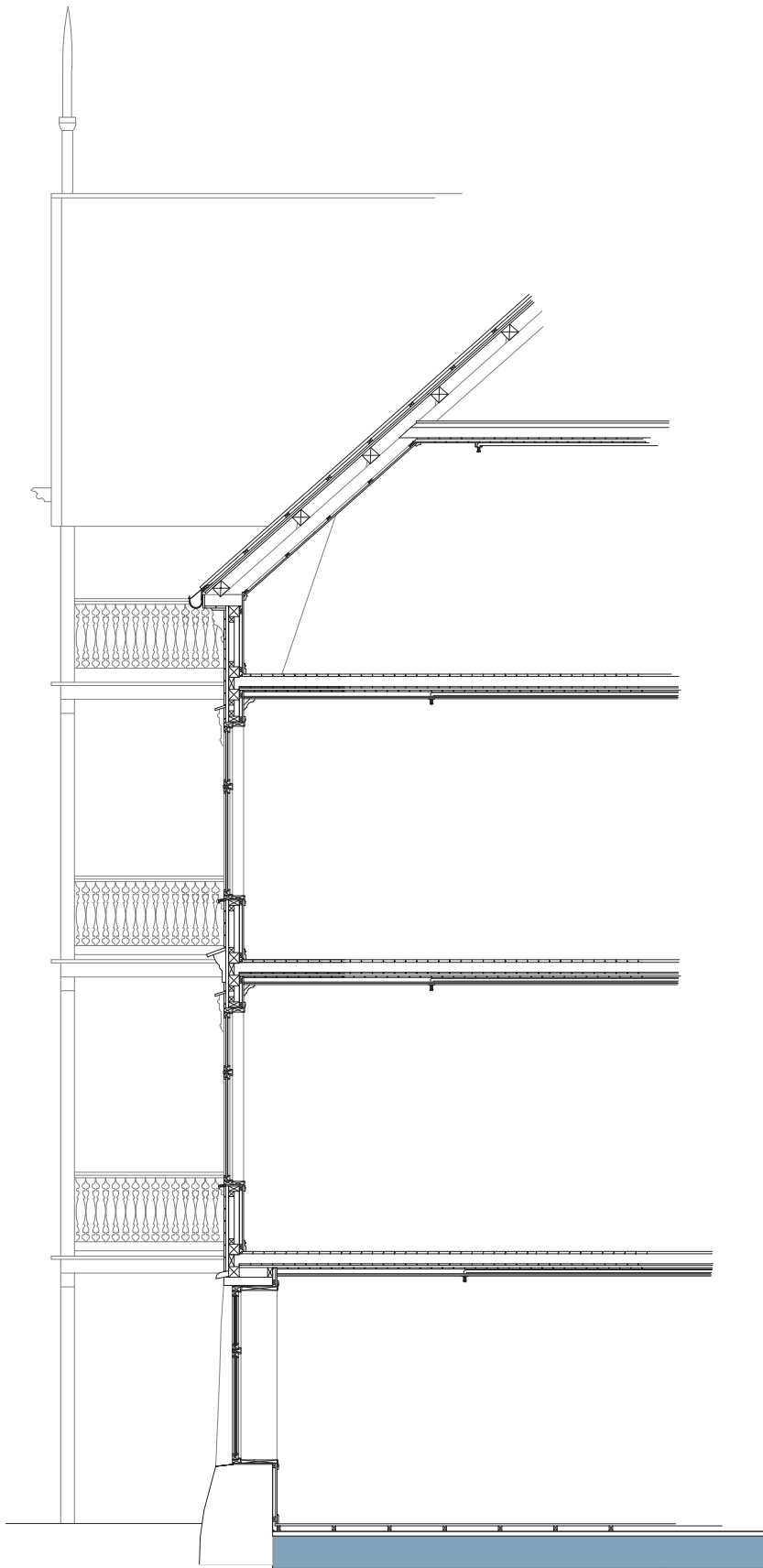
Fuktsperre er allerede etablert, så her vinner en ingenting. I den grad tiltaket er med på å gjøre det litt lettere å varme opp bygningen, vil dette være med på å holde konstruksjonen tørr.

Etterpåklokket: 50mm isolasjon mellom tilfarere i tilfarergulvet kunne/burde vært forutsetning for beregningene. En isolering kun i tilfarergulvet vil gi fuktproblemer, og kan derfor ikke «stå alene» dersom man vil ha noe isolasjon i kjellergulvet burde det altså legges både under betong og mellom tilfarere.

## Tiltak 5b: Kjellergulv isoleres i boenheter (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå)

Kjellergulv i boenheter isoleres med 350 mm ekstrudert polystyren. Dette legges under betongpåstøpet.

Bygningsfysiske konsekvenser  
som 5a

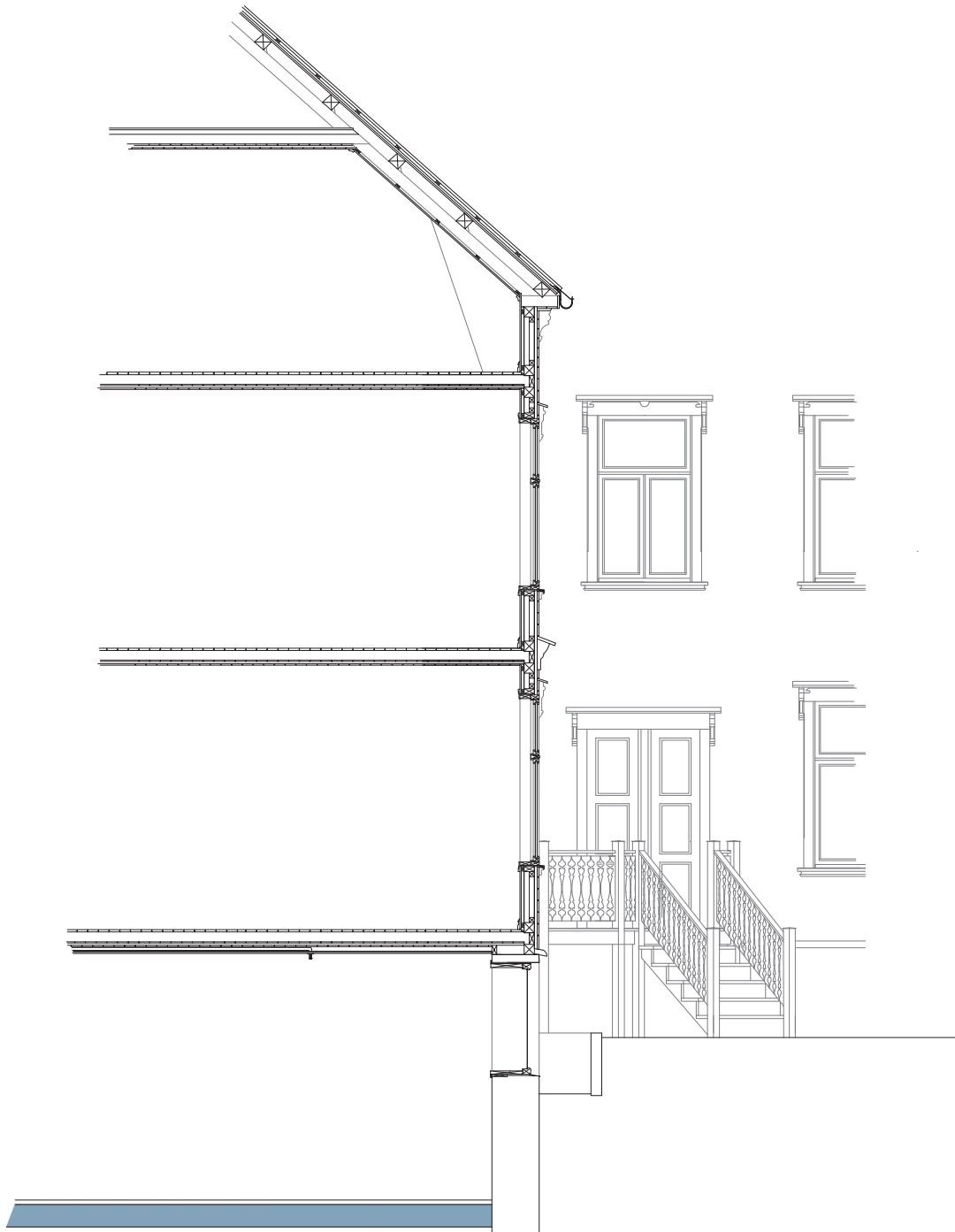


## Tiltak 5c: Alle kjellergulv isoleres (for å tilfredsstille krav i TEK10)t

Kjellergulv isoleres med 250 mm ekstrudert polystyren.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Etablerer fuktspærre også i gulv under fløy. -bra(?)

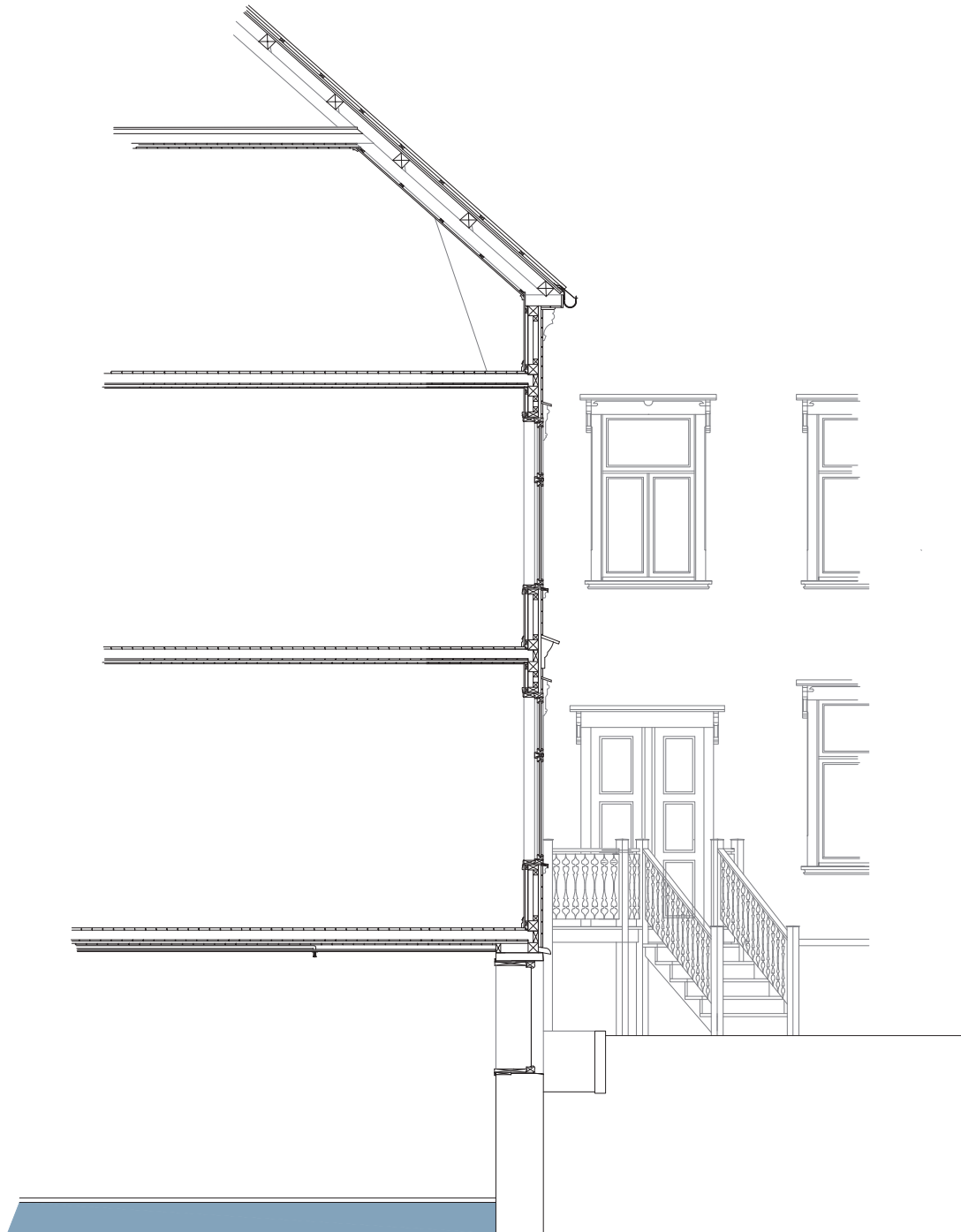


## Tiltak 5d: Alle kjellergulv isoleres (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå)

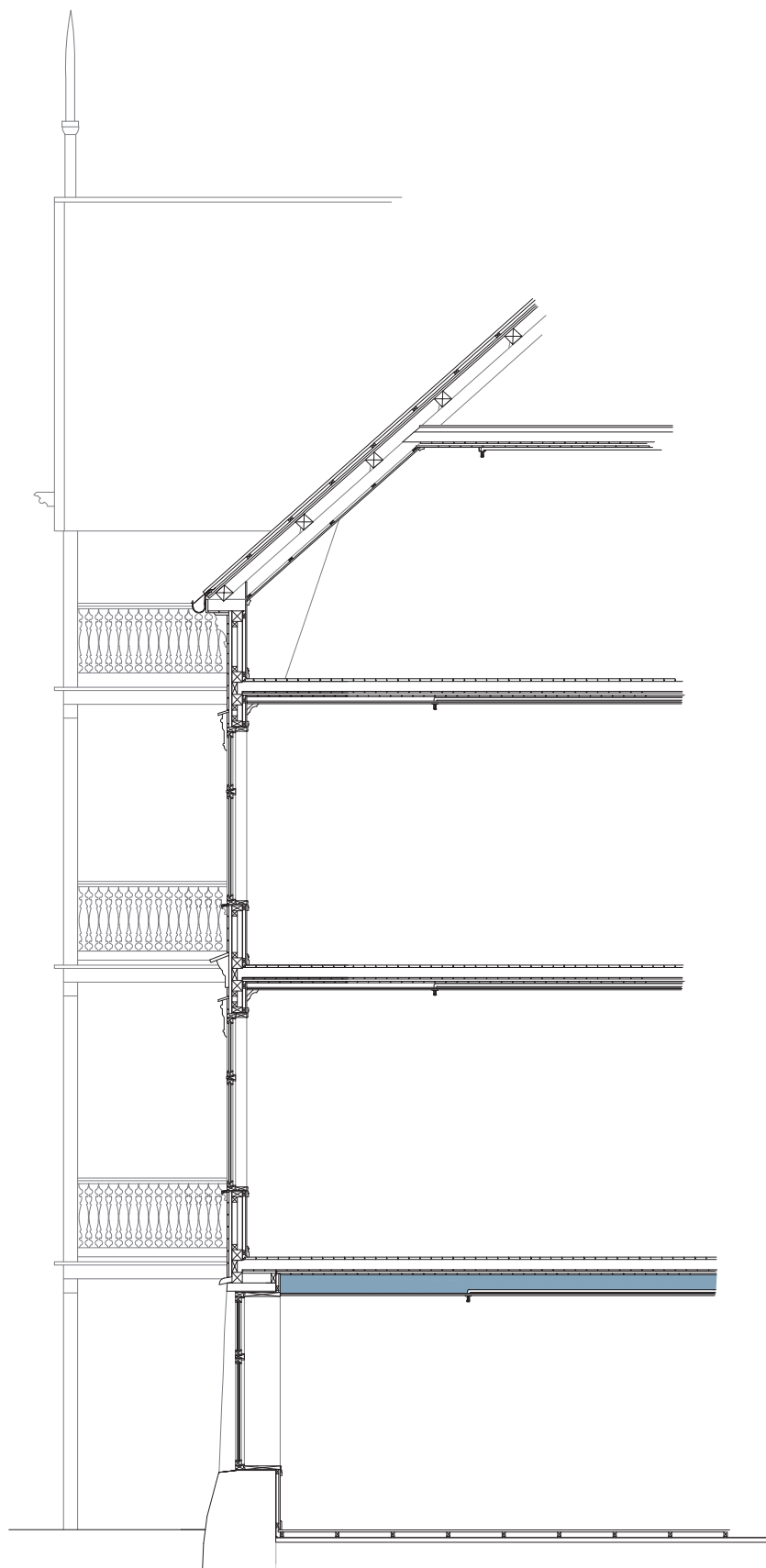
Kjellergulv isoleres med 350 mm ekstrudert polystyren.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Som 5c







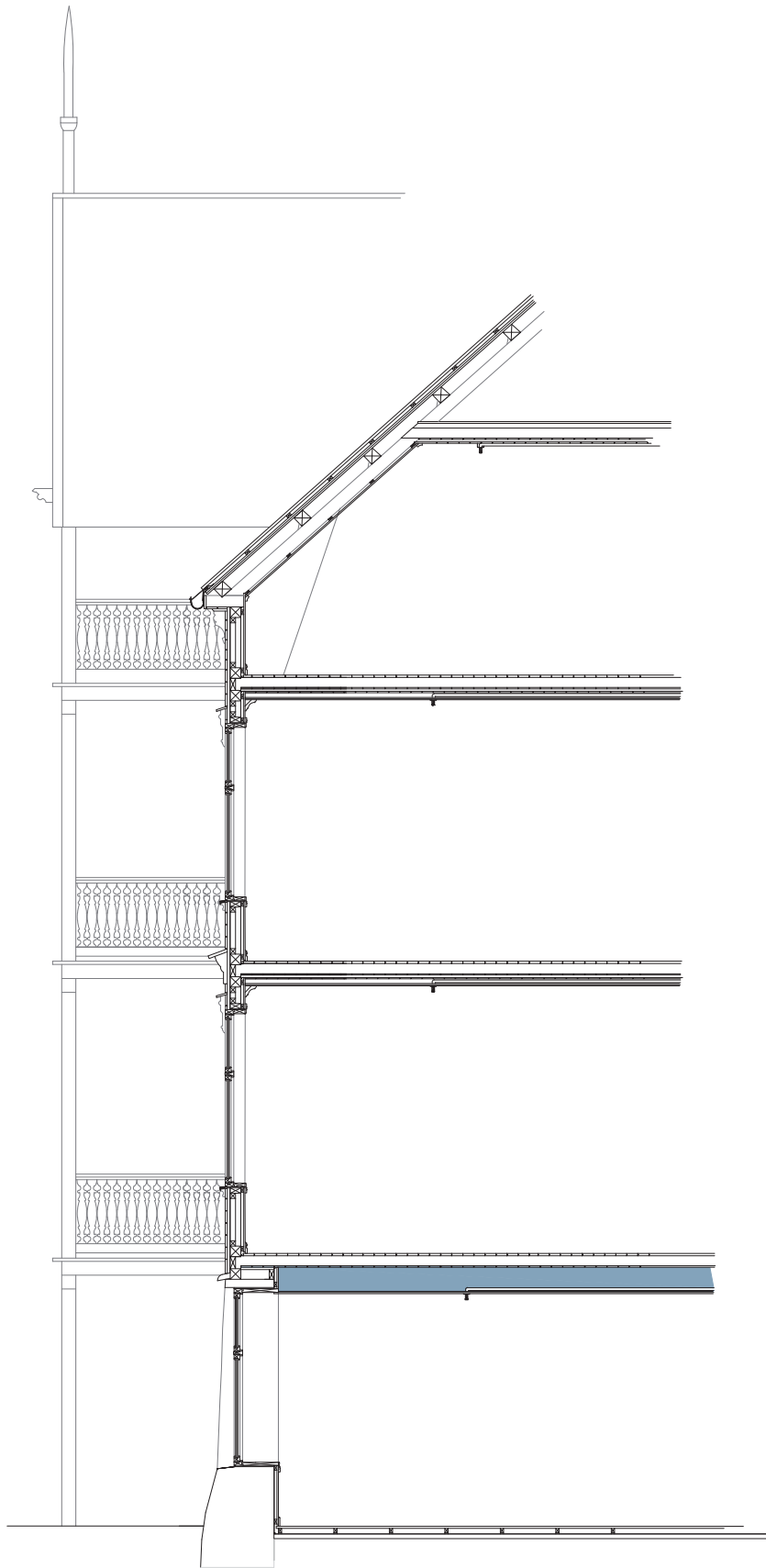
## Tiltak 6a: Etasjeskille mellom kjeller og første etasje isoleres over uoppvarmet areale (for å tilfredsstille krav i TEK10)

Etasjeskille etterisoleres på undersiden med 200mm mineralull. Det monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Etterpåklokkap(eventuelt putte inn under bygningsfysiske konsekvenser): Ser i ettertid at byggforsk sier at dampsperre kun legges inn i etasjeskiller mot kaldt loft. I tillegg:

Det bør alltid brukes en diffusjonsåpen duk eller et papplag som lufttetning over trepanel i himling mellom oppvarmede rom.



## Tiltak 6b: Etasjeskille mellom kjeller og første etasje isoleres over uoppvarmet areale (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå)

Etasjeskille etterisoleres på undersiden med 250 mm mineraull. Det monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen.

### Bygningsfysiske konsekvenser

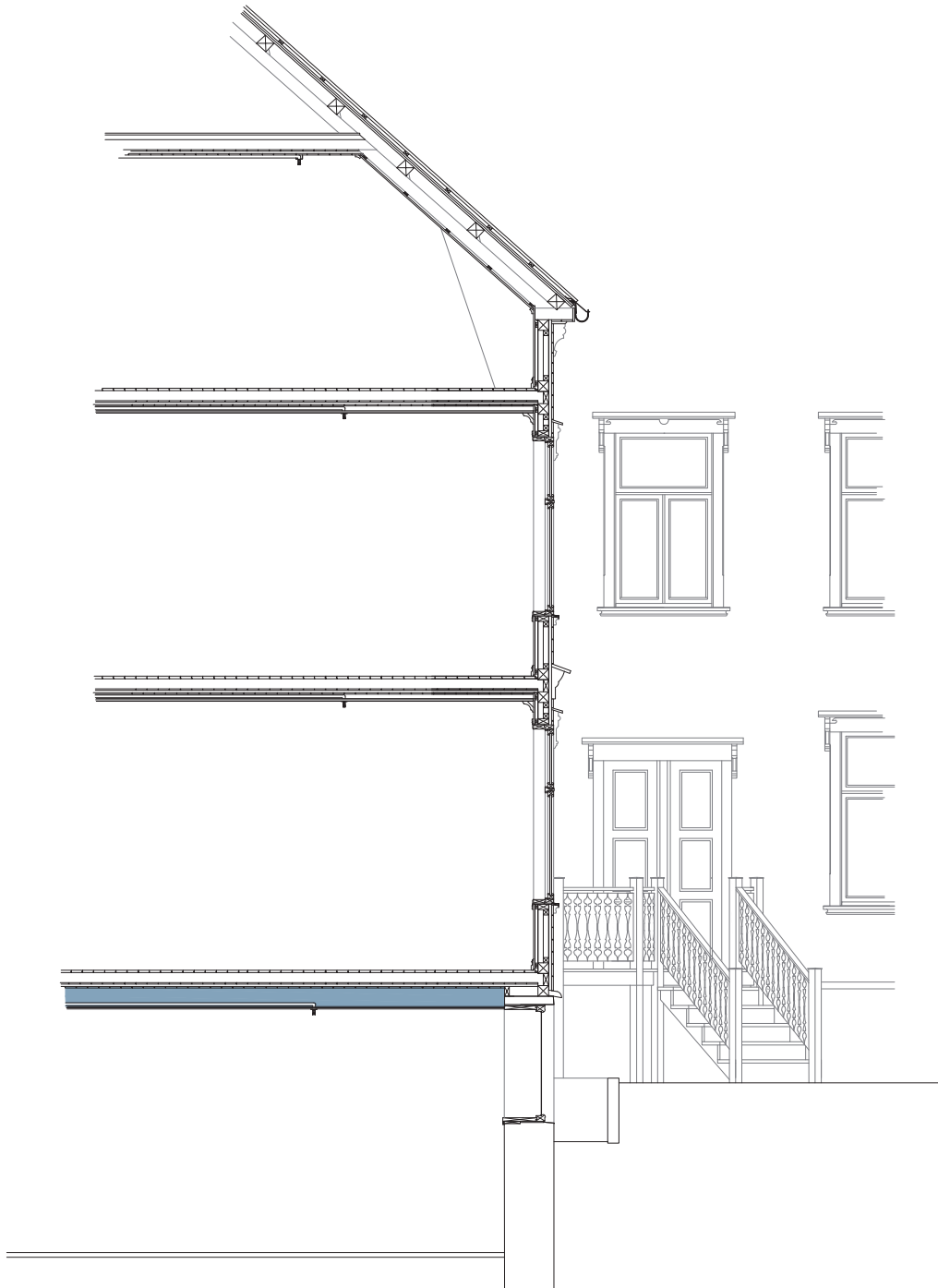
som 6a

## Tiltak 6c: Etasjeskillet mellom kjeller og første etasje isoleres (for å tilfredsstille krav i TEK10)

Hele etasjeskillet etterisoleres på undersiden med 200 mm mineraull. Det monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Som for 6a. Bør la vær å montere dampsperre og heller sette inn diffusjonsåpen duk.

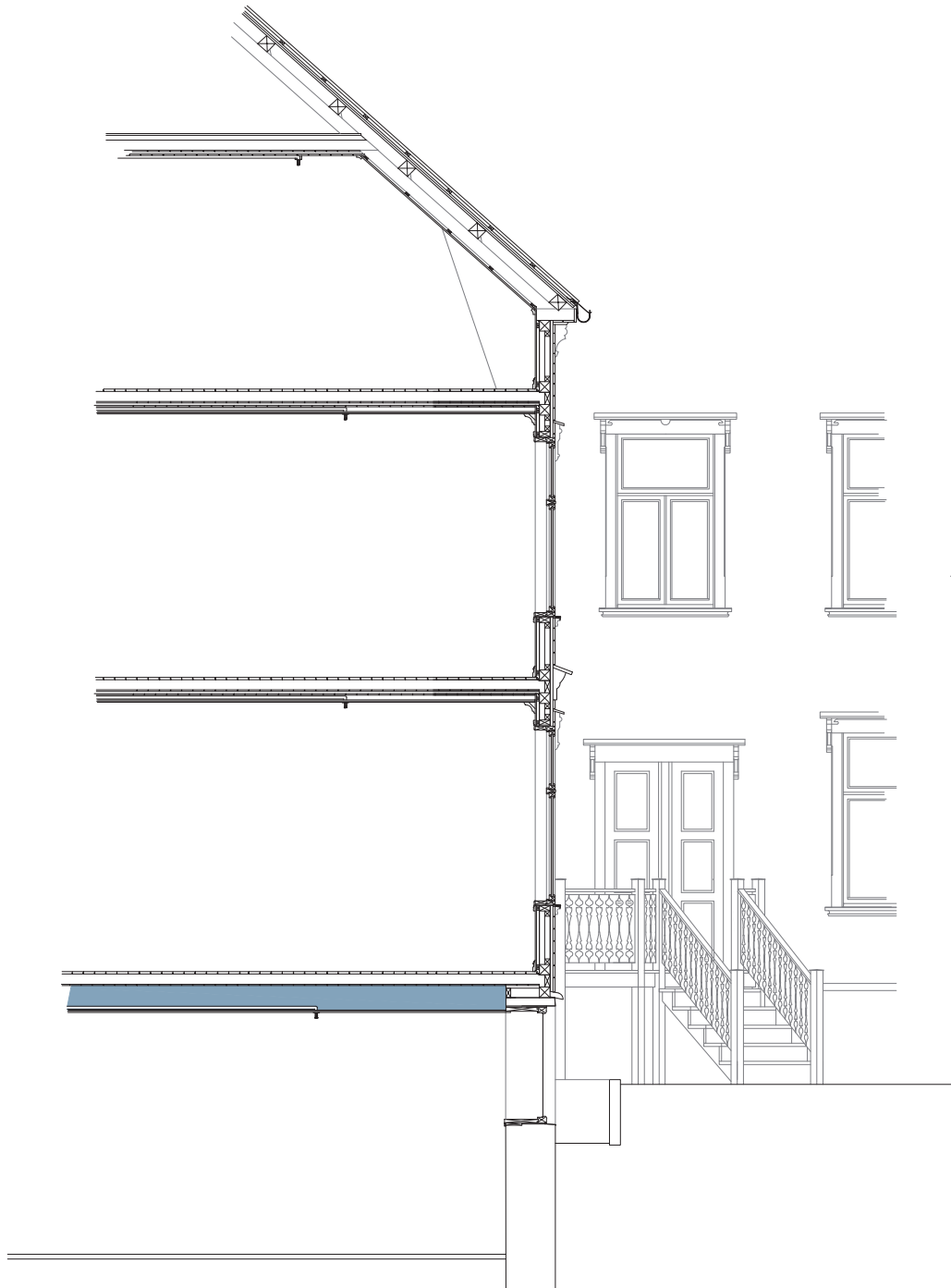


## Tiltak 6d: Etasjeskillet mellom kjeller og første etasje isoleres (for å tilfredsstille krav til pas- sivhusnivå)

Hele etasjeskillet etterisoleres på undersiden med 250 mm mineraull. Det monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Som for 6a. Bør la vær å montere dampsperre og heller sette inn diffusjonsåpen duk





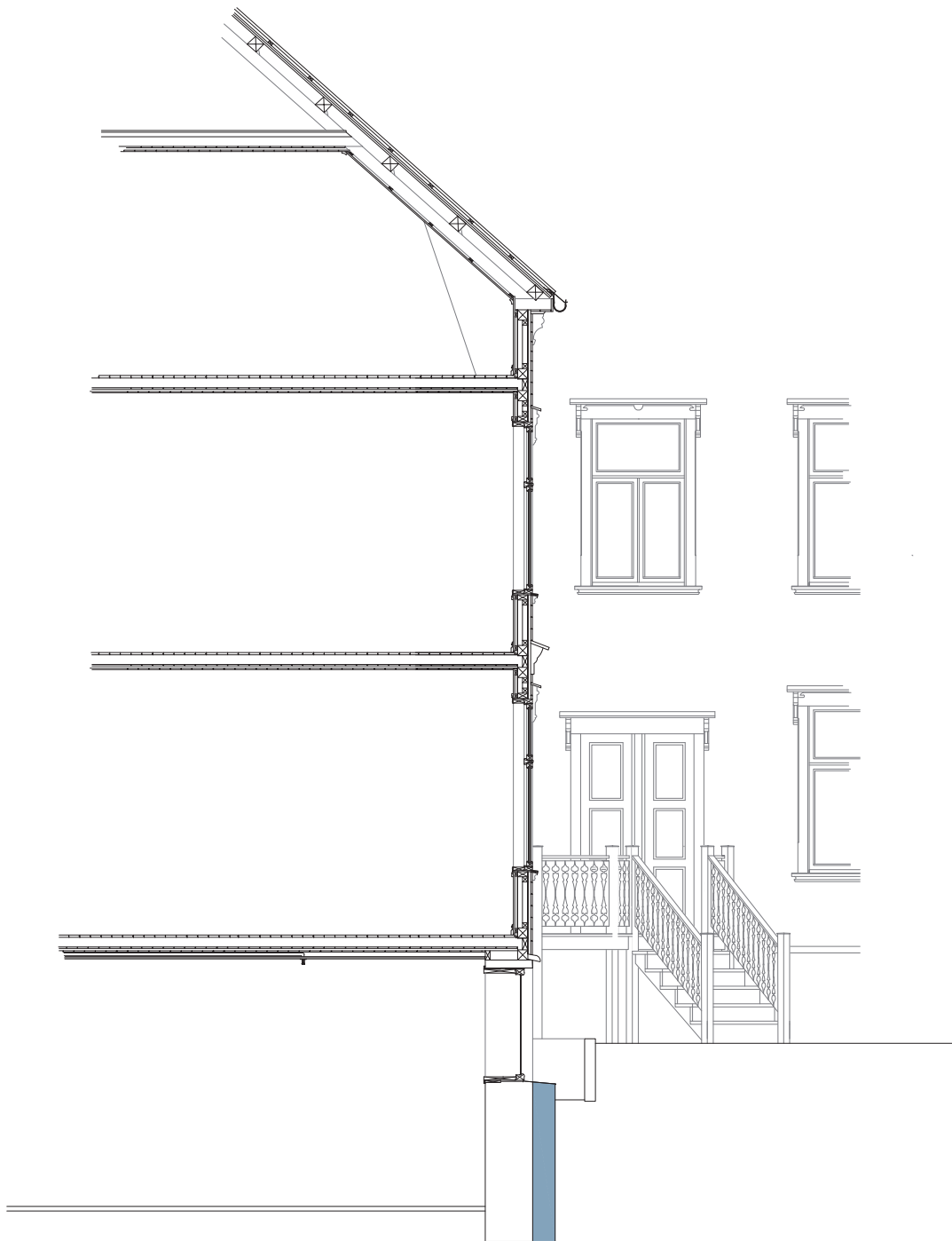
## Tiltak 7a: Kjellervegger isoleres under grunn (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå)

Kjellervegger under grunn isoleres utvendig med 250 mm ekstrudert polystyren.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Et godt tiltak som flytter frysepunktet lenger ut fra konstruksjonen og derfor fjerner risikoen for frostspreng i denne, i tillegg til at fuktbelastninger generelt reduseres.

Bygningsfysisk sett vil det være gunstig å inkludere dette tiltaket i minimumstiltaket.

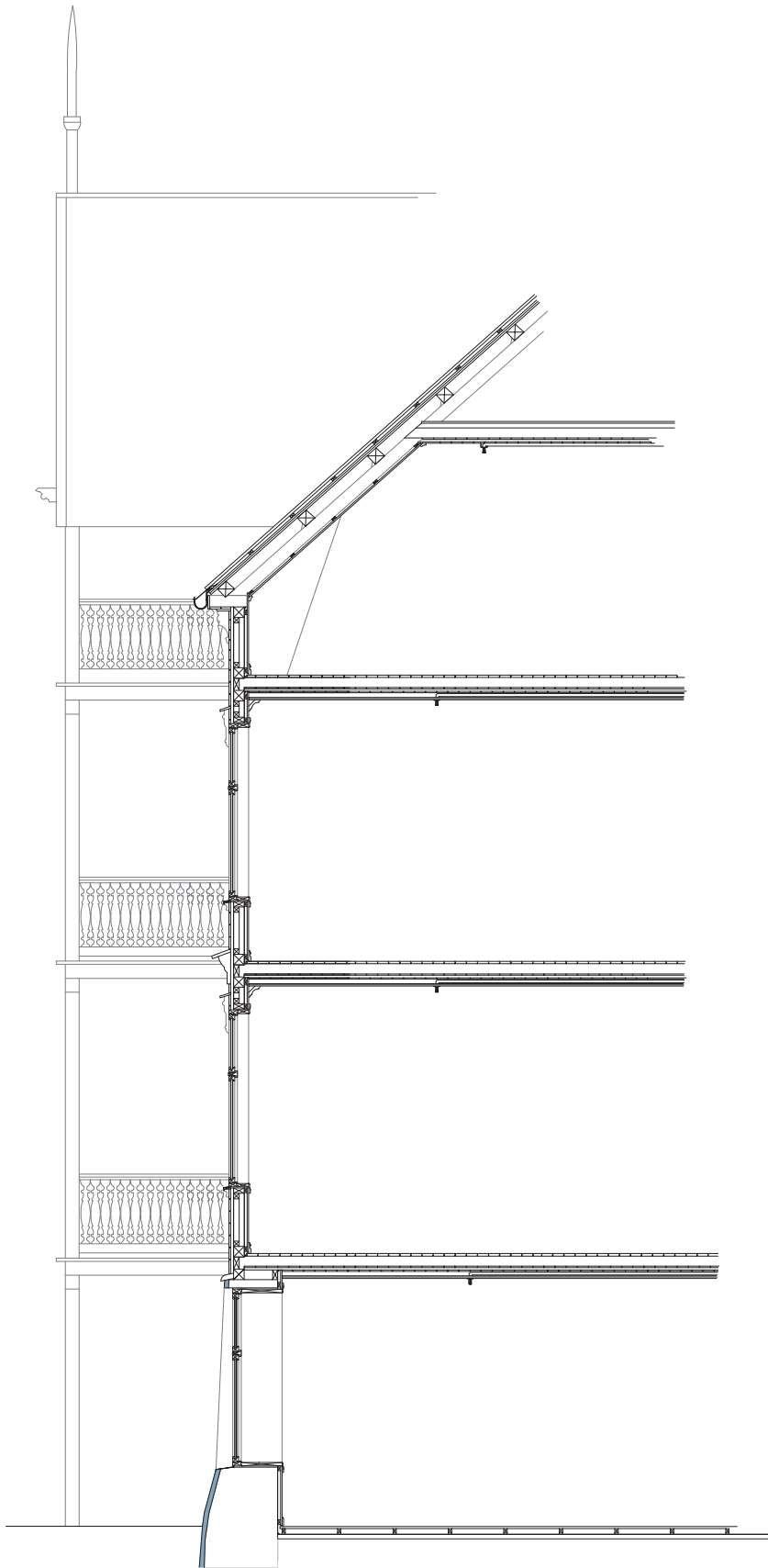


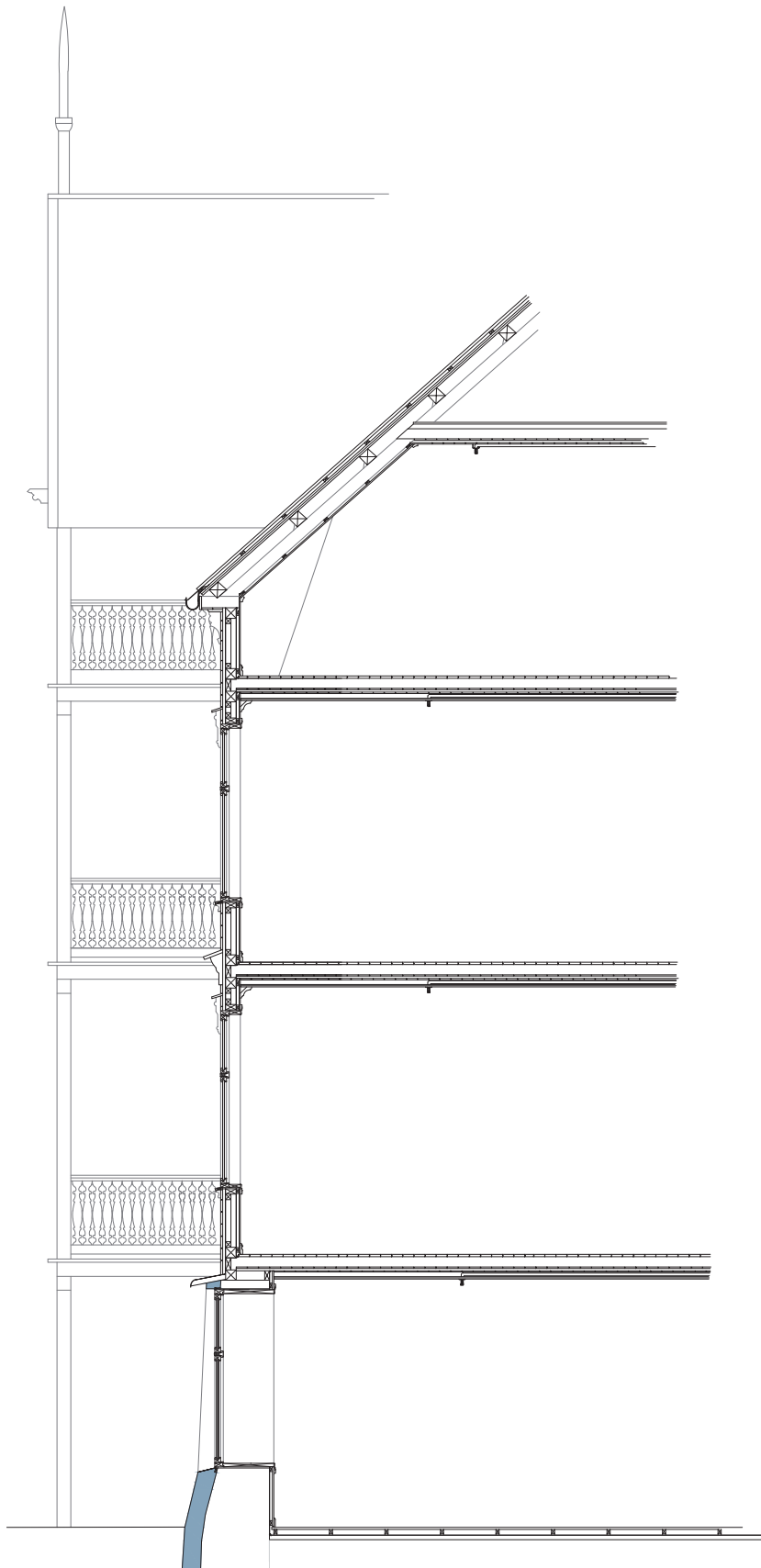
## Tiltak 7b: Kjellervegger isoleres utvendig (50mm)

Kjellervegger isoleres utvendig over grunn med 50 mm ekstrudert polystyren; puss på isolasjon.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Gunstig for mur/kjellerkonstruksjonen da det begrenser både fukt og frost.





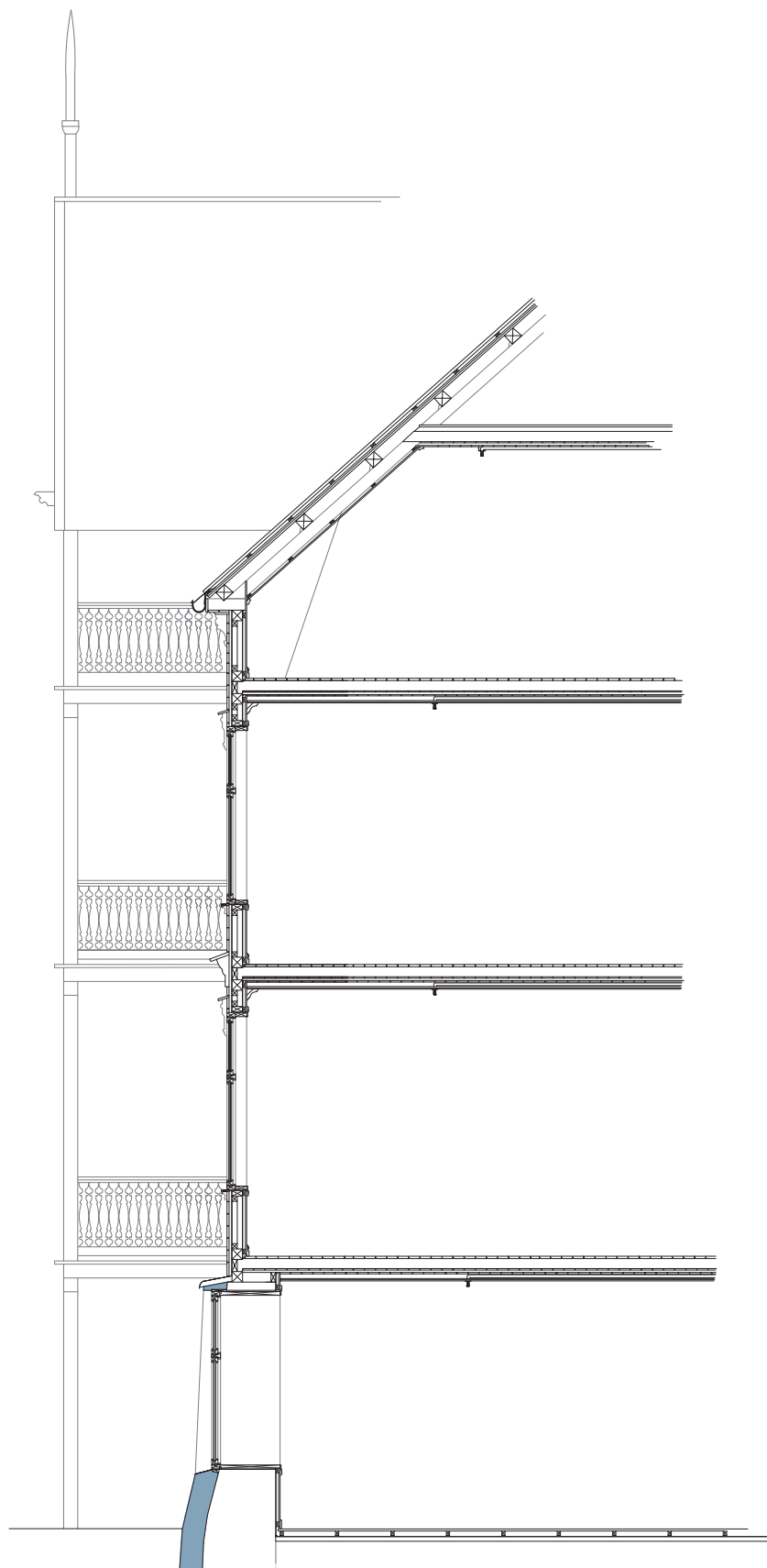
## Tiltak 7c: Kjellervegger isoleres utvendig (for å tilfredsstille krav i TEK10)

Kjellervegger isoleres utvendig over grunn med 200 mm ekstrudert polystyren; puss på isolasjon.

### Bygningsfysiske konsekvenser

samme som 7b, men enda bedre

Bygningsfysisk sett er det et godt tiltak.



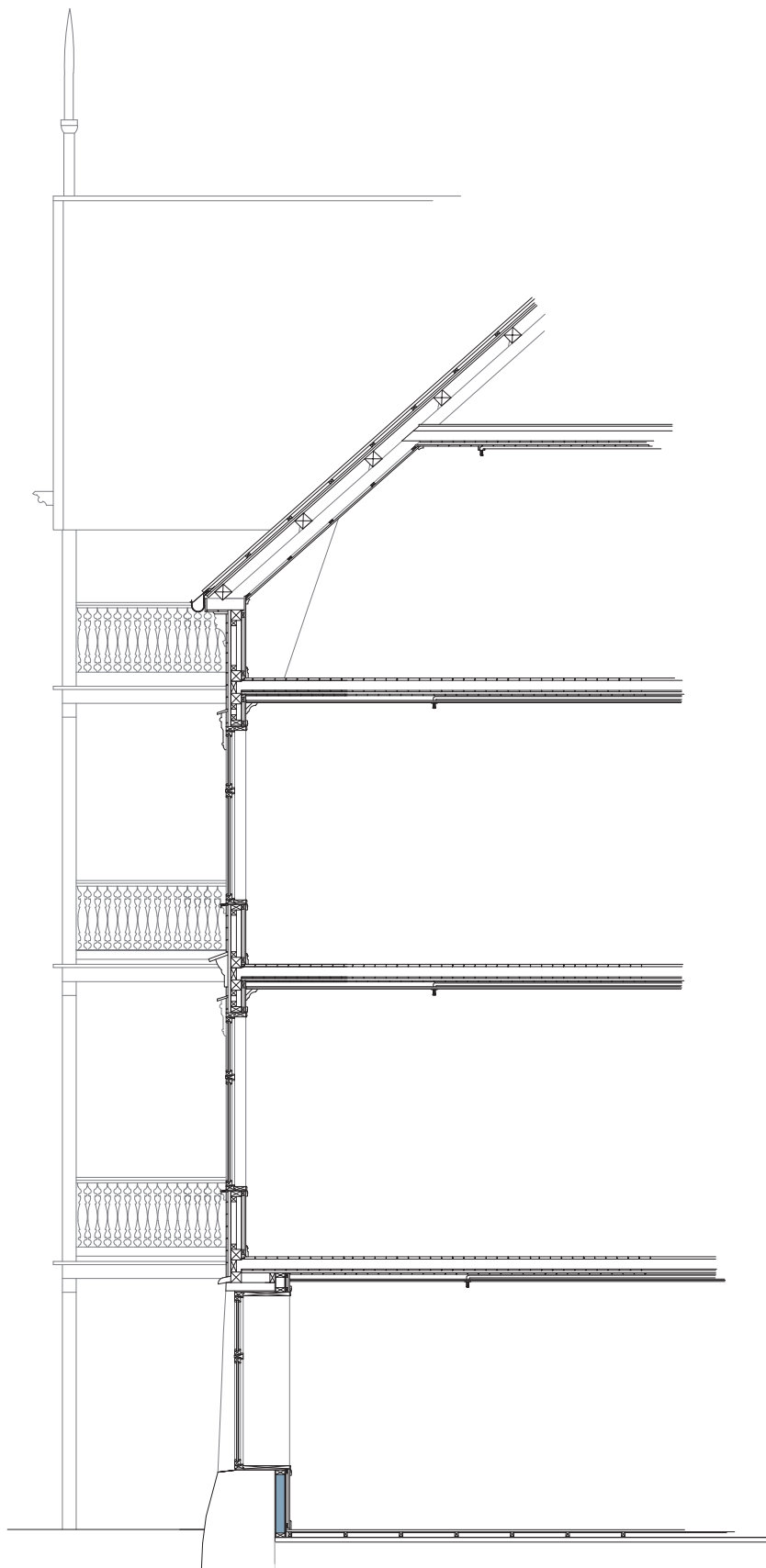
## Tiltak 7d: Kjellervegger isoleres utvendig (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå)

Kjellervegger isoleres utvendig over grunn med 250 mm ekstrudert polystyren; puss på isolasjon.

Bygningsfysiske konsekvenser  
som 7b, men bedre

Bygningsfysisk sett er det et godt tiltak.





## Tiltak 7e: Kjellervegger isoleres innvendig (100mm)

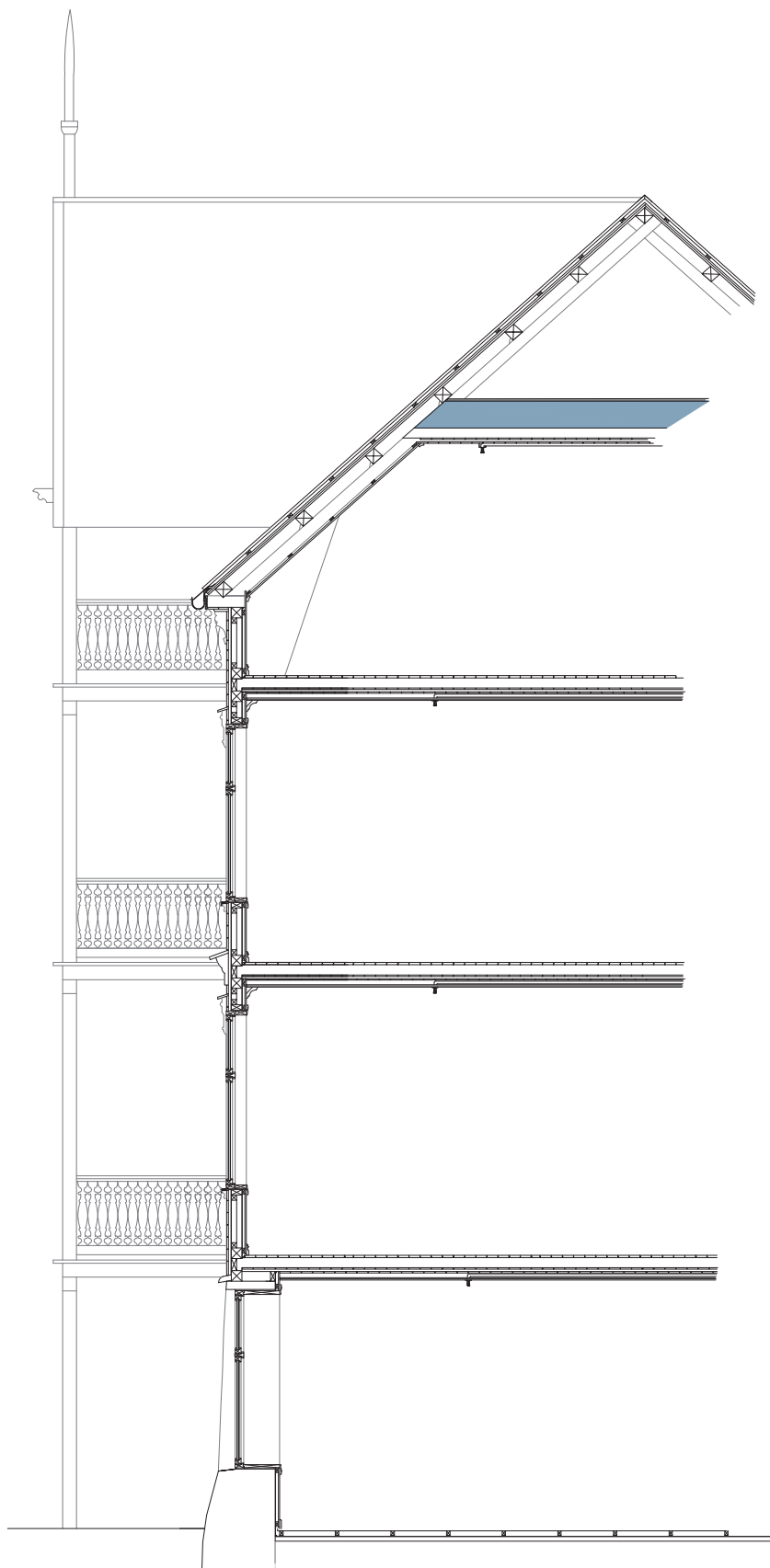
Kjellervegger isoleres innvendig med 100 mm mineralull. Det monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Tiltaket ligger på grensen til hva som er forsvarlig av hensyn til fukt, og vil kreve god detaljering i utførelsen.

Bygningsfysisk vil en utvendig etterisolering helt klart være å foretrekke

Dersom man må isolere innvendig er det en fordel å unngå bruk av trevirke og andre organiske materialer.

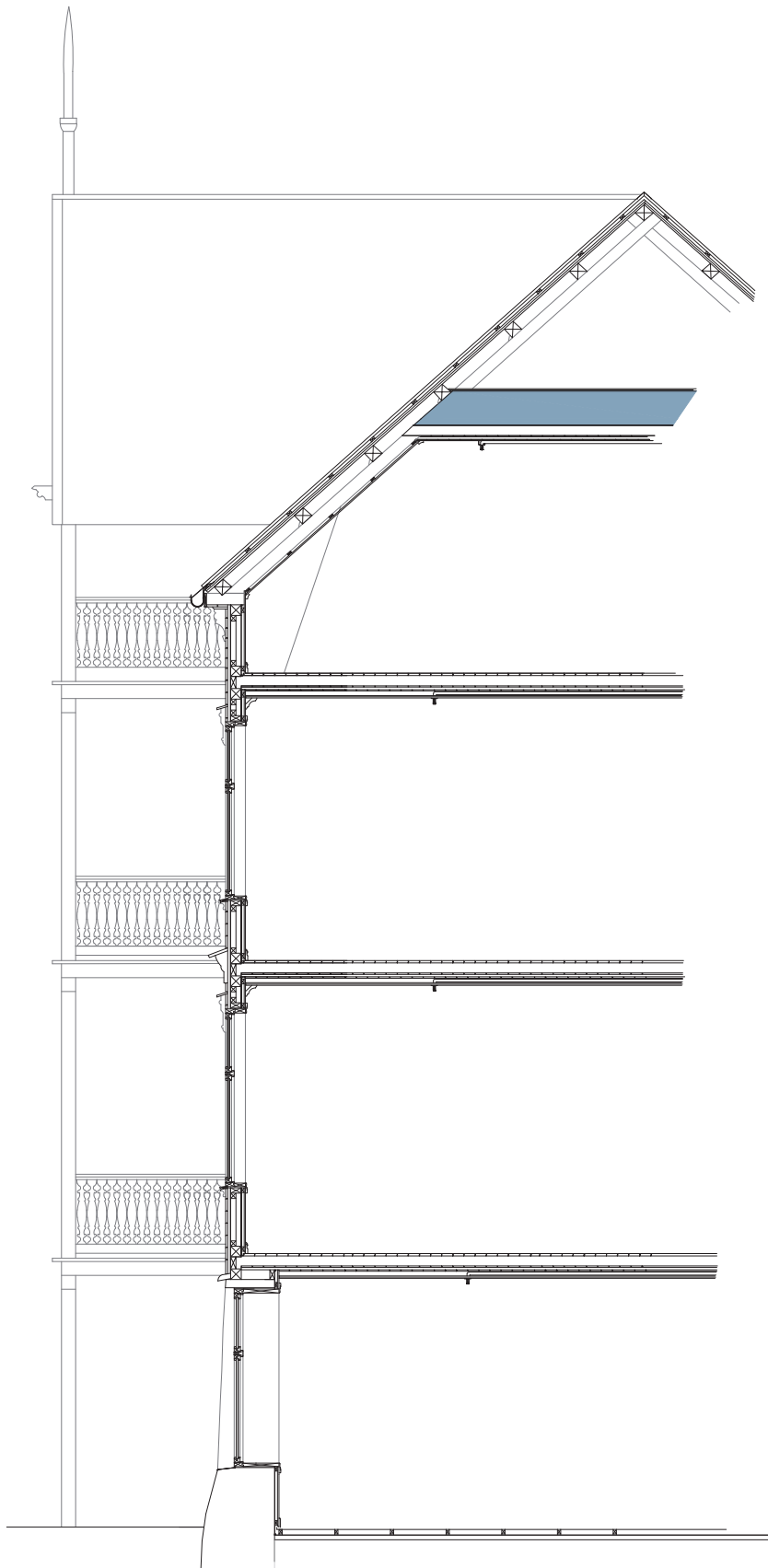


## Tiltak 8a: Etasjeskille mellom mørkeloft og tredje etasje isoleres (for å tilfredsstille krav i TEK10)

Etasjeskille mellom mørkeloft og tredje etasje isoleres på oversiden med 290 mm mineralull. Det monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen.

### Bygningsfysiske konsekvenser

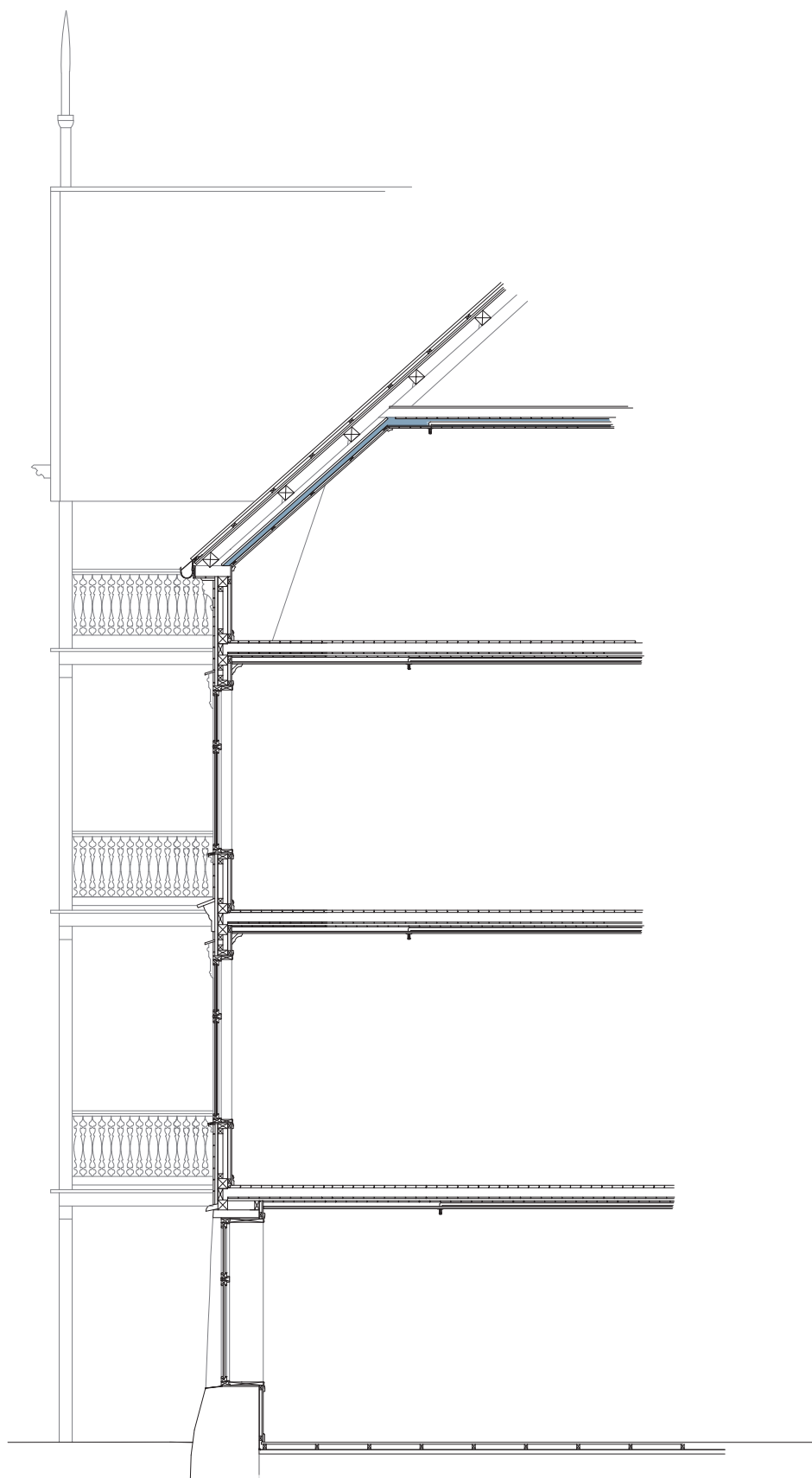
Bra: Kan sammenlignes med en utvedndig etterisolering; Holder konstruksjonen varm (og tørr).



## Tiltak Tiltak 8b: Etasjeskille mellom mørkeloft og tredje etasje isoleres (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå)

Etasjeskillet mellom mørkeloft og tredje etasje isoleres på oversiden med 370 mm mineralull. Det monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen.

Bygningsfysiske konsekvenser  
som for 8a



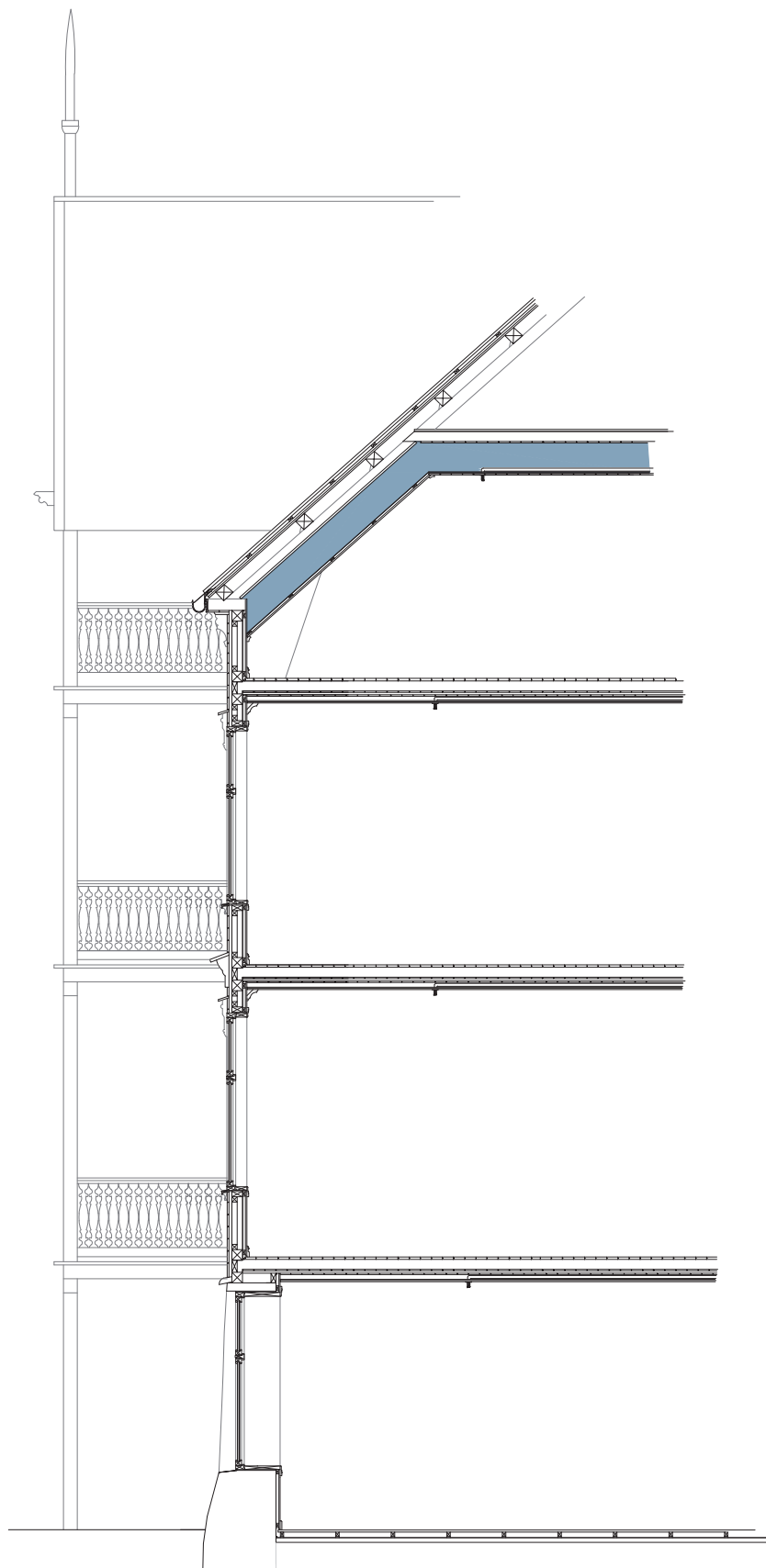
## Tiltak 8c: Nedhimling mot yttertak og kaldt loft (50mm)

Himling mot yttertak og kaldt loft (i tredje etasje i hovedbygning og i andre etasje i fløyen) isoleres på undersiden med 50 mm mineralull. Det monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen.

### Bygningsfysiske konsekvenser

En innvendig etterisolering er mye mer problematisk enn en utvendig etterisolering når det kommer til fukt. Krever nøyaktig utførelse for at fukt ikke skal nå ut i konstruksjonen.



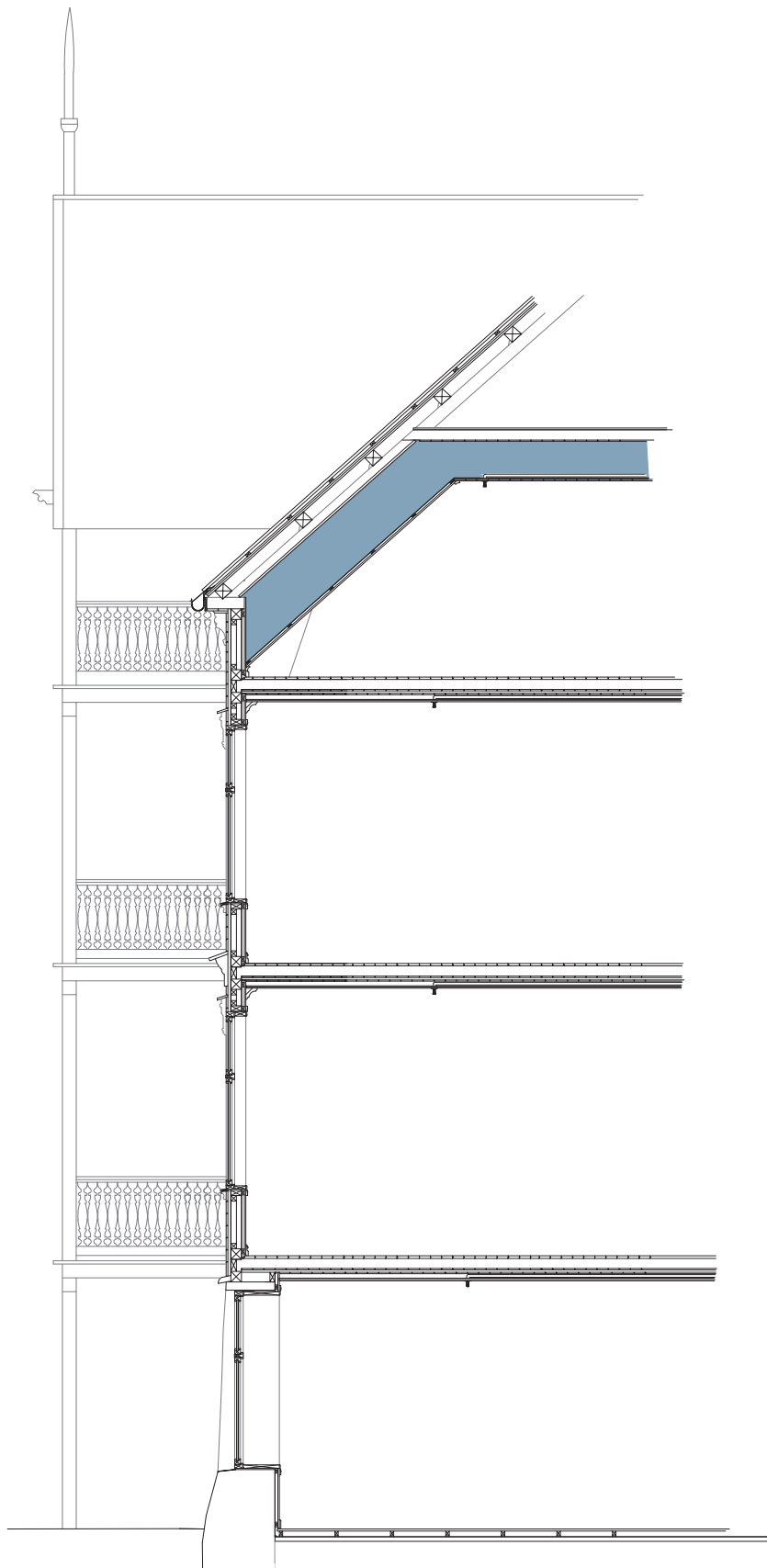


## Tiltak 8d: Nedhimling mot yttertak og kaldt loft (for å tilfredsstille krav i TEK10)

Himling mot yttertak og kaldt loft (i tredje etasje i hovedbygning og i andre etasje i fløyen) isoleres på undersiden med 290 mm mineralull (mot kaldt loft) og 350 mm mineralull (mot yttertak). Det monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Uheldig med tanke på fukt i konstruksjon. Kuldebroer i møte med innvendige vegger vil bli et problem.

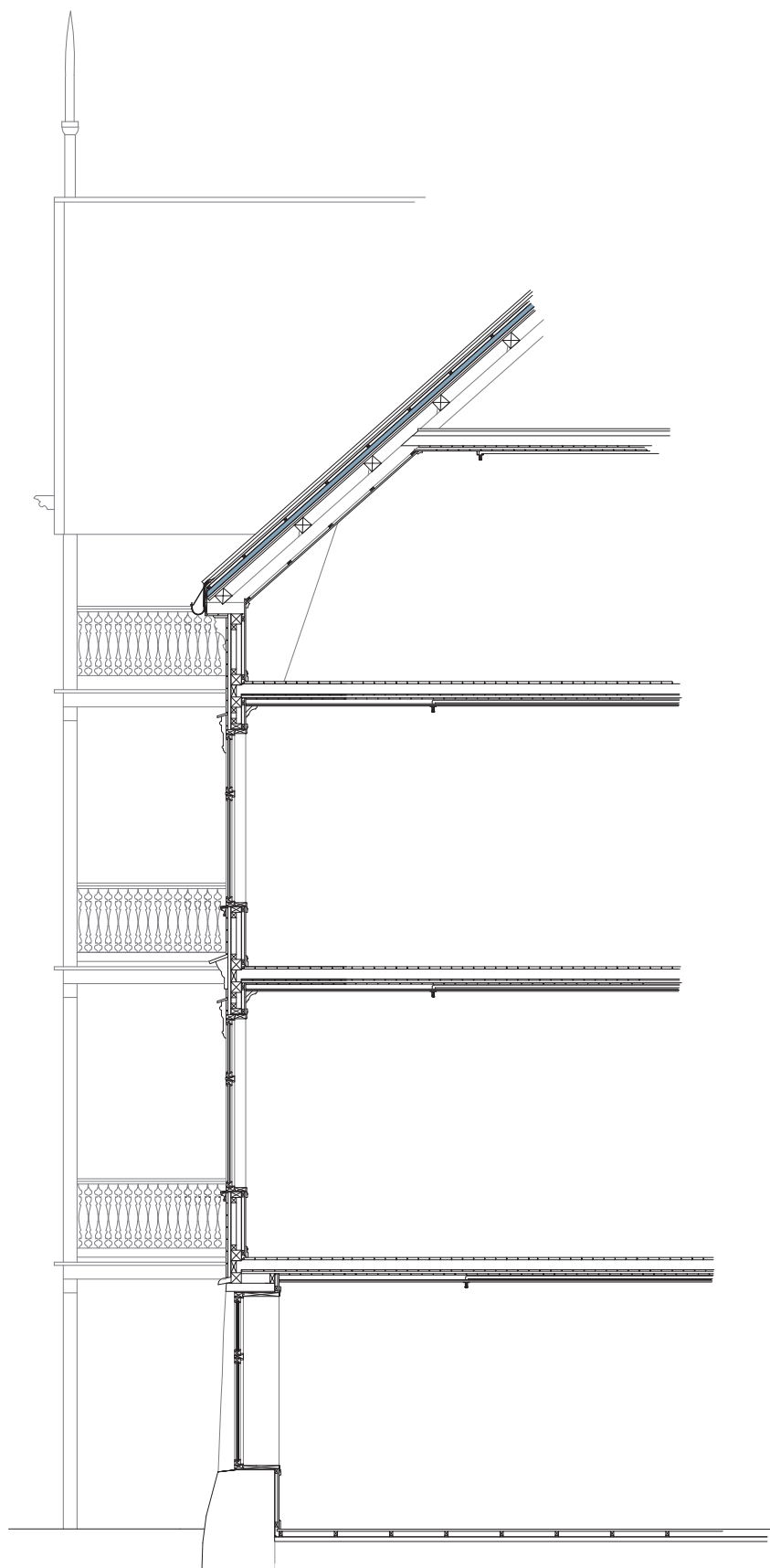


## Tiltak 8e: Nedhimling mot yttertak og kaldt loft (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå)

Himling mot yttertak og kaldt loft (i tredje etasje i hovedbygning og i andre etasje i fløyen) isoleres på undersiden med 370 mm mineralull (mot kaldt loft) og 550 mm mineralull (mot yttertak). Det monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Svært uheldig med tanke på fukt i konstruksjon (og muligens også inne i isolasjon). Kuldebroer i møte med innvendige vegger vil bli et stort problem.

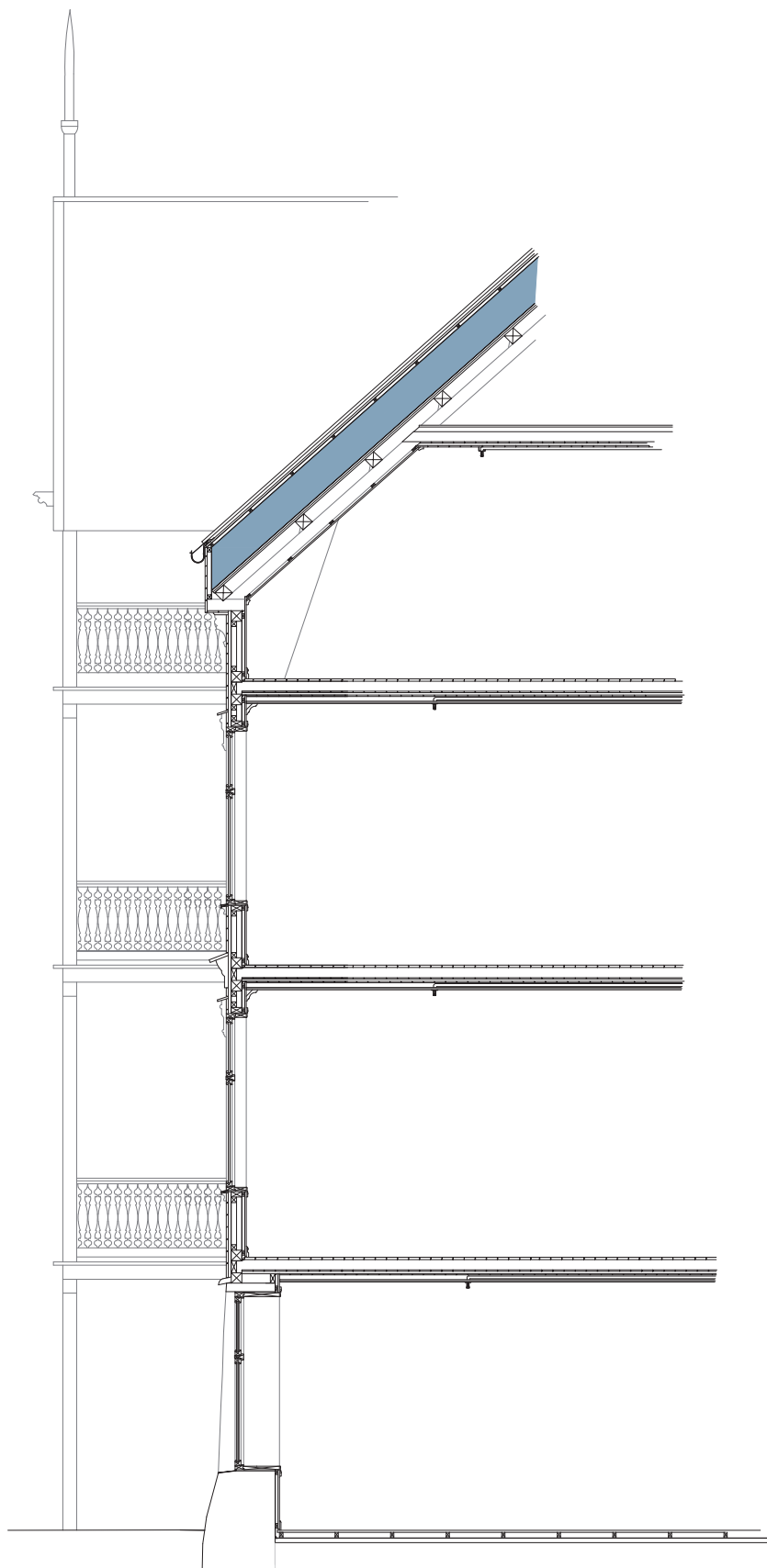


## Tiltak 8f: Tak isoleres utvendig (50mm)

Luftlekkasjer i ytterveggkonstruksjonen tettes ved å etablere et nytt vindsperresjikt på utsiden av reisverkskonstruksjonen. Utvendig kledning demonteres. Luftlekkasjer i taket tettes ved å legge undertaksbelegg under skifertekking. Legges direkte på taktro.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Et godt tiltak. Utvendig etterisolering sørger for varm(ere) og tørr(ere) konstruksjon og reduserer kuldebroer.



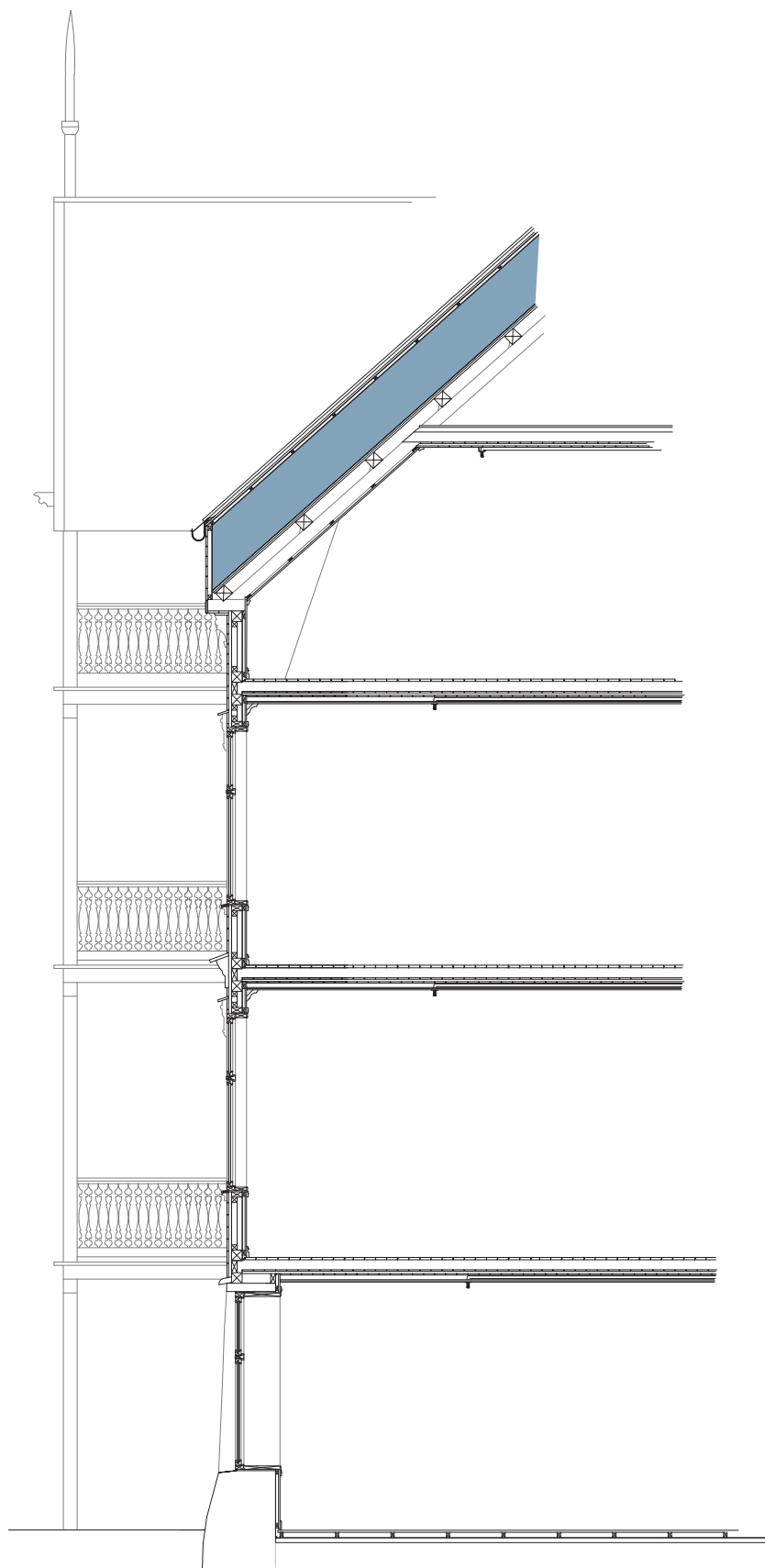
## Tiltak 8g: Tak isoleres utvendig (for å tilfredsstillere krav til TEK)

Taket isoleres utvendig med 350mm isolasjon. Montering av damp- og vindsperre er inkludert i tiltaket.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Et godt tiltak da det er med på å holde konstruksjonen varm og tørr og reduserer kuldebroer.





## Tiltak 8h: Tak isoleres utvendig (for å tilfredsstille krav til pas- sivhusnivå)

Taket isoleres utvendig med 550mm isolasjon. Montering av damp- og vindsperre er inkludert i tiltaket.

### Bygningsfysiske konsekvenser

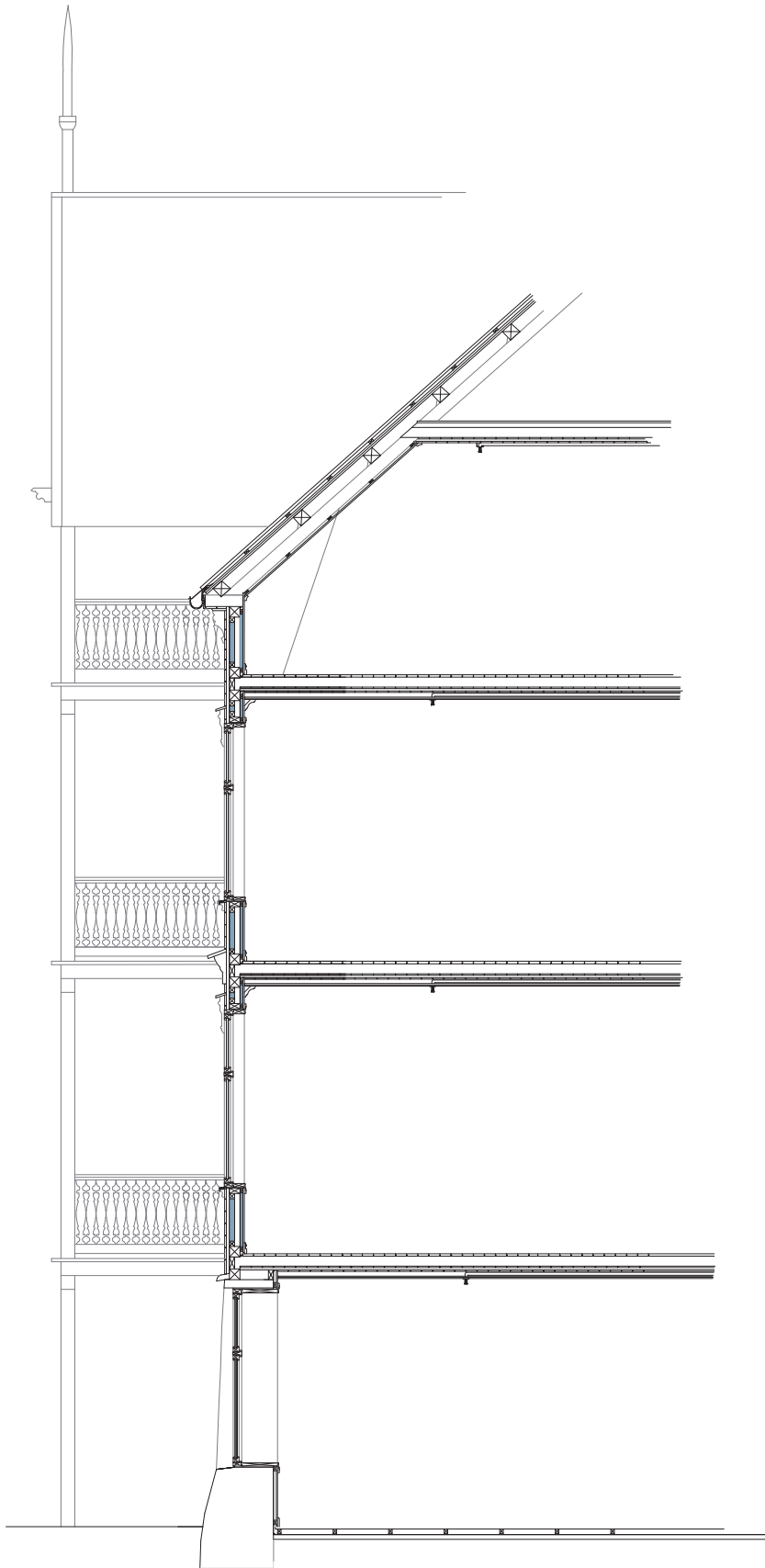
Med tanke på fukt og kuldebroer er dette et godt tiltak. Men takkonstruksjonen er ikke dimensjonert for en slik ekstra last.

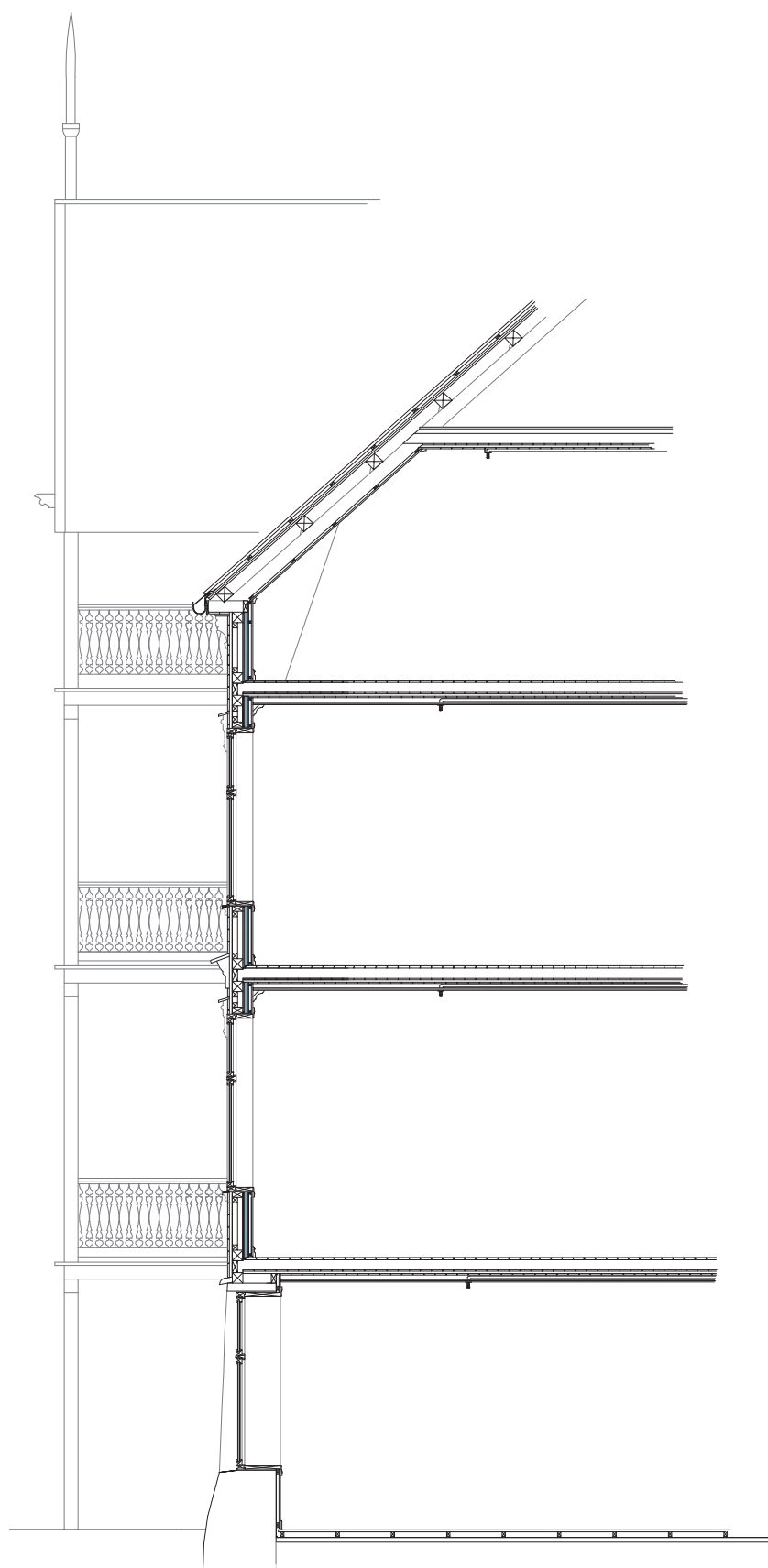
## Tiltak 9a: Yttervegger isoleres ved innblåsning

Yttervegger direkte tilknyttet leilighetene isoleres ved innblåsning av 53 + 30mm cellulosefiber.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Et problematisk tiltak. Vi forutsetter at utvendig papp skal kunne tåle en innblåsning, noe som sannsynligvis ikke vil la seg gjennomføre. Dersom en blåser inn fra innsiden (gjennom pappen) perforeres det lille som er av dampspærre og varm, fuktig luft kan strømme inn i, noe som vil gi fuktskader. Isolasjonen vil ikke komme til overalt (spesielt problematisk rundt møte med etasjeskille), slik at dette tiltaket bør kombineres med Tiltak 2 for å få isolasjon i hele vegghøyden. Det advares mot å etterisolere reisverkskonstruksjoner ved innblåsning, spesielt om en ikke kombinerer dette med en utvendig etterisolering. For bygninger med samme brannklasse som Thingvallgården vil en etterisolering med brennbart materiale være fob



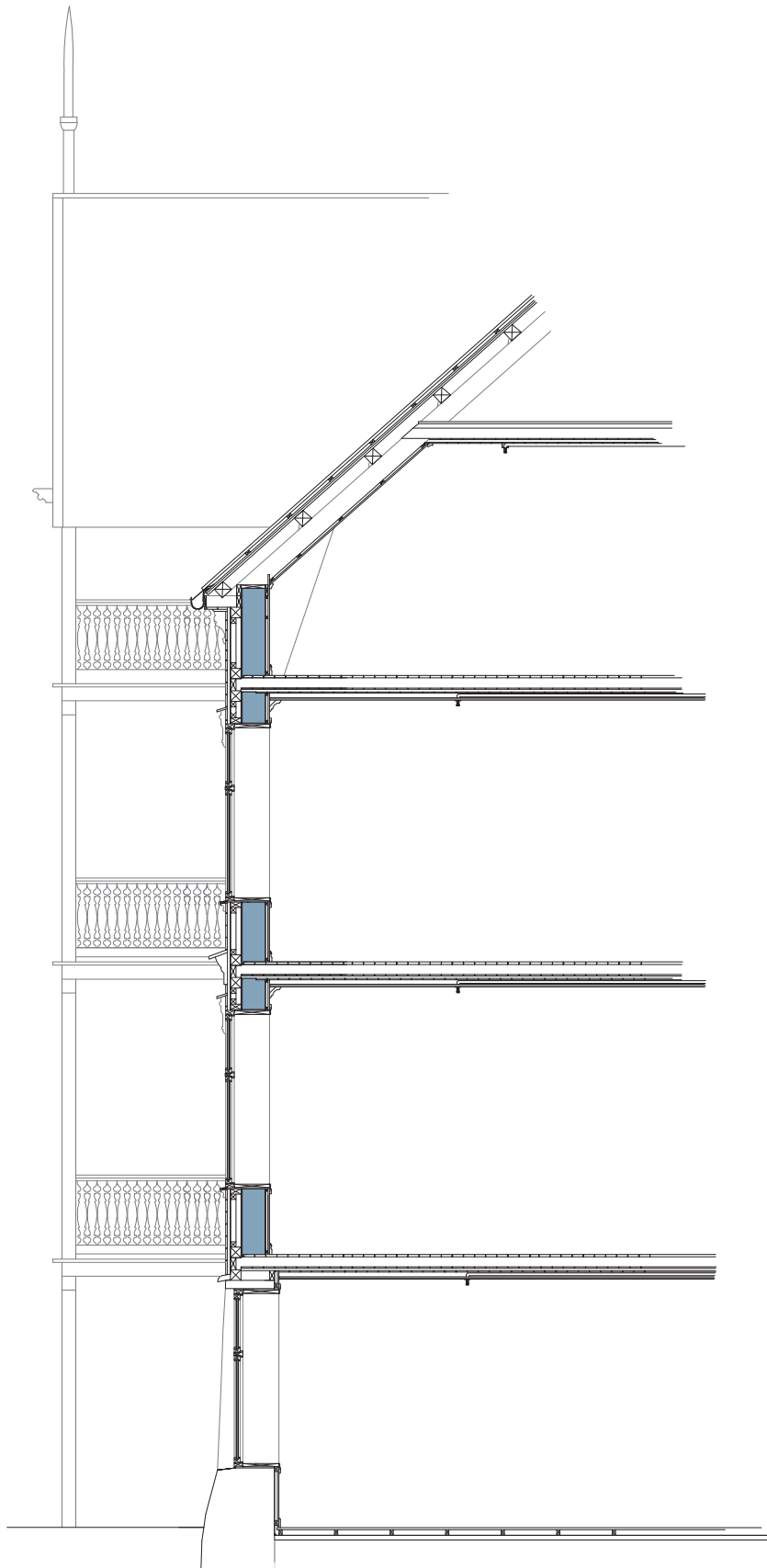


## Tiltak 9b: Yttervegger og trap- perom isoleres innvendig

Det kreves nøyaktig utførelse for at fukt ikke skal nå ut i konstruksjonen, og kuldebroer vil øke, relativt sett.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Det kreves nøyaktig utførelse for at fukt ikke skal nå ut i konstruksjonen, og kuldebroer vil øke, relativt sett.



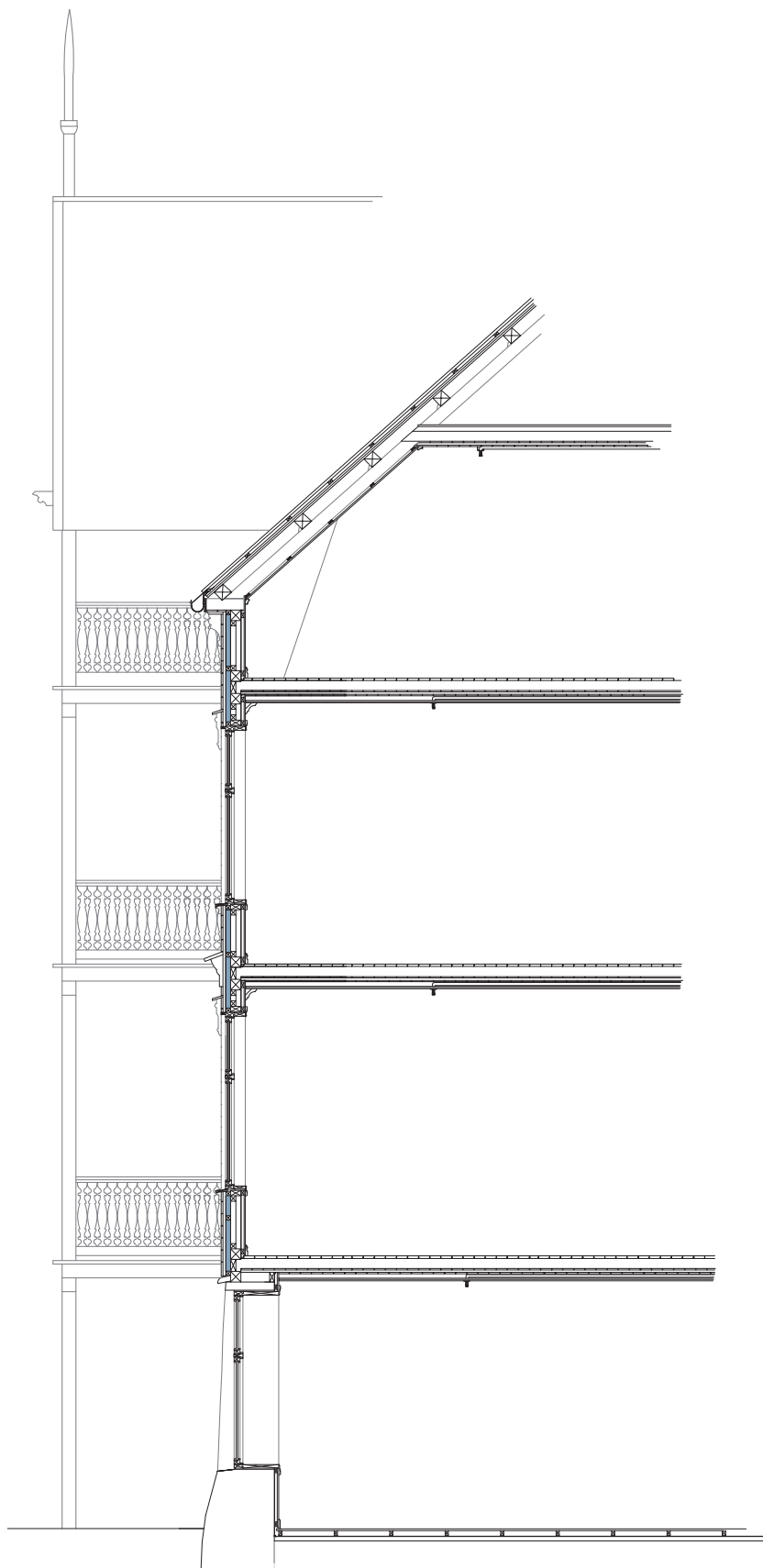
## Tiltak 9c: Yttervegger og trap- perom isoleres innvendig (for å tilfredsstille krav i TEK10)

Yttervegger isoleres innvendig med 250 mm mineralull.  
Det monteres dampsperre på varm side av konstruksjonen.  
Dampsperre monteres. (!)

### Bygningsfysiske konsekvenser

Fuktteknisk kan dette tiltaket bli svært uhensiktsmessig.  
Kuldebroer vil relativt sett øke. Anbefales ikke av bygg-  
forsk og ikke av oss heller.



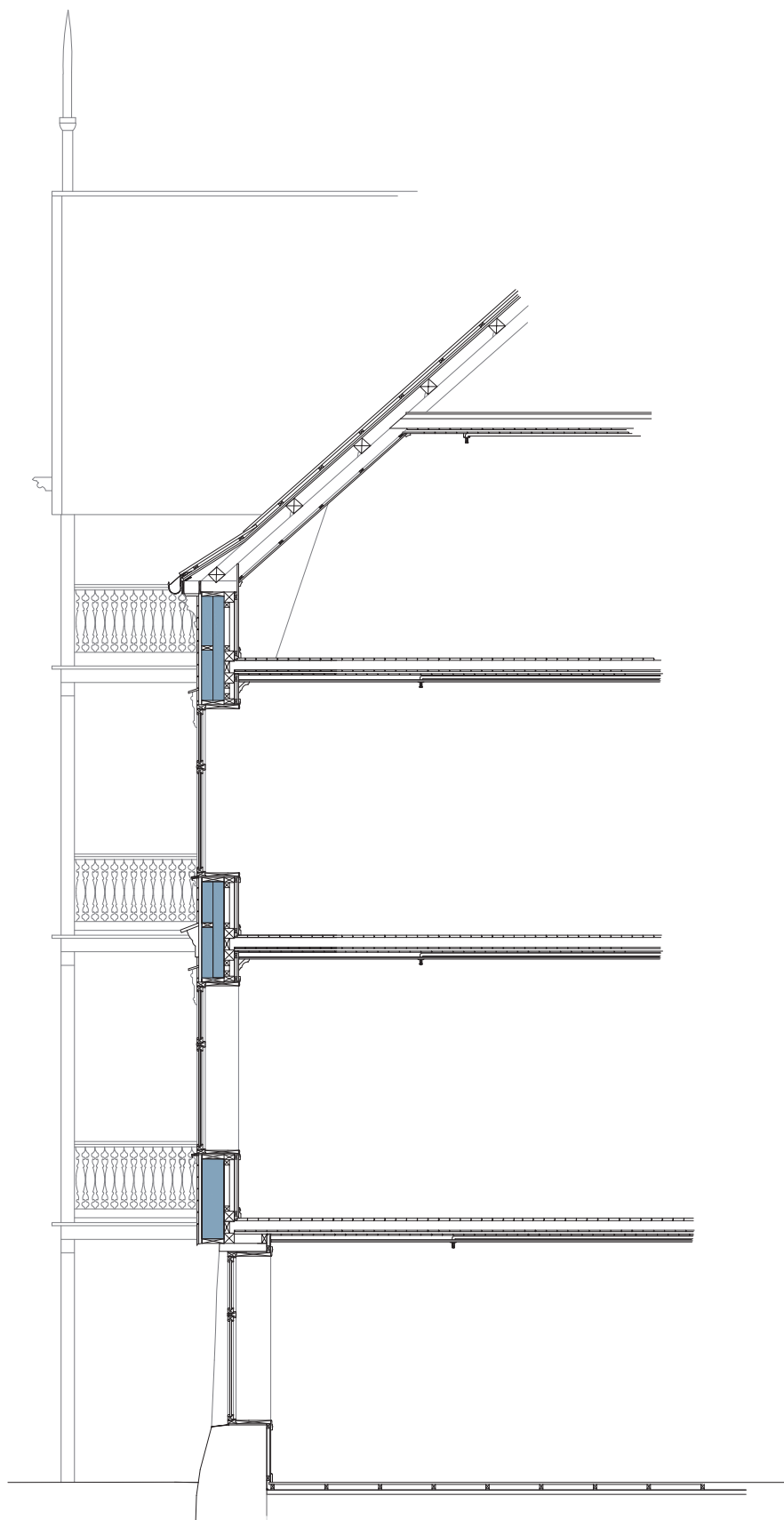


## Tiltak 9d: Yttervegger isoleres utvendig (50mm)

Veggen fores ut og isoleres utvendig med 50 mm mineralull. Vinduer flyttes ut i vegglivet for å opprettholde plassering i forhold til den utvendige kledningen.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Kan sammenlignes med utvendig etterisolering av tak: er med på å holde konstruksjonen varm og tørr. Videre er det et godt tiltak for å begrense kuldebroer. Montering av vindspærre bør inkluderes i tiltaket.

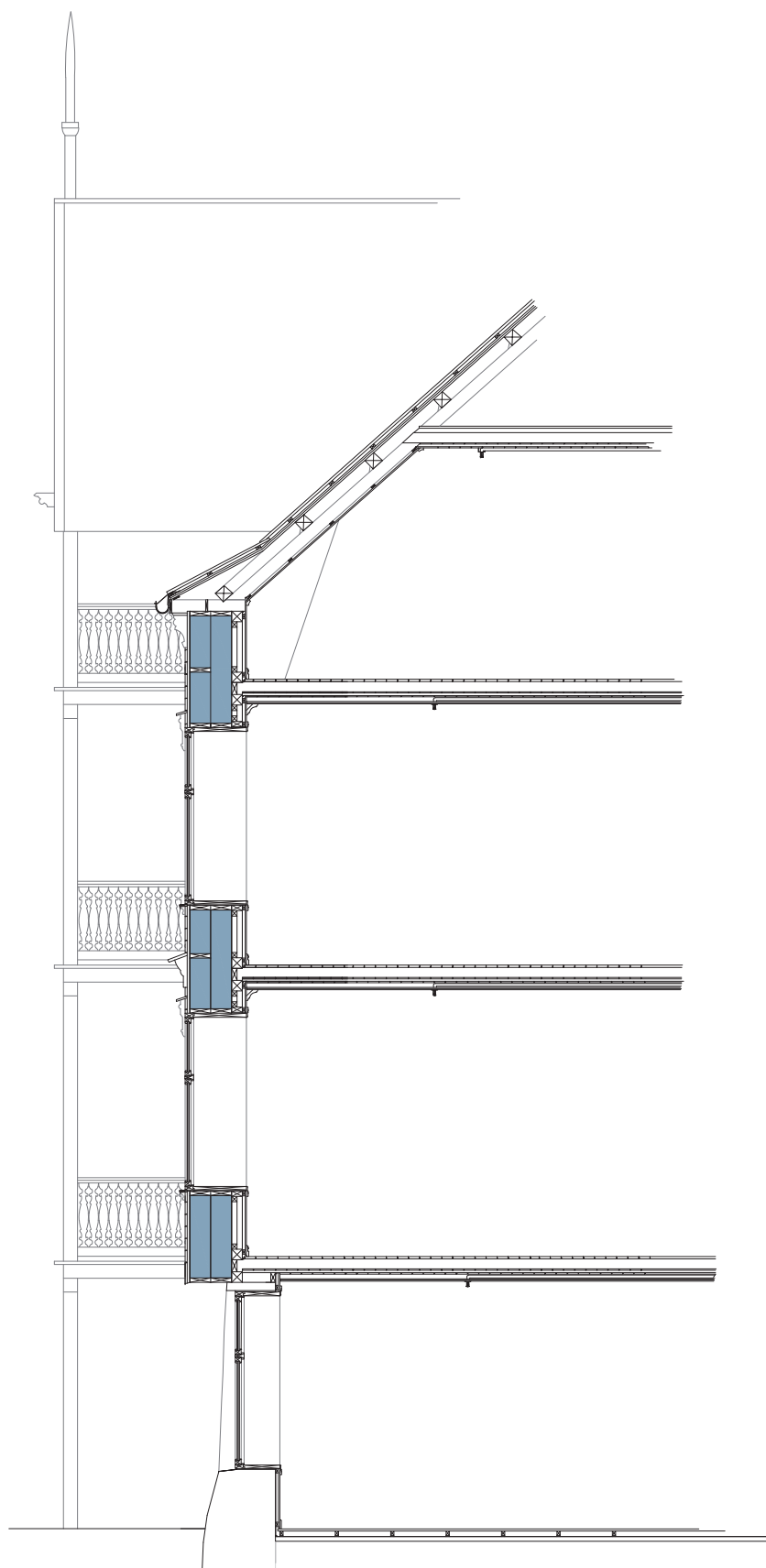


## Tiltak 9e: Yttervegger isoleres utvendig (for å tilfredsstille krav til TEK10)

Veggen fores ut og isoleres utvendig med 250 mm mineralull. Vinduer flyttes ut i vegglivet.

### Bygningsfysiske konsekvenser

Som 9d. Dampspærre bør ikke monteres; Den vil ikke hindre varm, fuktig luft i å trenge inn i konstruksjonen, men heller begrense muligheten for uttørring.



## Tiltak 9f: Yttervegger isoleres utvendig (for å tilfredsstille krav til passivhusnivå) Dampsperre

Veggen føres ut og isoleres utvendig med 400 mm mineralull. Vinduer flyttes ut i vegglivet.

### Bygningsfysiske konsekvenser

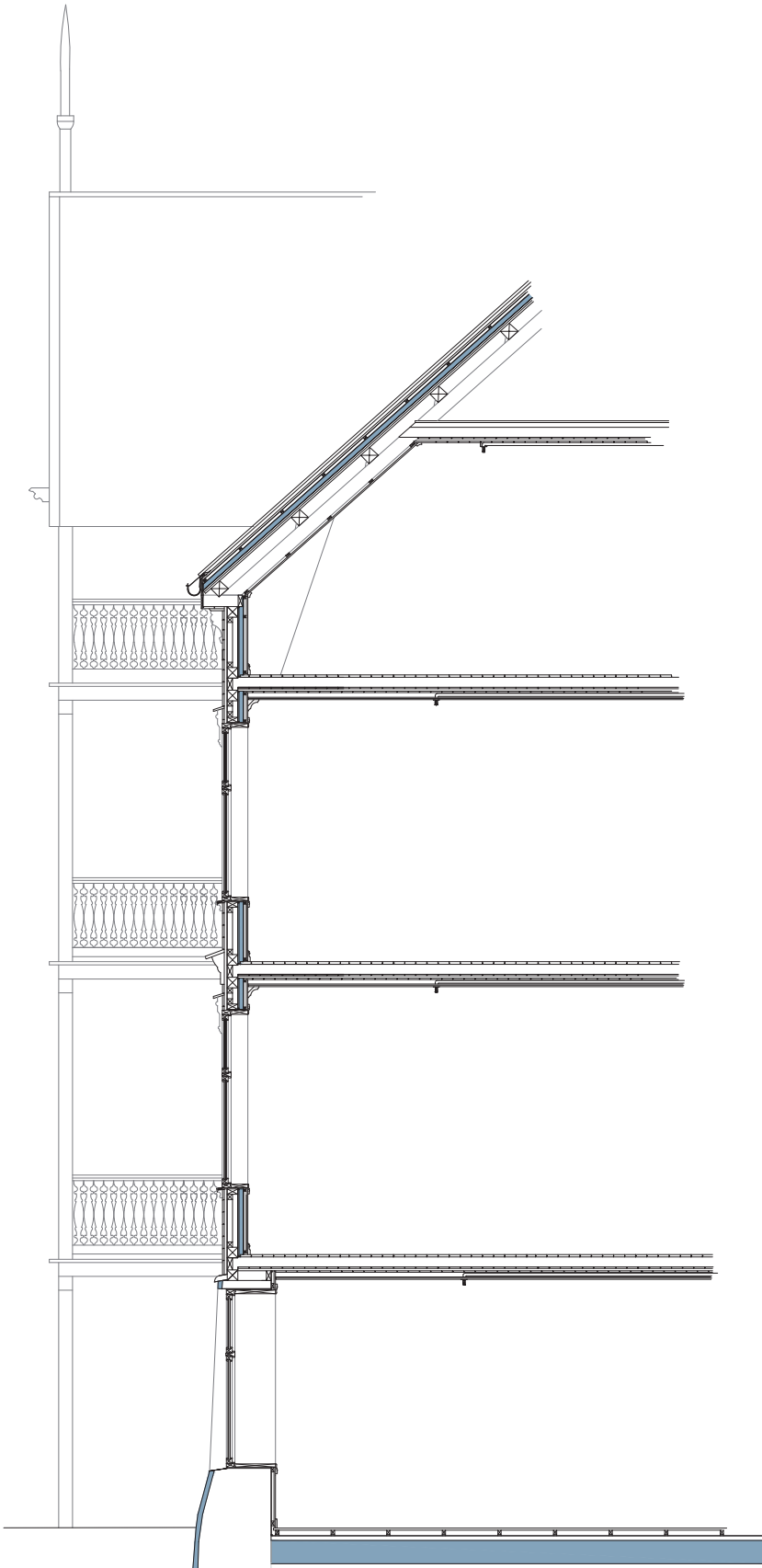
Som 9e.

# Pakkeløsning 1

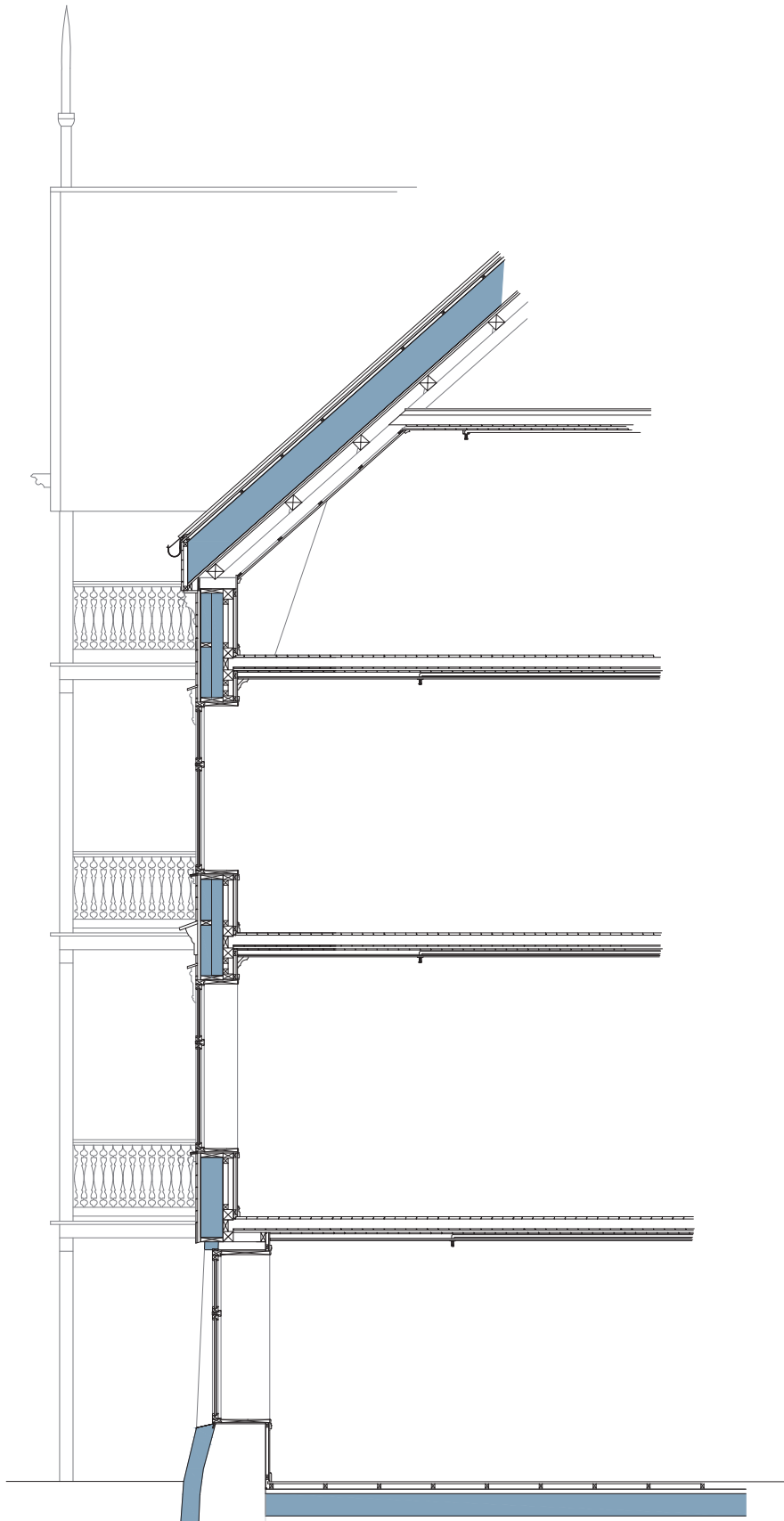
V

Bygningsfysiske konsekvenser

Ka

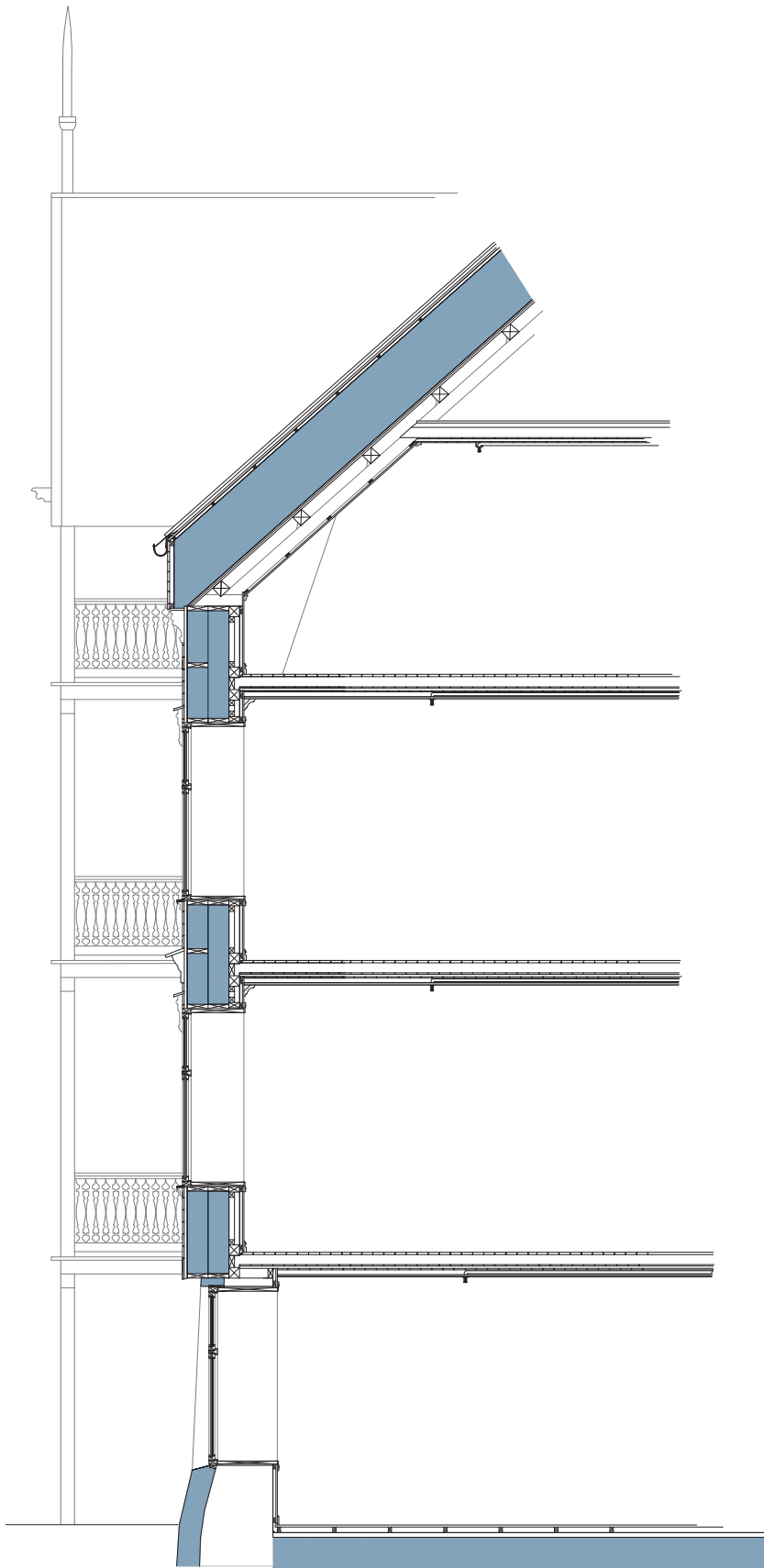


## Pakkeløsning 2

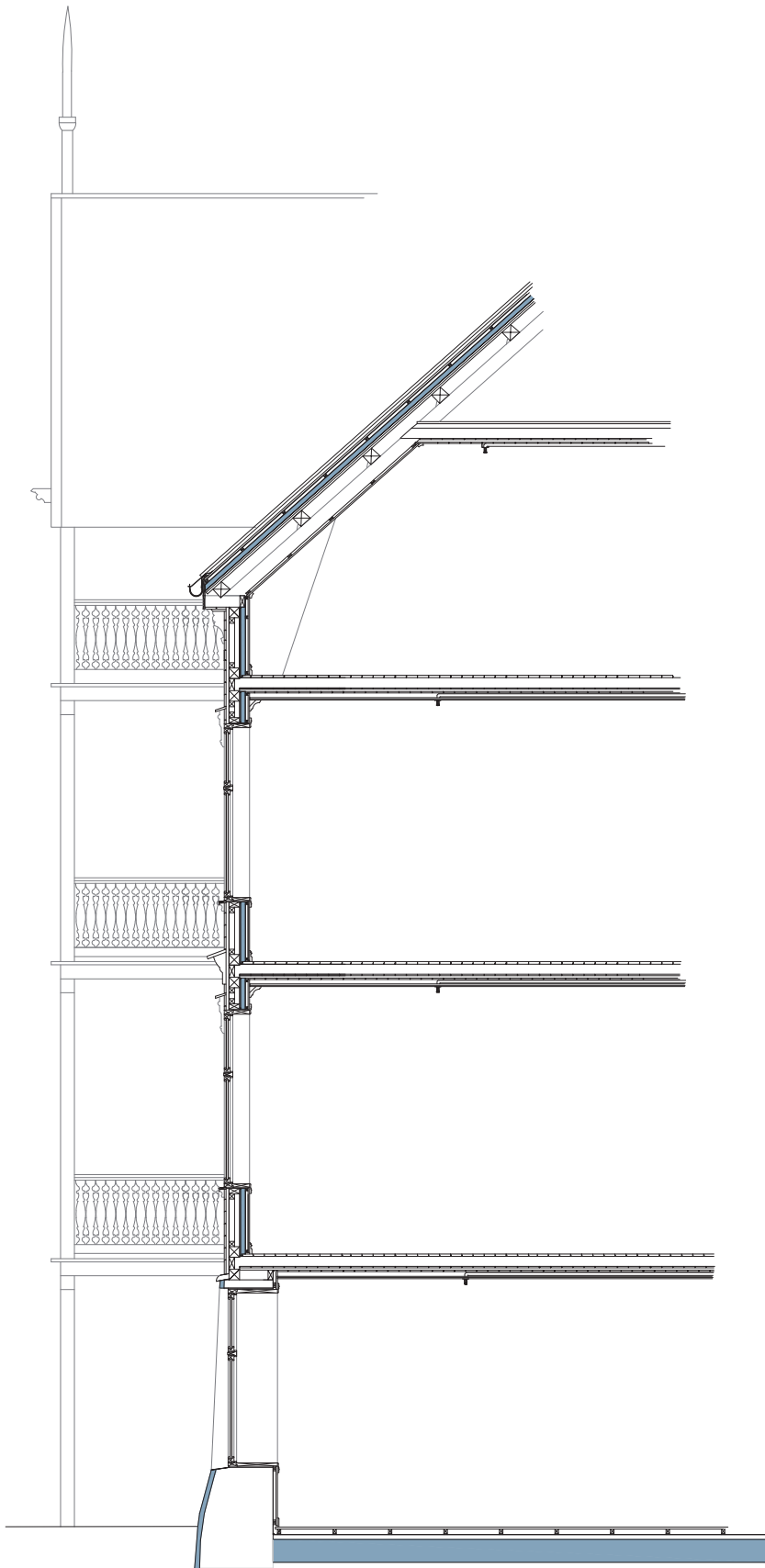




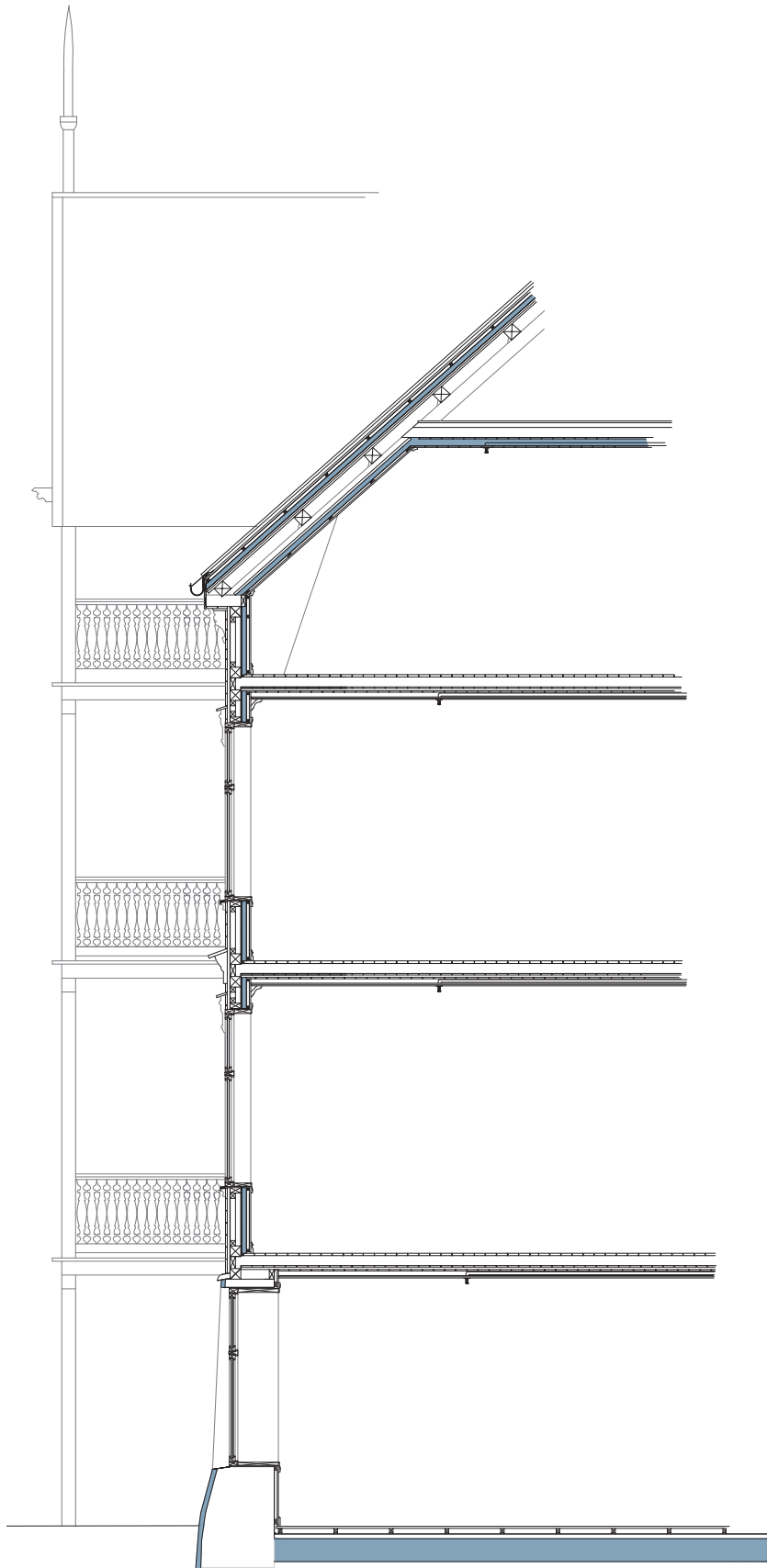
## Pakkeløsning 3



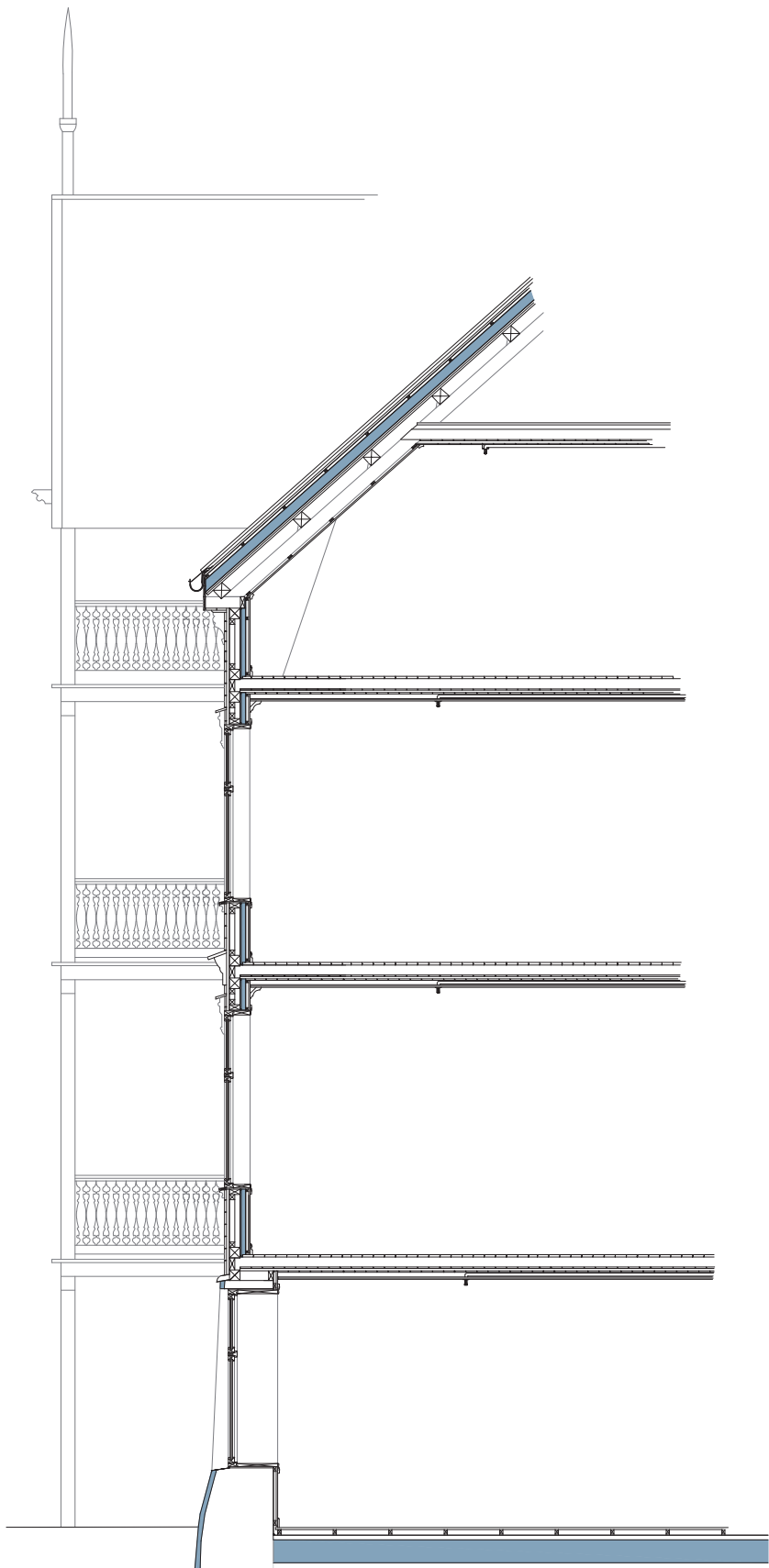
## Pakkeløsning 4



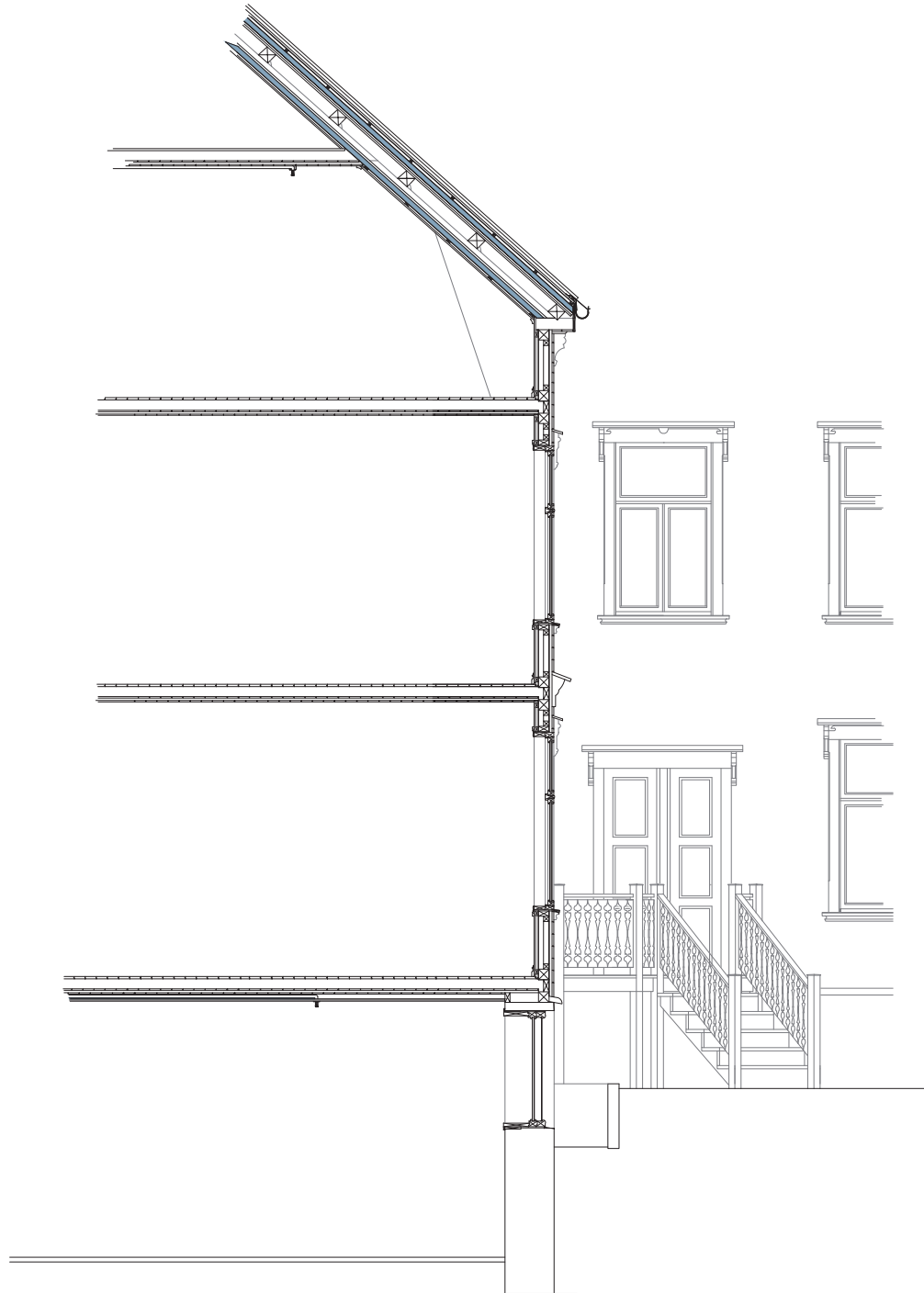
## Pakkeløsning 5



## Pakkeløsning 6

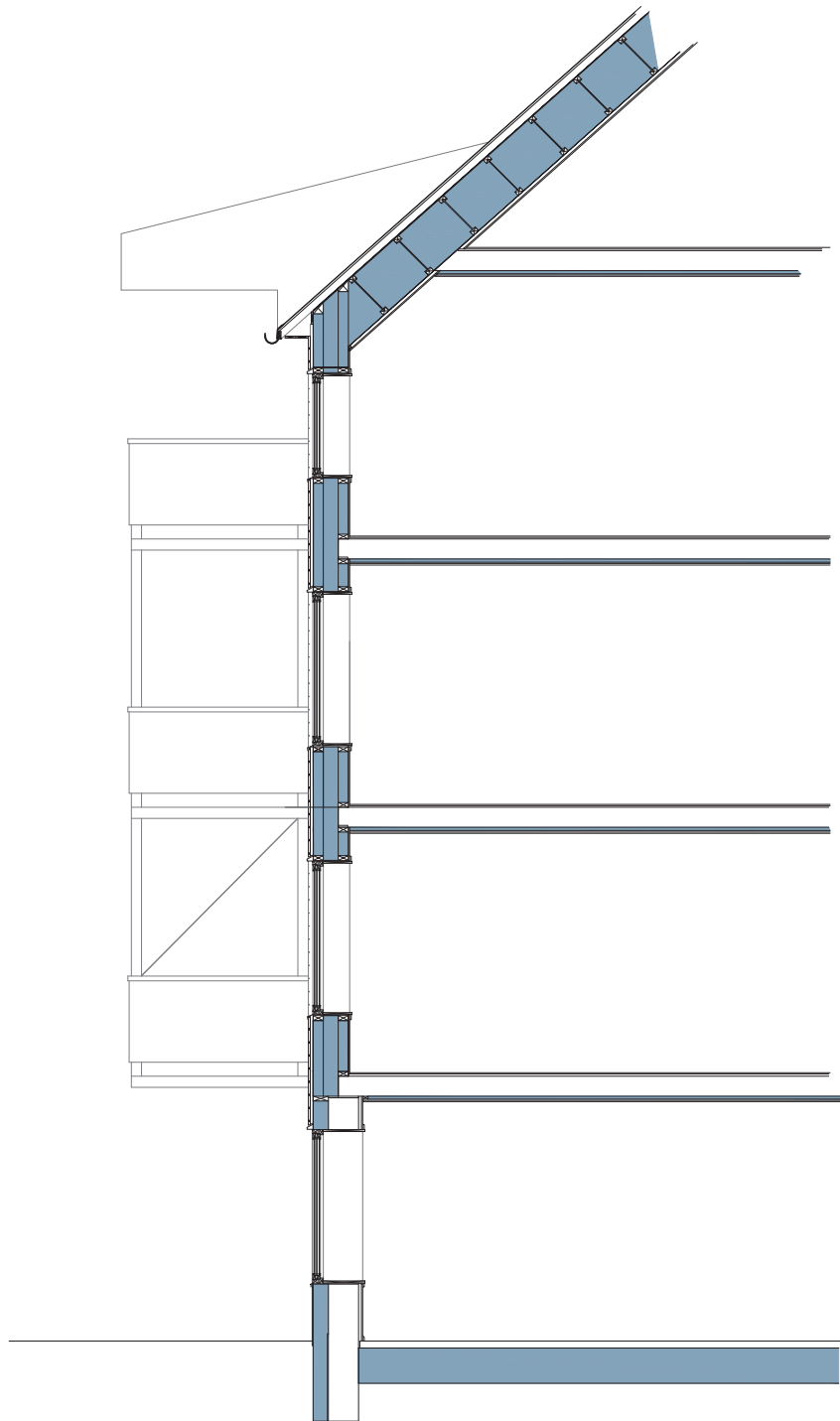


# Pakkeløsning 7





# Nybygg i passivhusstandard (NyP)



# Energibruk

## Minimumstiltaket

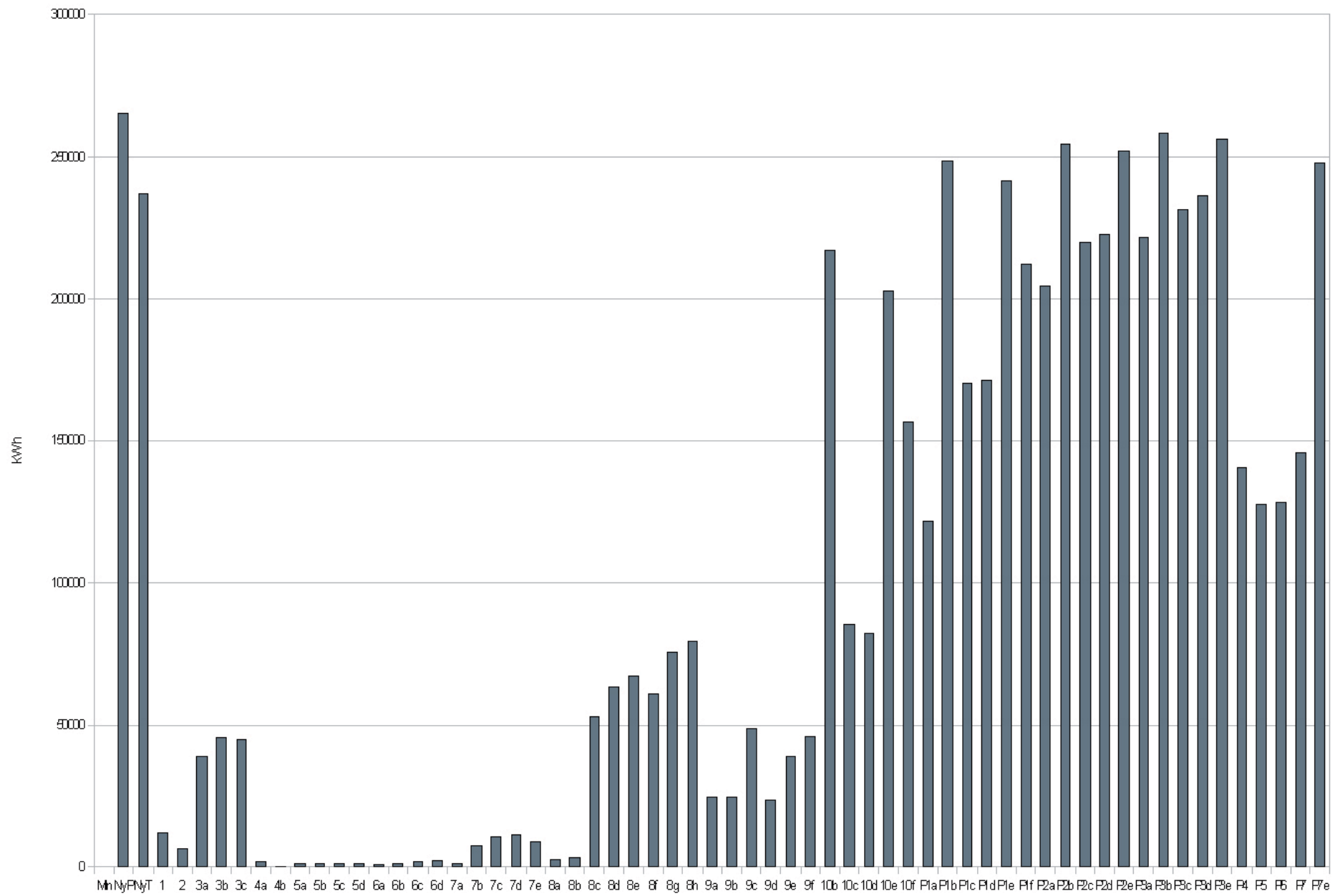
Ved en årssimulering av minimumstiltaket ser vi at bygningens beregnede behov for levert energi er 315440kWh (333,0kWh/m<sup>2</sup>), mens netto energibehov er beregnet til 309708kWh. Det spesifikke energibehovet ligger på 326,9kWh/m<sup>2</sup>. Dette er et svært høyt tall sett i forhold til hva som kreves for denne type bygning i dagens forskrifter (115kWh/m<sup>2</sup>). For å få innblikk i hvorfor energibehovet er så høyt, kan man se på de beregnede energi- og varmetapsbudsjettene.

Romoppvarming er beregnet til å utgjøre hele 82,6% av bygningens årlige energibudsjett, mens vifter bidrar med 2,5%. I simuleringene er det lagt inn mekanisk ventilasjon i sone 0.1, 1.1 og 1.2, mens det i praksis kun er baderom og kjøkken som har mekanisk avtrekk<sup>2</sup>. Ventilasjonssystemet som er beregnet er derfor overdimensjonert, og viftenes bidrag litt større enn det ville vært i virkeligheten. Dette påvirker også ventilasjonens bidrag i bygningens samlede varmetapsbudsjett: Ventilasjonen utgjør 12,7% av bygningens varmetap. Fordi varmen i luften som ventileres ut gjennom det mekaniske avtrekket ikke gjenvinnes, blir varmetapet høyt. Det blir desto høyere på grunn av overdimensjoneringen av anlegget<sup>3</sup>.

I bygningens varmetapsbudsjett ser vi at det er taket som bidrar mest, med hele 40,6%. Dette kommer trolig av at taket har en veldig høy U-verdi (beregnet til 3,77W/m<sup>2</sup>K). Vinduer og dører står for 18,5% av varmetapet. Dette kan ses i sammenheng med at andelen vindus- og dørareal dividert på bruksareal er høy (22,3%<sup>4</sup>) og at de fleste vinduer og dører har høye U-verdier enn ytterveggene. Ytterveggene bidrar med 17,2% av det totale varmetapet. I minimumstiltaket er ingen yttervegger isolert, og veggene har derfor dårlig varmeisolerende evne. Infiltrasjonens bidrag på 7,0% skyldes bygningens høye lekkasjetall (7,00h<sup>-1</sup>). Fordi dette er en trekonstruksjon (hvor normalisert kuldebroverdi er lav), blir andelen av varmetapsbudsjettet som skyldes varmetap gjennom kuldebroer forholdsvis lavt; 2,3%. Varmetap gjennom gulv utgjør kun 1,6% av bygningens totale varmetap. Dette gjelder kjellergulvene i sone 0.1, 0.2 og 0.3. Noe av årsaken til at gulvet gir et såpass lavt bidrag kan være at gulvet ligger direkte på grunnen og ikke mot luft. Samtidig utgjør gulvflaten kun 256m<sup>2</sup> av bygningens totale bruksareal på 947m<sup>2</sup>. 91,3m<sup>2</sup> av dette gulvarealet ligger i kjellersoner som ikke varmes opp til like høye temperaturer som de to boenhetene i kjelleren. Dette kan også ha betydning for resultatene.

Ut i fra disse resultatene kan man anta at tiltak for å bedre varmetapet i taket vil få store utslag for bygningens beregnede energibruk. I tillegg vil sannsynligvis tiltak for å bedre U-verdier for vinduer og dører og tiltak på ytterveggene få store utslag. Når det gjelder ventilasjonens bidrag til bygningens varmetap vil denne andelen sannsynligvis øke når det gjennomføres tiltak på bygningskroppen.

- 
- 2 Hvis vi skulle skilt ut disse rommene i beregningsmodellen, måtte disse blitt simulert som egne soner. Vi ville da fått en alt for detaljert modell.
  - 3 Her kunne man alternativt sett på muligheten for å installere en varmepumpe som nyttiggjorde seg av spillvarmen fra ventilasjonsanlegget. Dette har vi dessverre ikke hatt muligheter til å gjøre beregninger for i SIMIEN.
  - 4 Dette tilfredsstillende ikke kravet i TEK10 der andelen skal ligge på under 20%.



Tabell 1 Reduksjon i årlig levert energi (elektrisitet) i forhold til minimumstiltaket.

## Energibesparelser ved enkelttiltak

Søylediagrammet på forrige side viser spart elektrisitet i forhold til minimumstiltaket. Som man kan se er det nybygget i passivhusstandard som sparer mest, mens nybygget i TEK10-standard sparer nest mest.

Av tiltakene gjennomført for Thingvallgården er det de installasjonsmessige tiltakene som gir de største besparelsene i elektrisitetsforbruk. Dette har en enkel forklaring: Ved å bruke andre energikilder enn elektrisitet, sparer man elektrisitet.

For noen av de installasjonsmessige tiltakene er det knyttet en del usikkerhet til prosentvis dekning av årlig energibehov. For sentralvarmeanlegget med biokjel har vi forutsatt en prosentvis dekning på 80% av årlig energibehov til romoppvarming og 60% av årlig energibehov til oppvarming av tappevann. Vi har forutsatt at resterende energibehov dekkes av elektrisitet. Et slikt anlegg kunne riktignok ha dekket hele bygningens oppvarmingsbehov, men blant annet fordi biokjelene har best virkningsgrad når de går på høy last, er det vanlig å dimensjonere biokjeler til 60-80 prosent av effektbehovet (OED 1998). Hvis prosentvis dekning hadde blitt satt til 100% for både romoppvarming og oppvarming av tappevann hadde man måttet dekke kun det tekniske energibehovet (netto årlig energibehov på 26846kWh av totalt 309708kWh) med elektrisitet.

For tiltaket hvor bygningen kobles opp til fjernvarmenettet har vi forutsatt en prosentvis dekning på 75% for romoppvarming og 60% for oppvarming av tappevann. Også for dette alternativet har vi foreslått at topplasten dekkes av elektrisitet. Ved henvendelse til Trondheim Energi Fjernvarme AS har vi imidlertid funnet ut at hele bygningens oppvarmingsbehov kunne blitt dekket med fjernvarme.

Fordi åpne planløsninger er en forutsetning for at luft-til-luft varmepumper skal være lønnsomme tiltak er det usikkert om man kan oppnå en god effekt i Thingvallgården, siden boenhetene her er oppdelt i mange rom.

For de bygningsfysiske tiltakene ser vi at det er tiltakene i/på takkonstruksjonen som får mest utslag. For tiltak 8h reduseres behovet for levert energi med 25% i forhold til minimumstiltaket (fra et behov på 315440kWh til 235842kWh) og i bygningens varmetapsbudsjett for dette tiltaket er varmetapet for taket nede i 1,6%. Dette må selvfølgelig ses i sammenheng med at det her ikke er gjort noen andre tiltak på andre bygningsdeler. Tiltak 8g reduserer energibehovet med nærmere 24% (til 239897kWh).

Tiltak 8e gir en reduksjon på 21,2% i forhold til minimumstiltaket. Her kan det være interessant å se på hvorfor dette tiltaket ikke når høyere opp på lik linje med 8h. For det første kan dette ha sammenheng med at vi for tiltak 8e har latt lekkasjetallet stå uendret, mens vi for tiltak 8h har forutsatt at tallet minkes fra 7,00h<sup>-1</sup> til 6,00h<sup>-1</sup>. I tillegg vil det ukontrollerte luftskiftet gjennom etasjeskillet opp mot mørkeloftet til en viss grad påvirke resultatene. Dette er for tiltak 8e redusert fra 25 til 10m<sup>3</sup>/h, men det er mulig at tallet skulle vært ytterligere redusert (se eksempel i marg).

De samme usikkerhetsmomentene knyttet til lekkasjetall og infiltrasjon gjennom etasjeskillet gjelder også for tiltak 8d.

For etterisolering av takkonstruksjonen med 50mm mineralull ser vi at tiltaket hvor isolasjonen legges utvendig, tiltak 8f, gir større besparelser enn det å legge den samme

For tiltak 8e er behovet for levert energi beregnet til 248467kWh. For dette tiltaket er bygningens lekkasjetall 7,00h<sup>-1</sup> og infiltrasjonen (det ukontrollerte luftskiftet) gjennom de isolerte himlingene 10m<sup>3</sup>/h. Hvis lekkasjetallet endres til 6,00h<sup>-1</sup> blir det nye beregnede tallet 242989kWh. Hvis vi i tillegg reduserer infiltrasjonen til 5,0m<sup>3</sup>/h endres behovet til 241923kWh, og ved infiltrasjon lik 0 endres det til 241481kWh. Hvis vi lar lekkasjetallet stå uendret, men reduserer luftskiftet til 0 blir beregnet behov for levert energi 246957kWh.

Som vi ser kan tiltaket potensielt komme ned i et behov på 241481kWh, men det sparer likevel ikke inn nok til å prestere like godt som eller bedre enn utvendig etterisolering (TEK- og passivhusnivå). Dette kan skyldes at tiltakene hvor taket isoleres utvendig også vil få effekt i de uoppvarmede trapperommene: Takflatene her vil få en svært forbedret U-verdi, noe som vil bidra til å begrense varmetapet fra de oppvarmede sonene ut til trapperommene.

isolasjonstykkelsen under himlingene innvendig (tiltak 8c). For tiltak 8f utgjør varmetap tak 12,7% av det totale varmetapet, mens denne andelen er på 36,8% for tiltak 8c. Dette kommer naturligvis av at det for sistnevnte tiltak er kun en andel av bygningens takflater som er isolert (tak øst og vest tilknyttet sone 1.2 i hovedfløyen utgjør til sammen 117,4m<sup>2</sup> av totalt 392m<sup>2</sup> tak). Også her må man ta i betraktning at verdien for ukontrollert luftskifte gjennom himlingene i tiltak 8c kan være satt noe høyt. For begge disse tiltakene er verdien for bygningens lekkasjetall uendret.

Hvis man ser på tiltak 8a og 8b, hvor etasjeskille mellom mørkeloft og tredje etasje isoleres henholdsvis for å tilfredsstille krav i TEK10 og krav til passivhusnivå, ser man at disse tiltakene i seg selv vil gi minimale besparelser: Tiltak 8b gir en reduksjon på omtrent 1%, mens tiltak 8a gir en reduksjon på omtrent 0,9% sammenlignet med minimumstiltaket (beregnet behov for levert energi er på 312043kWh for tiltak 8b og 312721kWh for 8a). Dette skyldes sannsynligvis at det fortsatt er et svært høyt varmetap gjennom taket (varmetap gjennom tak utgjør fortsatt 40,6% av bygningens totale varmetap). Også i beregningene av disse tiltakene kan det være satt for høye verdier for infiltrasjon gjennom etasjeskillet.

Noen av tiltakene på yttervegger gir store besparelser. Dette gjelder spesielt tiltak 9c og 9f. Det som er interessant å merke seg her, er at tiltak 9c gir større besparelser enn tiltak 9f (9c gir 15,4% og 9f 14,5% besparelse i forhold til minimumstiltaket). Dette kan forklares ut i fra at trapperommene blir liggende utenfor den oppvarmede kjernen når bygningen isoleres utvendig. I tillegg vil det innvendige arealet og volumet som skal varmes opp i tiltak 9c bli mindre på grunn av tykkelsen på isolasjonen. Det er for disse tiltakene viktig å bemerke at vi har forutsatt at lekkasjetallet minkes, til 5,50h<sup>-1</sup> for tiltak 9c og 4,50h<sup>-1</sup> for tiltak 9f og at det knyttes en viss usikkerhet til dette. Det er også knyttet en viss grad av usikkerhet til normalisert kuldebroverdi, som for tiltak 9f er endret til 0,04W/m<sup>2</sup>K for sonene over kjelleren.

Tiltak 9e gir en besparelse på 12,4% sammenlignet med minimumstiltaket, mens 9a, 9b og 9d gir noe mindre besparelser (på henholdsvis 7,9%, 7,8% og 7,4%). Også her ser man at innvendig etterisolering har bedre effekt enn en utvendig isolering med samme isolasjonstykkelse. Det vil også for disse tiltakene være en viss usikkerhet forbundet med valg av lekkasjetall (satt til 5,50h<sup>-1</sup> for tiltak 9e og til 6,50h<sup>-1</sup> for tiltak 9a, 9b og 9d).

Tiltak for å redusere transmisjonsvarmetap gjennom vinduer viser seg å ha stor effekt. Tiltak 3b, hvor alle vinduer skiftes ut til lavenergivinduer med U-verdi 0,8 W/m<sup>2</sup> og verandadører byttes med dører med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup> gir naturlig nok de største besparelsene, på 14,4% sammenlignet med minimumstiltaket. Til sammenligning gir tiltak 3c (montering av varevindu på innsiden av åtte kjellervinduer, U-verdi 0,80 W/m<sup>2</sup> på resterende vinduer og 1,2 W/m<sup>2</sup> på verandadører) en besparelse på 14,2%. Totalt sett utgjør den forbedrede U-verdien for de åtte vinduene (fra 1,7W/m<sup>2</sup> til 0,80 W/m<sup>2</sup>) relativt liten reduksjon, men dette må ses i sammenheng med det høye antallet vinduer som finnes i denne bygningen (til sammen 100 vinduer og seks verandadører). Effekten av å bytte ut vinduene og verandadørene med vinduer og dører med U-verdi 1,2 W/m<sup>2</sup> (tiltak 3a) er også stor. Her blir besparelsen på 12,3% sammenlignet med minimumstiltaket. Det er viktig å bemerke at de fleste vinduene i utgangspunktet hadde dårlige U-verdier (se kapittel 6 *Energiberegninger*).

Utskiftning av dører vil ikke gi like store energibesparelser. Dette kan blant annet forklares med at det ikke er så mange dører i bygningen. Ser man på tiltak 4a og 4b, gir disse en besparelse på henholdsvis 0,06 og 0,04% sammenlignet med minimumstiltaket. Forskjellen mellom de to tiltakenes besparelser er på 558kWh per år.



Tiltak 1, tetting av luftlekkasjer, gir i våre beregninger en besparelse på 5,6% sammenlignet med minimumstiltaket, men her er vi svært usikre på det valgte lekkasjetallet. Vi har i beregningene forutsatt at lekkasjetallet reduseres fra  $7,00\text{h}^{-1}$  til  $5,00\text{h}^{-1}$ . Siden bygningen har veldig mange vinduer er det sannsynlig å anta at tetting vil gi store besparelser, men hvordan dette vil påvirke lekkasjetallet vet vi dessverre ikke nok om. Også når det gjelder tiltak 2 (nytt vindsperresjikt) er lekkasjetallet usikkert. Med et lekkasjetallet på  $6,00\text{h}^{-1}$  gir et slikt tiltak en besparelse på 2,1% sammenlignet med minimumstiltaket.

Tiltak for å bedre U-verdien til kjellerveggene over grunn viser seg også å ha en viss effekt. Her ser man en klar sammenheng mellom forventede besparelser og isolasjonstykkelse, hvor effekten reduseres gradvis mellom isolasjonstykkelser på 250mm (tiltak 7d) og 50 mm isolasjon (tiltak 7b).

Tiltak 7a gir minimale energibesparelser. Dette kan komme av at veggen ligger under grunn og at den derfor ikke taper like mye varme til omgivelsene som en vindutsatt vegg vil gjøre.


Tiltak for å etterisolere mellom kjeller og første etasje viser seg å ha liten effekt i våre beregninger. Dette kan skyldes at alle rom i kjelleren er forutsatt oppvarmet (tekniske rom og vaskerom til lavere temperatur enn boenhetene) i minimumstiltaket. Hvis kjelleren hadde stått uoppvarmet, hadde sannsynligvis disse tiltakene fått en helt annen effekt. Grunnen til at tiltak 6a og 6b og tiltak 6c og 6d ligger såpass likt er at disse er beregnet med den samme U-verdien for etasjeskillet. Kun verdier for infiltrasjon gjennom etasjeskillet er forskjellig (se kapittel 6 *Energiberegninger*). Her er det tilsvarende usikkerhet knyttet til infiltrasjonen som vi har beskrevet for tiltak 8e.

Heller ikke tiltak hvor gulv etterisoleres viser seg å gi noe særlig effekt. Dette kan komme av at gulvets varmetap er forholdsvis lavt allerede i minimumstiltaket.

## Tiltakspakkene

Ved å sette sammen de ulike tiltakene til tiltakspakker, kan naturligvis ikke effekten av enkelttiltakene summeres direkte, men man kan oppnå store besparelser ved å kombinere de tiltak som enkeltvis presterer bra.

For pakkelsegning 1 blir behovet for levert energi redusert betydelig, med 38,5% i forhold til minimumstiltaket. I pakkelsegningen er det inkludert en utvendig etterisolering av taket (med 50mm isolasjon) samt en utskiftning til vinduer med U-verdi på  $1,2\text{W}/\text{m}^2$ . Dette er enkelttiltak som i seg selv gir god effekt og som gir større besparelser når de kombineres.

Pakkelsegning 2 er satt sammen av de enkelttiltakene som baseres på kravnivå i TEK10, mens vi i pakkelsegning 3 har samlet tiltakene som forholder seg til krav til passivhus. Man kan se at disse to tiltakene innfrir krav til netto energibehov, men passivoppgraderingen (pakkelsegning 3), innfrir ikke kravene som stilles til netto energibehov til romoppvarming. Beregnet levert energi blir for disse pakkelsegningene redusert med henholdsvis 65,0% og 70,3% i forhold til minimumstiltaket. Sammenlignet med nybyggene i TEK10 - og passivhusstandard (NyT og NyP) presterer disse bedre energimessig enn gjenbruksalternativen 

Romoppvarmingens andel av bygningens årlige energibudsjett reduseres gradvis for de ulike pakkelsegningene, samtidig som poster som teknisk utstyr, belysning, vifter og tappevann får en økning. I pakkelsegning 2 og 3 er det installert balansert ventilasjonsanlegg og dette gjør at

det for disse pakkene har kommet til en ny energipost; Ventilasjonsvarme.

Beregnet levert energi blir for de tre pakkeløsningene redusert med 38,5% (pakkeløsning 1), 65,0% (pakkeløsning 2) og 70,3% (pakkeløsning 3) i forhold til minimumstiltaket.

Hvis man sammenligner pakkeløsning 4, 5, 6 og 7, er det pakkeløsning 7 som gir den største reduksjonen i energibehov, på 46,2% i forhold til minimumstiltaket. De øvrige pakkeløsningene gir til sammenligning en reduksjon på 44,5% (pakkeløsning 4), 40,7% (pakkeløsning 6) og 40,5% (pakkeløsning 5) i forhold til minimumstiltaket.

## Tolkning og presentasjon av resultater for livsløpsvurderinger

I de neste avsnittene vil resultatene fra trinn 1, 2 og 3 presenteres og vurderes hver for seg. For hvert trinn presenteres resultatene på to nivåer:

- *Miljøpåvirkninger forbundet med konstruksjonen* (bygningsskroppen med alle installasjoner og utskiftninger; se materialister)
- *Totalt miljøpåvirkninger* (konstruksjon, energiforbruk i driftsfasen og avhending). Det er i hovedsak disse resultatene man må se på for å få et helhetlig bilde av de ulike tiltakenes effekt.

For hvert nivå vises resultatene både etter karakterisering (ReCiPe Endpoint 2008 (World H/A) characterization) og som enkeltresultater (ReCiPe Endpoint 2008 (World H/A) single score). Enkeltresultatene gir et direkte inntrykk av de totale miljøpåvirkningene for hvert alternativ (alle effektkategorier er aggregert). Disse resultatene er vektet. I de karakteriserte resultatene presenteres miljøpåvirkningene for hver effektkategori. For de karakteriserte resultatene normaliseres høyeste score for hver effektkategori til 100%. Enkeltresultatene presenteres i Pt (*points*) som er en relativ vurderingsenhet. Vi har brukt det hierarkiske vektingsperspektivet (H) i ReCiPe-metoden, men har også gjort sensitivitetsanalyser for de andre perspektivene (I og E).

### Usikkerheter

Et viktig aspekt i tolkningene av resultatene er at datasettene i ecoinvent ikke egner seg for *direkte sammenligning* (Frischknecht et al. 2007). Dette gjør at gyldigheten til resultatene for alle alternativer i gruppe 10 (enkelttiltak) reduseres, da det eneste som skiller mellom disse er ulike installasjoner (som varmpumpe og solkollektor) og det dermed er en indirekte form for sammenligning.

Det er også knyttet en viss usikkerhet til valg av *antall* tekniske installasjoner. I noen datasett er det beskrevet hva slags størrelse enheten har, for eksempel oppgis det for solkollektoranlegget at det dekker behovet til en enebolig og ventilasjonsaggregatet dekker 6 leiligheter (6 x 130 m<sup>2</sup>). For sentralfyanlegget og varmpumpa er det oppgitt en effekt på henholdsvis 50 kW og 10 kW. Følgende antall for hver komponent er valgt:

- Ventilasjonsaggregat: 3 stk
- Sentralfyanlegg (fyrkjel): 1 stk

- Solkollektoranlegg: 5 stk
- Varmepumpe: 10 stk

Som tidligere nevnt er det også forbundet en usikkerhet med valg av dekningsprosent av årlig energibehov for de alternative oppvarmingskildene. Alt dette må tas i betraktning ved vurdering av alternativer som inneholder disse komponentene.

I tillegg vil vi gjenta at det mangler data for noen komponenter i materiallistene (vedlegg 2 og 3, materiallister for nybygg og gjenbruk).

## Trinn 1: Enkelttiltak

### Miljøpåvirkning fra materialer

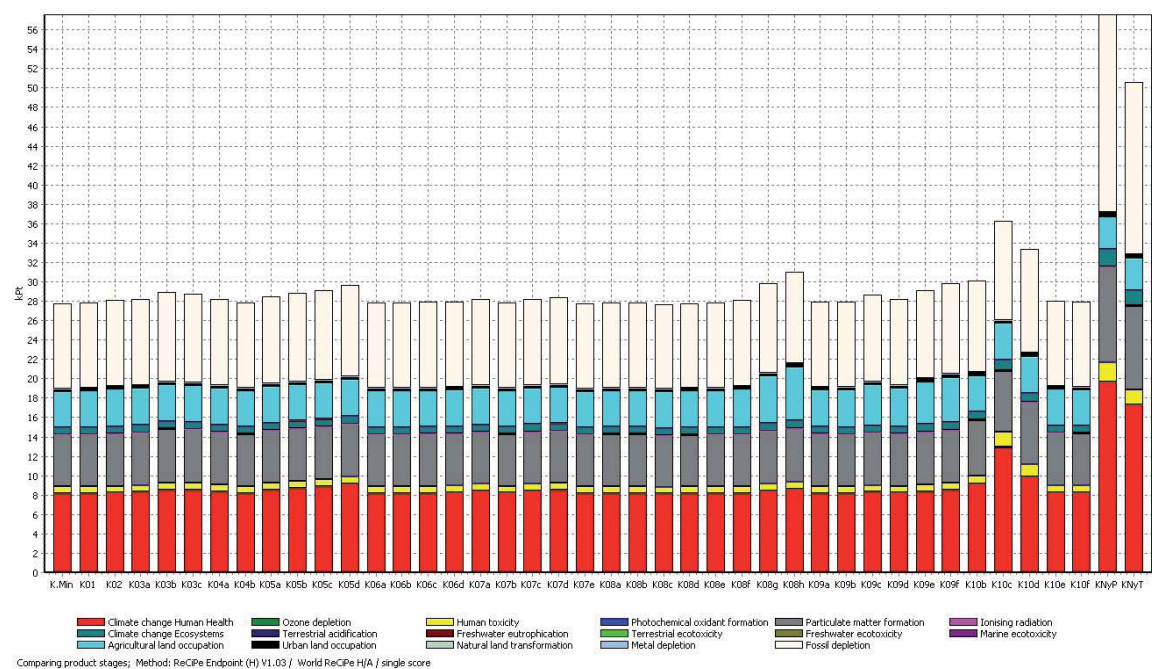


Diagram 1: KE ReCiPe Endpoint (HA world) ss pri

Materialmessig utgjøres enkelttiltakene av minimumstiltaket med et tillegg. Unntaket er antall panelovner som brukes til oppvarming. Antallet panelovner er beregnet etter totalt effektbehov for de ulike alternativene. Da det i minimumstiltaket vil være størst behov for energi til oppvarming, er det også dette alternativet som har flest panelovner.

Miljøpåvirkningene øker naturlig nok med mengden materialer og det er nybyggene som har de høyeste enkeltresultatene (NyP og NyT). Totalt sett er det konstruksjon 8c som medfører minst miljøpåvirkninger. Her er det kun lagt 50 mm mineralull utvendig på tak. Dette tiltaket gir en meget god effekt i reduksjon i av energibehov til oppvarming, og antallet panelovner kan altså reduseres i forhold til minimumstiltaket. Redusert energibehov fører til redusert behov for panelovner.

For enkelttiltakene er utsalgene størst for de alternativene hvor det skiftes til vinduer med bedre u-verdi (3b og c) og for alternativene med høy isolasjonstykkelse (5a, 5b, 5c, 5d, 8g, 8h, 9c, 9e og 9f).

Av de installasjonsmessige tiltakene gir alternativene med varmepumpe (10c) og solkollektor (10d) store utslag i forhold til de andre enkelttiltakene. Spesielt varmepumpa er angitt med relativt kort levetid (12 år) og skiftes dermed ut flere ganger i løpet av bygningens levetid (solkollektoranlegg har levetid 25 år).

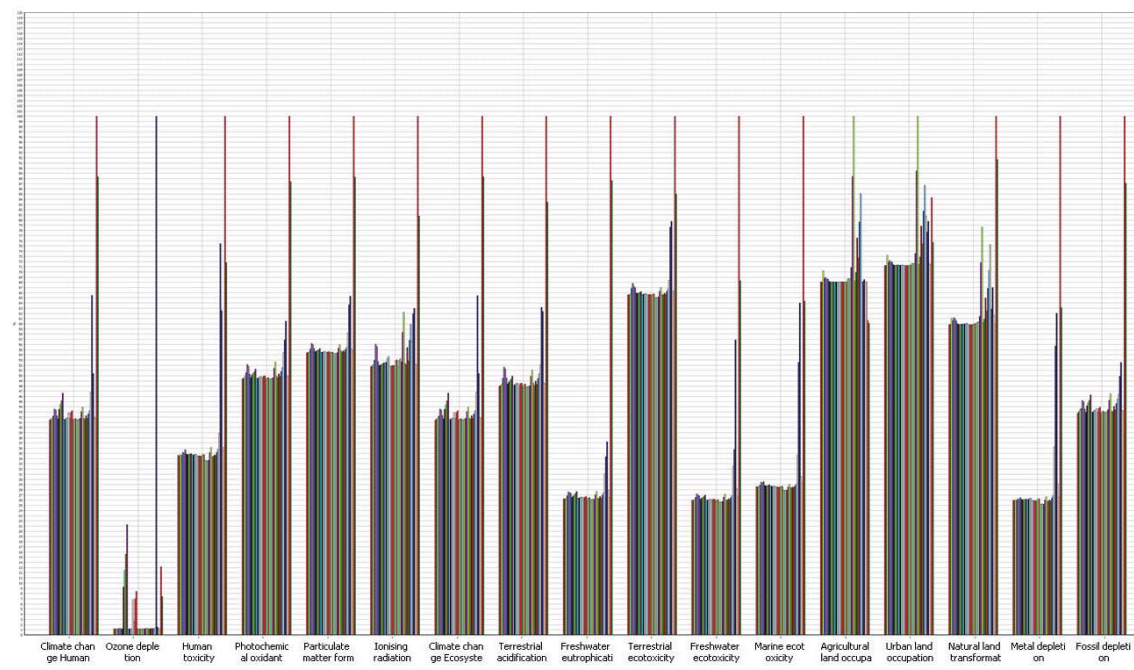


Diagram 2: KE ReCiPe Endpoint (HA world) ch

For de fleste kategorier ligger gjenbruksalternativene på et samlet nivå (bortsett fra 10c og d som ligger litt over), mens NyP (og NyT) har det høyeste resultatet (100%). Dette er tilfellet for alle kategorier hvor NyP har høyest resultat (14 av 17 kategorier). For 10 av disse kategoriene ligger gjenbruksalternativene på under 50%.

Unntaket er kategorien *Omdannelse av naturområder* hvor alternativene med etterisolering av vegg/tak med isolasjonstykkelse i henhold til TEK10 og passivhusstandarden (8g, 8h, 9c, 9e, 9f) og alternativer med sentralfyring (10b) og solkollektoranlegg (10d) har høyere resultater enn samlingsnivået. Dette kommer av økte mengder trevirke, enten i form av brensel (10b) eller som utlekting ved etterisolering. Både solkollektoranlegget og sentralfyring inneholder store mengder stål (til henholdsvis varmtvannstank og fyrkjel). Gruvedrift fører til inngrep i og omdannelse av naturområder.

Kategoriene *Bruk av jordbruksområder* og *Bruk av byområder* har samme fordeling som nevnt i avsnittet over, bortsett fra at 8h har høyeste resultat. Dette er også de kategoriene hvor samlingsnivået for (de andre) gjenbruksalternativene ligger høyest (rundt 70%). For førstnevnte kategori har NyT (etterfulgt av NyP) laveste resultat (!). Dette kommer av at det i gjenbruksalternativene er benyttet mye trevirke i forhold til i nybyggene. Produksjon av trevirke krever store landområder (skog).

*Nedbryting av ozonlaget* er den kategorien som i størst grad skiller seg fra de andre. De fleste gjenbruksalternativene ligger samlet på 1%. Alternativene i gruppe 5, 7 og nybyggene ligger mellom 7 og 20%. I alle disse alternativene er det brukt ekstrudert polystyren (XPS) som isolasjonsmateriale (på kjellermur og under grunn). Ved produksjon av ekstrudert polystyren



slippes det ut hydrofluorkarboner (HFK). I denne kategorien er det alternativet med varmpumpe (10c) som har høyeste resultat. Også her er det utslipp av hydrofluorkarboner i produksjonen.

For 13 av 17 kategorier har ett eller flere av alternativene i gruppe 8 laveste resultat. Dette kommer av antallet panelovner (som nevnt innledningsvis).

### Total miljøpåvirkning

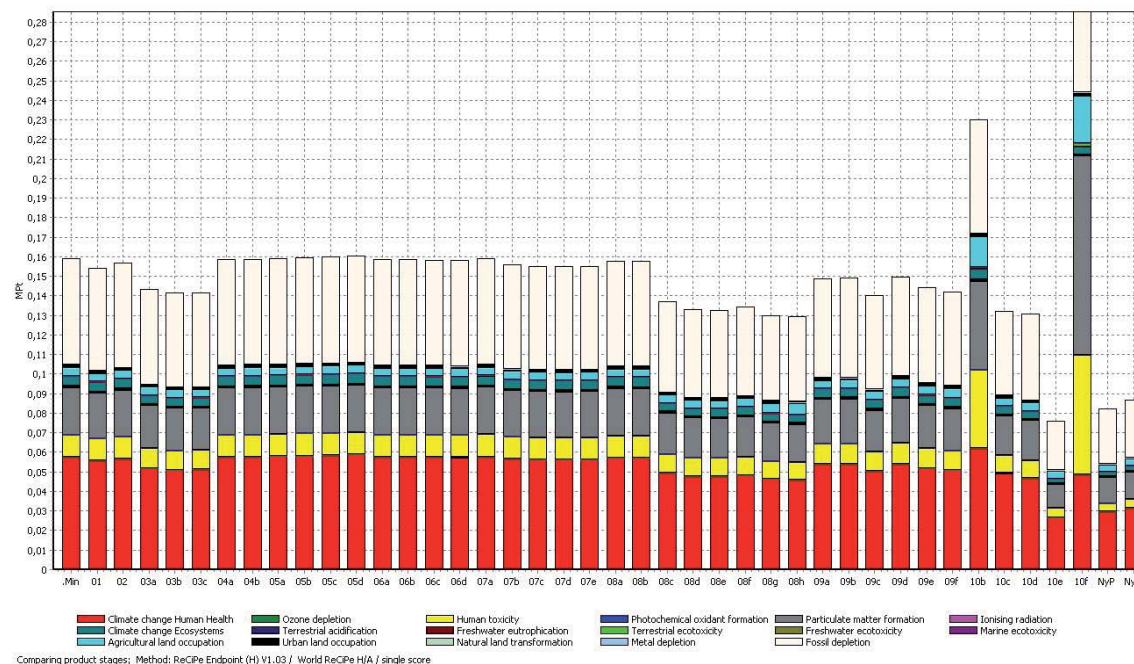


Diagram 3: LE ReCiPe Endpoint (HA world) ss pri

Når miljøpåvirkninger forbundet med energiforbruk og avhending legges til, endres bildet. Miljøpåvirkningene følger elektrisitetsforbruket. Unntaket er alternativene som benytter seg av andre energikilder enn elektrisitet til oppvarming (gruppe 10). Her betyr ikke reduksjon i elektrisitetsforbruk også en reduksjon i *energiforbruk*. Alternativene med forbrenning av biobrensel (10b og 10f) har de høyest resultatene. Dette utgjøres i stor grad av en økning under effektkategoriene Humantoksisitet og *Dannelse av svevstøv*. Dette skyldes utslipp fra forbrenningsprosessen. Det er også en økning i kategorien *Bruk av jordbruksområder*; og dette kan knyttes til bruk av trevirke som brensel.

Alternativet med fjernvarme (10e) er det tiltaket med lavest miljøpåvirkninger. Dette må sees i lys av allkoeringsprosedyrene i ecoinvent. Her er produksjonen av varme ved forbrenning av avfall fritatt for alle byrder, da alt allokeres til prosessen for avfallshåndtering. På grunn av dette får bruk av fjernvarme uforholdsmessig gode resultater; Spesielt sett i forhold til bruk av biobrensel (10b og 10f). Dessuten utgjør avfallsenergien kun 70-80 % av levert fjernvarme i Trondheim, mens resten produseres ved hjelp av bioenergi, varmpumper, deponigass, naturgass, propan/butangass, strøm og fyringsolje ([http://www.trondheimenergi.no/trondheimenergi\\_fjernvarme/index.asp](http://www.trondheimenergi.no/trondheimenergi_fjernvarme/index.asp)). **Dette fremkommer ikke i resultatene.**



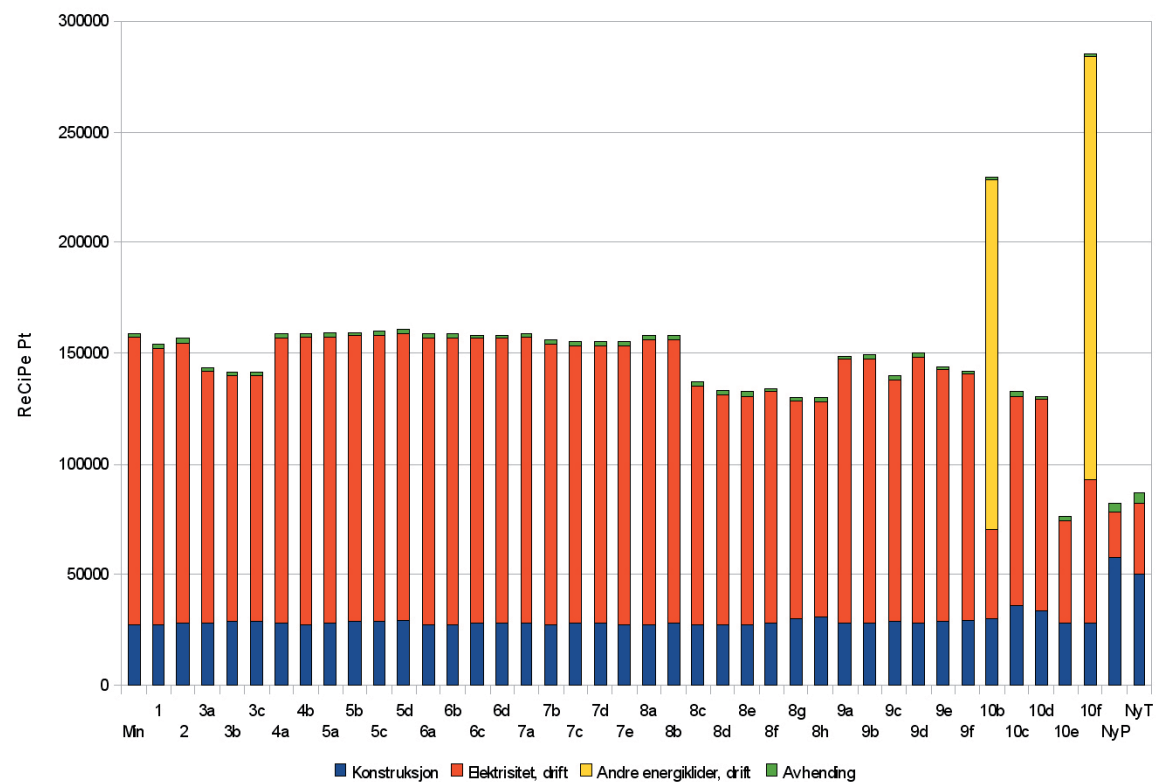


Diagram 4: Enkelttiltak bidrag per fase

For gjenbruksalternativene utgjør konstruksjonen mellom 17 og 24% av det totale bidraget. Jo lavere energiforbruket blir, jo mer utgjør konstruksjonen av det totale bidraget. For NyP utgjør konstruksjonens bidrag til miljøpåvirkninger 70%.

Avhending utgjør en svært liten del av de totale miljøpåvirkningene (under 2% for gjenbruksalterantivene og rundt 5% for nybyggene)<sup>5</sup>.

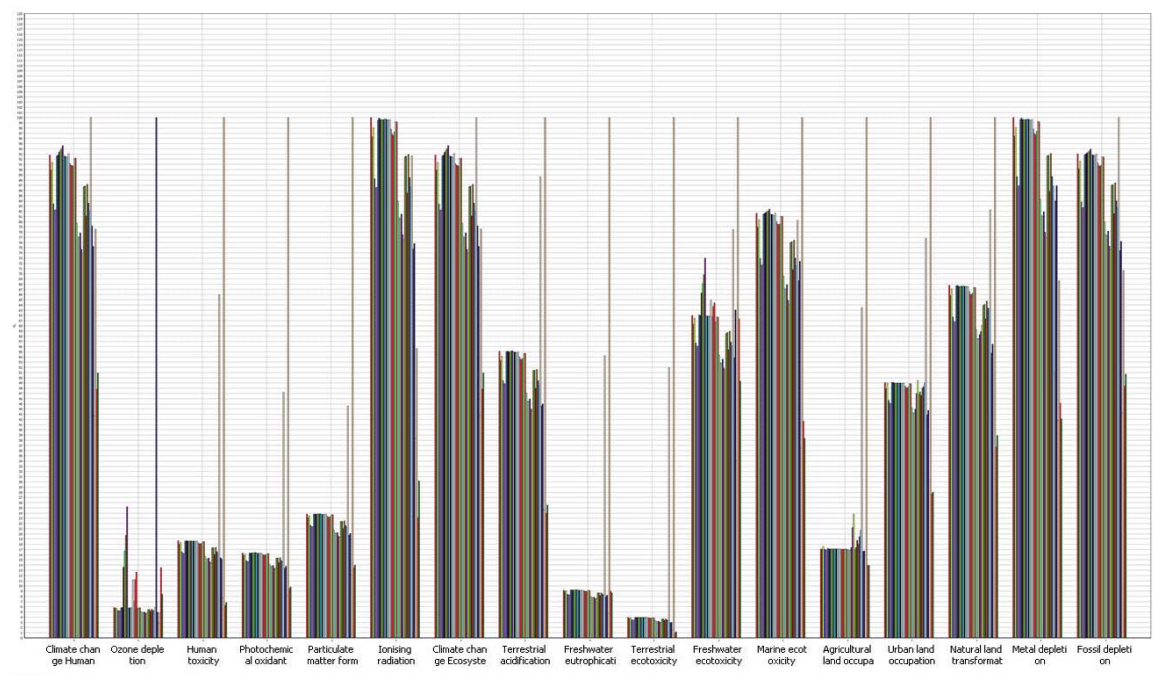


Diagram 5: LE ReCiPe Endpoint (HA world) ch

5 Her er det imidlertid viktig å merke seg at avhendingsprosesser for solkollektor (10d) og sentralfyr-anlegg (10b) er en del av konstruksjonsbidraget, da disse prosessene allerede lå inne i produktdatasettet.

10b eller 10f har høyeste resultat i 14 av 17 kategorier. Dette reflekteres i enkeltresultatene. 10e har de laveste resultatene i 10 av 17 kategorier, men ser man bort ifra dette er det NyP som flest ganger representerer de lavest resultatene, i 13 av 17 kategorier. Dette kommer av at begge disse alternativene har et meget lavt elektrisitetsforbruk.

Gjenbruksalterantivene ligger mer eller mindre samlet på varierende nivåer fra kategori til kategori. Forholdene mellom gjenbruksalterantivene gjenspeiler i stor grad alternativenes elektrisitetsforbruk, bortsett fra for 10b og 10f. For effektkategoriene *Eutrofiering av ferskvann* og *Terrestrisk økotoksitet* ligger alle alternativer bortsett fra 10b og 10f under 10%.

For kategorien *Nedbryting av ozonlaget* finner man den samme fordelingen mellom alternativene som for resultatene for konstruksjon.

## Trinn 2: Tiltakspakker

### Livsløpstkning

Miljøpåvirkning fra materialer

Resultatene for pakkelsesningenes konstruksjon gjenspeiler resultatene for enkelttiltakene.

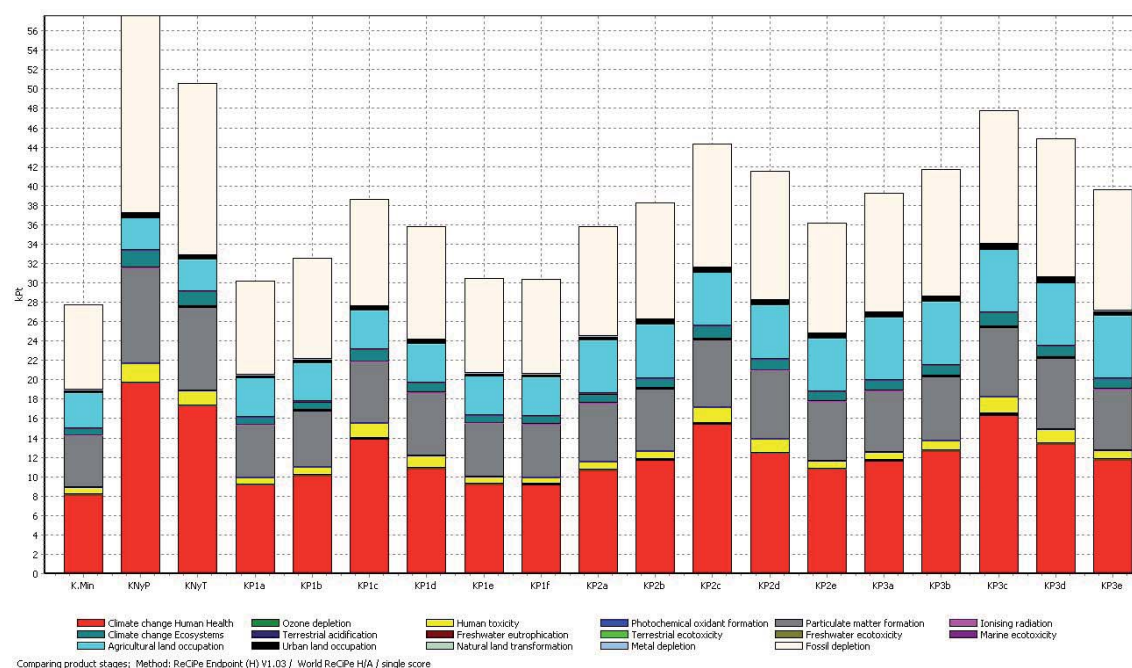


Diagram 6: KP1 ReCiPe Endpoint (HA world) ss pri

Den økende materialmengden for P1a, P2a og P3a fører naturlig nok også til en økning i miljøpåvirkning. P1a ligger fortsatt svært nær Min i miljøpåvirkning (en økning på 9% i forhold til Min), mens P3a har økt med 42% i forhold til Min. NyP har fortsatt det høyeste resultatet.

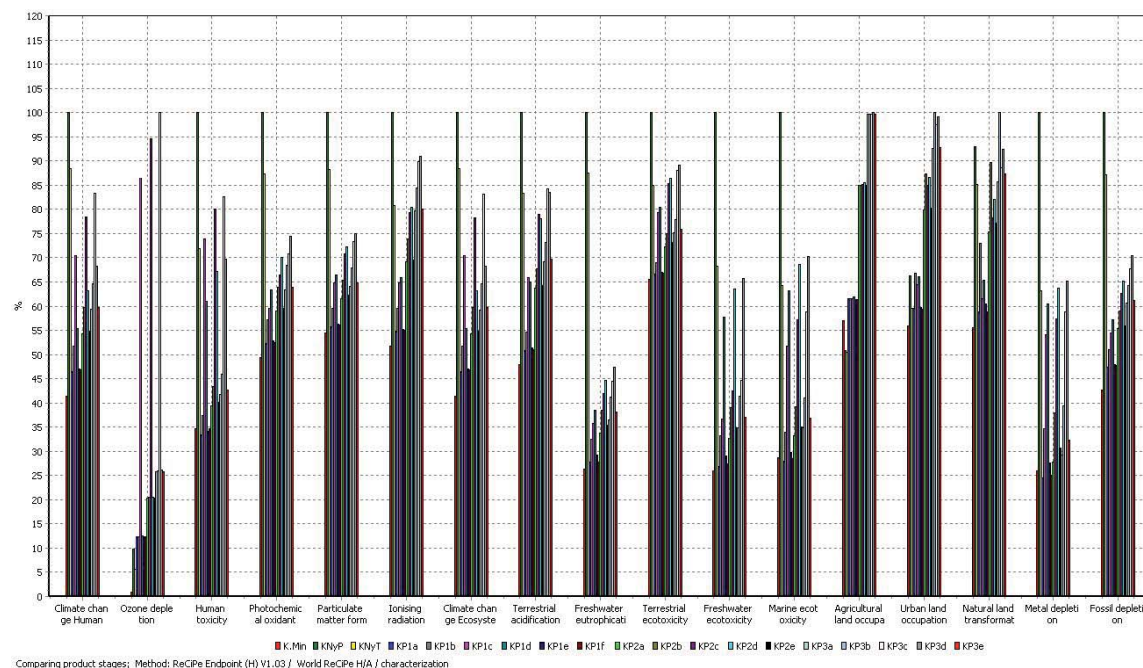


Diagram 7: KP1 ReCiPe Endpoint (HA world) ch

NyP har de høyeste resultatene i 13 av 17 kategorier.

For kategorien *Nedbryting av ozonlaget* representerer alternativene med varmepumpe (P1c, P2c og P3c) de høyeste resultatene.

På samme måte som for enkelttiltakene er de høyeste resultatene i kategoriene *Bruk av jordbruksområder*, *Bruk av byområder* og *Omdannelse av naturområder* representert av alternativer med et høyt forbruk av trevirke og/eller stål (P3b (sentralfyranlegg) og P3d (solkollektoranlegg)).

### Total miljøpåvirkning

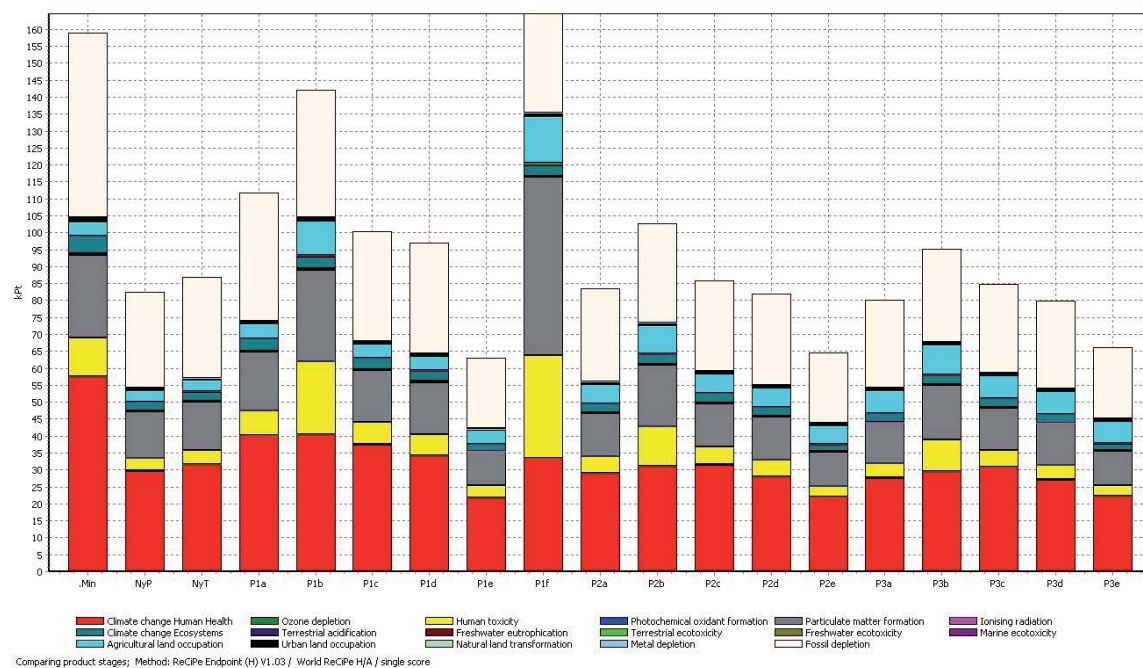


Diagram 8: LP1 ReCiPe Endpoint (HA world) ss pri

I forhold til forbrenning av biomasse (biokjel og vedovn) finnes det en standard som stiller krav til partikulære utslipp fra lukkede vedfyrte ildsteder, NS 3059: 1994. Et «renbrennende ildsted» er et ildsted som tilfredsstillende utslippskravene i denne standarden (<http://www.jotul.com/no/wwwjotulno/Main-Menu/Miljo/Forbrenning/>). I Tabell 1 *Utslippskrav for lukkede vedfyrte ildsteder* angis største veide middelveier for henholdsvis ildsteder med katalysator og ildsteder uten katalysator til å være 5g/kg og 10g/kg. I livsløpsregnskapet er det partikulære utslippet (*Particulates*, < 2,5 µm) for forbrenning av pellets i biokjel satt til 0,034 g/kg. For vedfyring i ovn er utslippet satt til 0,18 g/kg. Etter standarden må disse altså ansees som rentbrennende.

Miljøpåvirkningene for pakkelsesløsning 2 og 3 er lavere enn for nybyggalternativene med samme «energistandard». De totale miljøpåvirkningene for P3a er 3 % lavere enn for NyP, og miljøpåvirkningene for P2a er 4 % lavere enn for NyT. Ved bruk av alternative energikilder øker forskjellen ytterligere.

P3d representerer gjenbruksalternativenes svar på passivhusalternativet (meget stor isolasjonstykkelse, bruk av solkollektor og balansert, mekanisk ventilasjon), og de totale miljøpåvirkningene er 3% lavere enn for NyP.

Her er det igjen alternativet med vedfyring (P1f) som får det høyeste resultatet.

Tiltakene med bruk av fjernvarme (P1e, P2e og P3e) representerer de laveste resultatene og av disse er det P1e (!) som er best. Dette kommer av at fjernvarme er fritatt for alle byrder, samtidig som den økende isolasjonstykkelsen i P2e og P3e øker konstruksjonens påvirkning. Dessuten har både P2e og P3e mekanisk balansert ventilasjon som bruker elektrisitet og samtidig fører til en ytterligere økning i konstruksjonens påvirkning. **Som tidligere nevnt representerer ikke dette et riktig bilde av den reelle situasjonen ved bruk av fjernvarme.**

Om vi ser bort fra bruk av fjernvarme, ser det ut til at alternativene med bruk av elektrisitet til oppvarming (a) totalt sett kommer bedre ut enn alternativene med bruk av biobrensel (b og f). For alternativene i gruppe P1 har alternativene med varmepumpe (P1c) og solkollektorinstallasjon (P1d) lavere resultater enn alternativet med elektrisitet som eneste energikilde til oppvarming (P1a). For gruppe P2 er alternativ d fortsatt lavere enn a, mens alternativ c har en større miljøpåvirkning totalt sett. Når vi kommer til gruppe P3 er forskjellen mellom a og d svært liten (d er 0,5% mindre enn a) mens c fortsatt er større enn a. Dette kommer av at det totale behovet for energi til oppvarming etterhvert har blitt så lite at miljøpåvirkningene forbundet med konstruksjonen i større grad påvirker det totale resultatet.

Et aspekt som ikke er tatt i betraktning i disse resultatene, er at det ikke finnes ubegrensede mengder elektrisitet. Ved å redusere forbruket av elektrisitet til oppvarming av bygninger kan man benytte denne energien på andre områder som i dag benytter seg av mer ugunstige energikilder (sett i et miljøperspektiv), for eksempel i transportmidler som bruker fossile brensler. Dette fremholdes som et av de viktigste argumentene for å redusere elektrisitetsforbruket i bygninger (Miljøverndepartementet 2010).

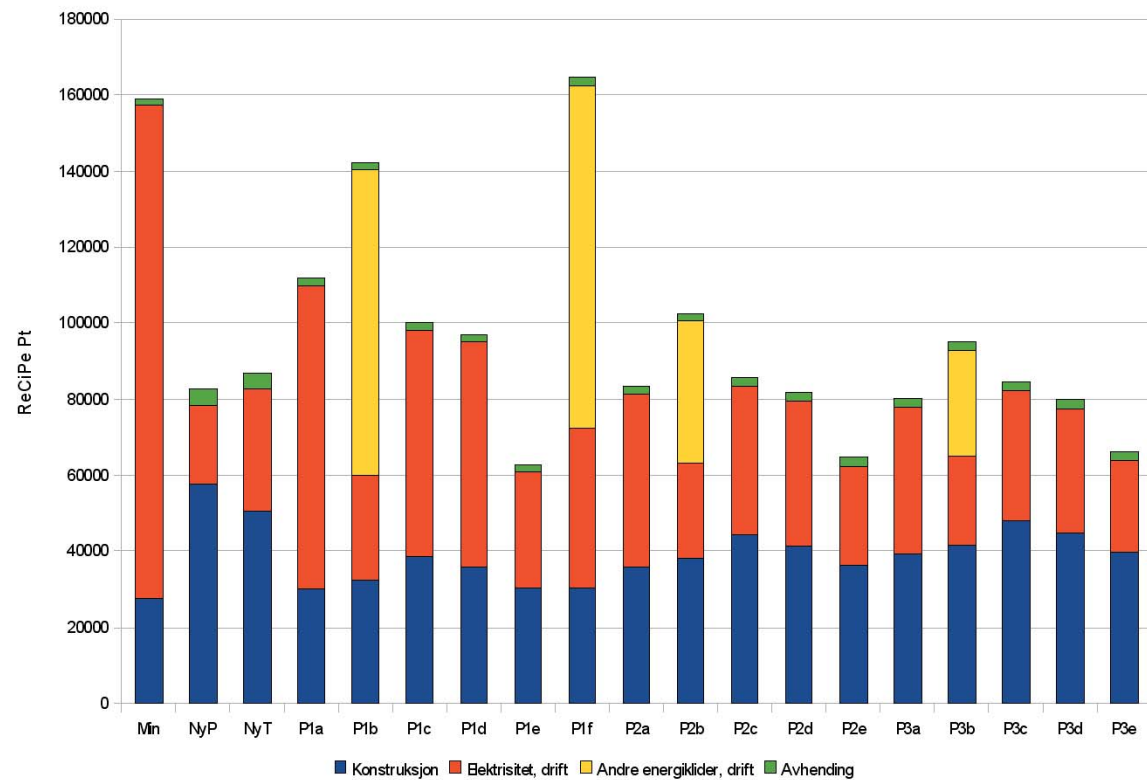


Diagram 9: Tiltakspakke, bidrag per fase

For P1a har en liten økning i konstruksjonens miljøpåvirkning ført til en stor reduksjon i miljøpåvirkningene forbundet med energiforbruk sett i forhold til Min. Effekten av en økning i konstruksjonens miljøpåvirkning i forhold til en reduksjon i energiforbrukets miljøpåvirkning blir gradvis mindre jo mer konstruksjonen utgjør.

Tiltak	Økning i konstruksjonens miljøpåvirkning (ifht. Min)	Reduksjon i elektrisitetsforbrukets miljøpåvirkning (ifht. Min)	Reduksjon / økning
P1a	9 %	39 %	4,31
P2a	30 %	65 %	2,22
P3a	42 %	70 %	1,68

Dette tydeliggjøres også av at miljøpåvirkningene knyttet til NyT bare er 5% høyere i forhold til miljøpåvirkningene knyttet til NyP. Effekten av å bygge i henhold til passivhusstandarden i forhold til å bygge i henhold til TEK10 er altså liten med tanke på reduksjon av de totale miljøpåvirkningene.



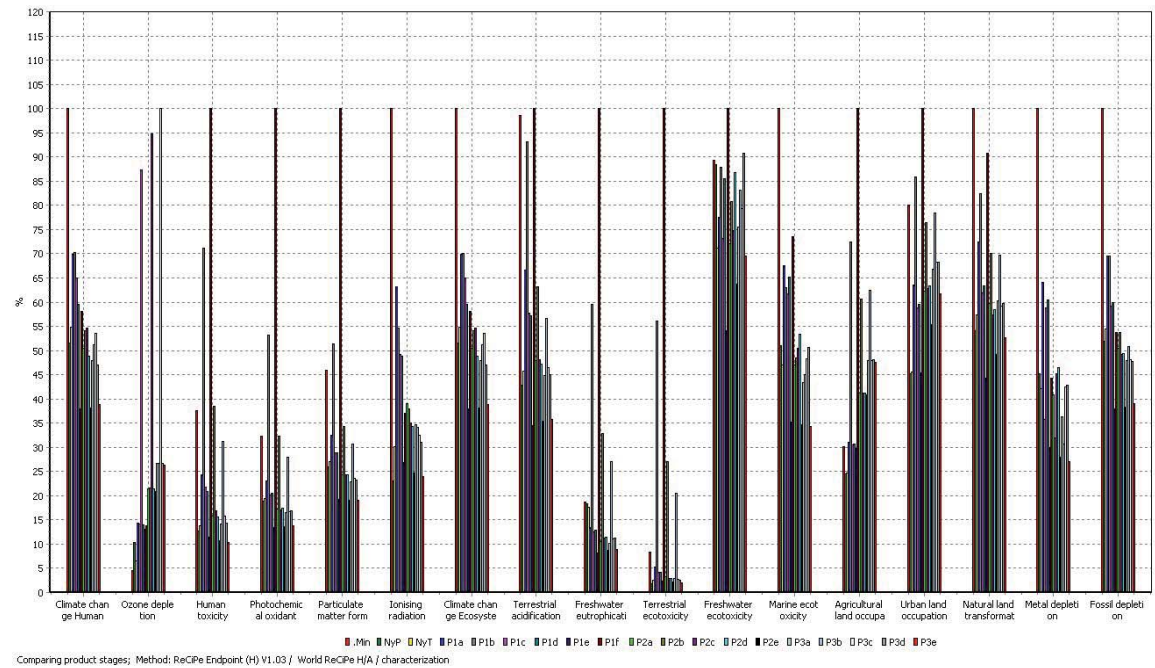


Diagram 10: LP1 ReCiPe Endpoint (HA world) ch

Alternativene med fjernvarme (P1e, P2e, P3e) representerer de laveste resultatene i 12 av 17 kategorier. Ser vi bort fra dette er det NyP som i flest kategorier representerer de laveste resultatene (7 av 17).

Min har høyeste resultat i 7 av 17 kategorier, mens P1f har høyeste resultat i 9 av 17. I 5 kategorier danner resultatene med biobrensel (b og f) toppunktene, mens resultatene for de andre alternativene ligger under 30%. Forbrenning av biobrensel er altså noe av det som fører til størst konsekvenser for *Humantoksisitet*, *Dannelse av fotooksidanter*, *Dannelse av svevstøv*, *Eutrofiering av ferskvann* og *Terrestrisk økotoksisitet*. Disse alternativene utgjør også toppunktene i kategoriene *Bruk av jordbruksområder* og *Bruk av byområder* på grunn av et høyt forbruk av trevirke (til brensel).

For kategorien *Nedbryting av ozonlaget* representerer fortsatt alternativene med varmepumpe (P1c, P2c og P3c) de høyeste resultatene. Her har Min det laveste resultatet.

### Trinn 3

#### Miljøpåvirkning fra materialer

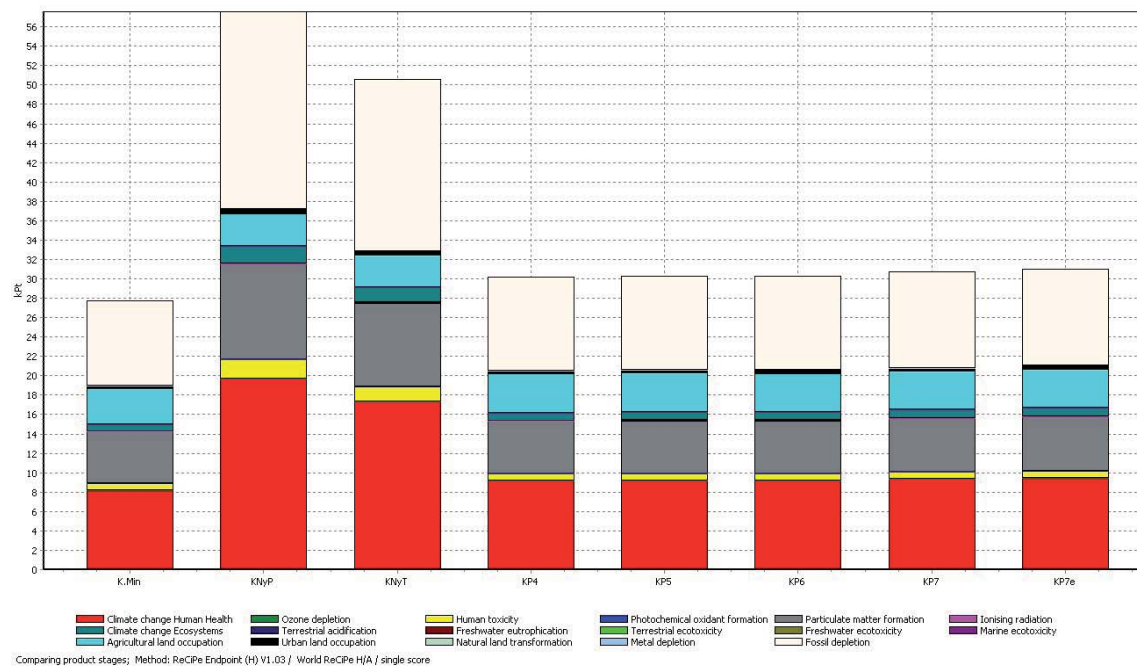


Diagram 11: KP2 ReCiPe Endpoint (HA world) ss pri

Fra P4 til P7 er det en liten, men gradvis økning i konstruksjonens miljøpåvirkning (en økning på 3 % for P7e i forhold til P4). Miljøpåvirkningen for P7e er 12 % større enn for Min.

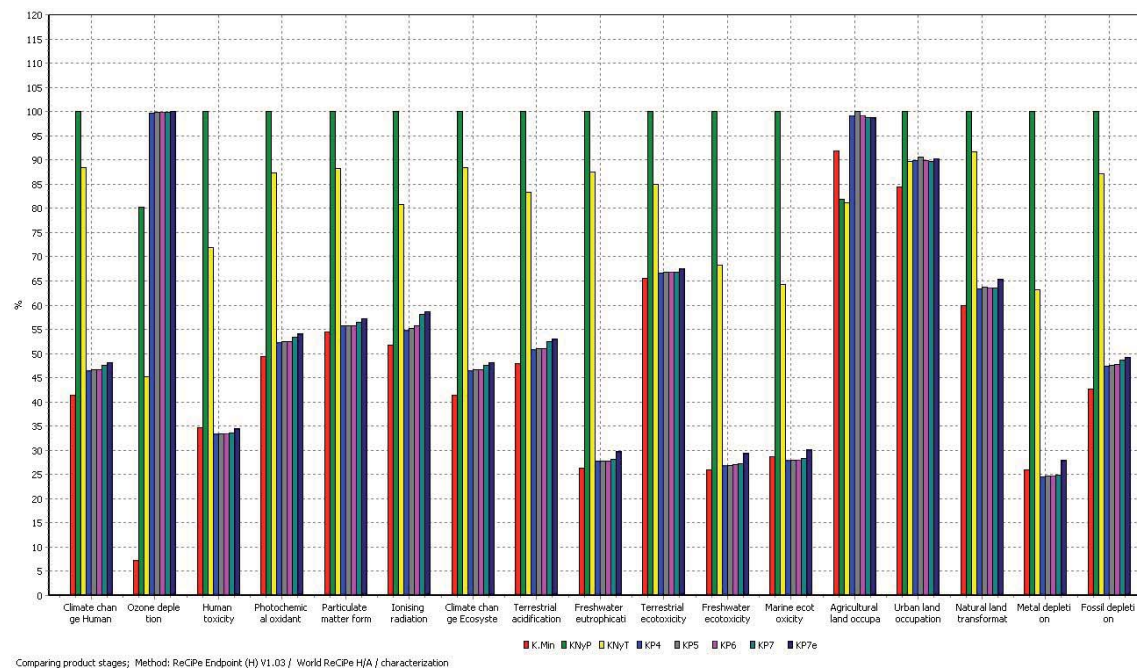


Diagram 12: KP2 ReCiPe Endpoint (HA world) ch

NyP har høyeste resultat i 15 av 17 kategorier. Med unntak av to kategorier har de

gjenværende alternativene resultater på under 60%.

For kategorien Nedbryting av ozonlaget er P4 til P7 representert med de høyeste resultatene. Dette skyldes forbruk av en større mengde ekstrudert polystyren (XPS) i P4 til P7 i forhold til NyP og NyT og Min (ingen XPS).

### Total miljøpåvirkning

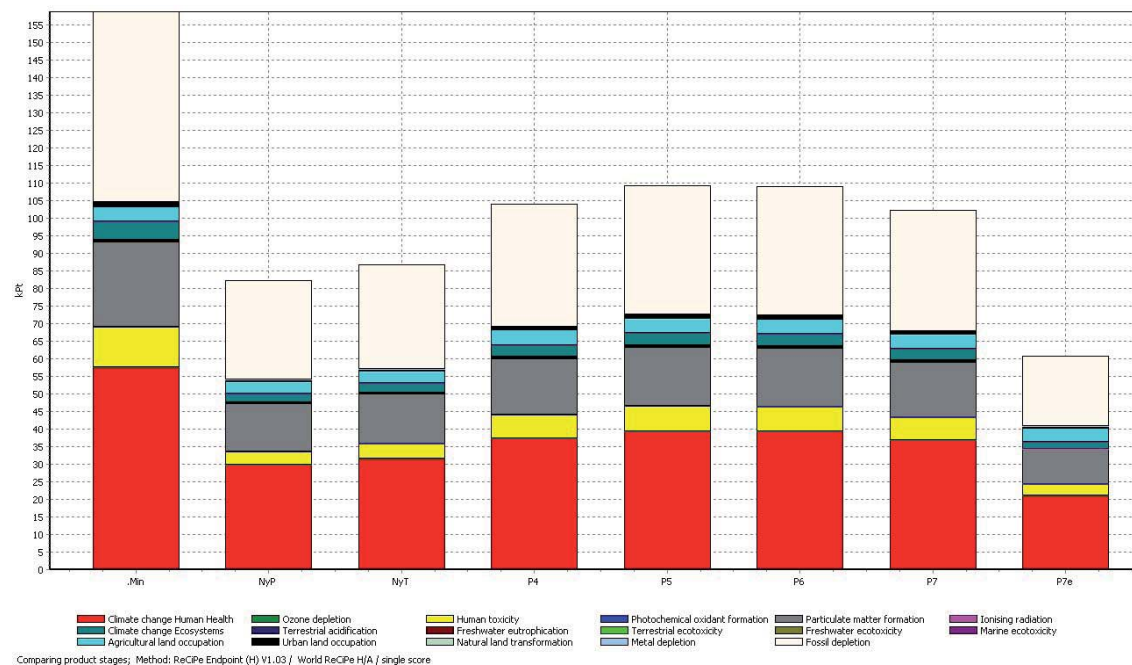


Diagram 13: LP2 ReCiPe Endpoint (HA world) ss pri

Av alle gjenbruksalternativene (sett bort fra P7e) er det P7 (vinduer med u-verdi 0,8) som har det laveste resultatet.

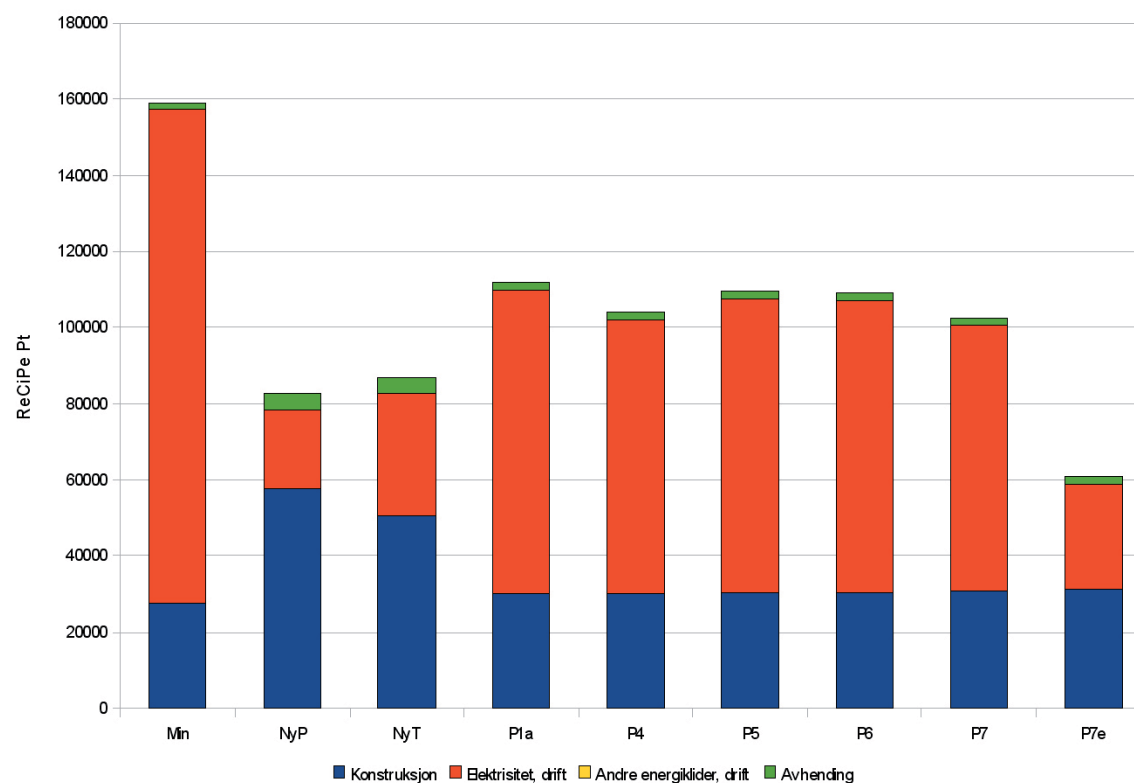


Diagram 14: Tiltakspakke 2, bidrag per fase

For alle gjenbruksalternativene ligger resultatene for konstruksjonens bidrag til miljøpåvirkninger på et jevnt nivå, mens bidraget forbundet med energiforbruk varierer i større grad. Ved å sammenligne Min med de andre gjenbruksalternativene ser man at en liten økning i konstruksjonens miljøpåvirkning fører til en reduksjon i energiforbrukets miljøpåvirkning. Samtidig fremkommer tydelig viktigheten av å velge riktig tiltak, da energisparepotensialet for de ulike tiltakene (P4 til P7) varierer.

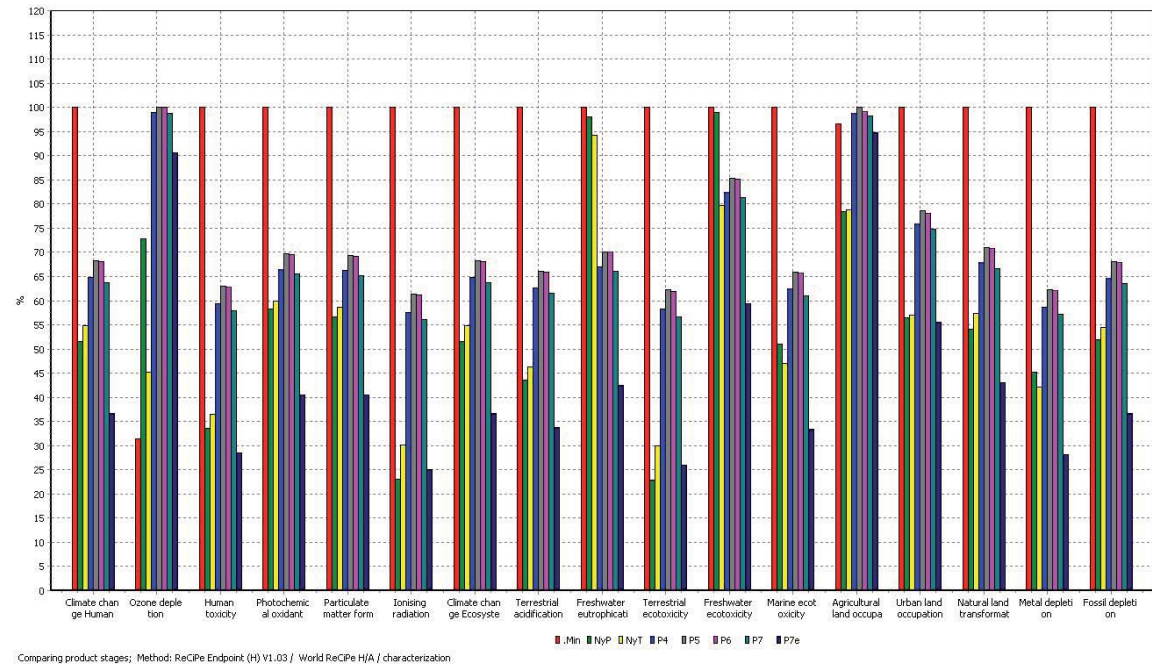


Diagram 15: LP2 ReCiPe Endpoint (HA world) ch

Min har høyeste resultat i 15 av 17 kategorier. Med unntak av to kategorier har de gjenværende alternativene resultater på under 60%. I 14 av disse kategoriene har NyP, NyT og/eller P7e de laveste resultatene.



# Sensitivitetsanalyser

## Levetid

For å undersøke valget av levetid har vi gjort en sensitivitetsanalyse hvor levetiden ble satt til 30 år.

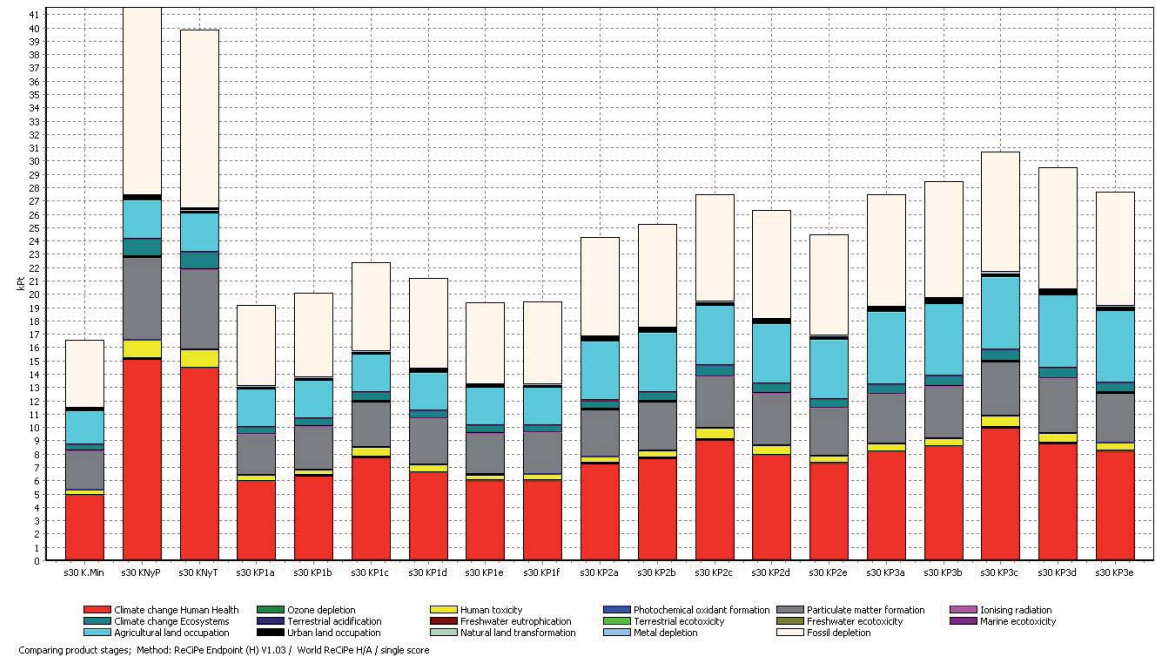


Diagram 16: K levetid 30 år

Den hierakiske fordelingen mellom alternativene er den samme som med levetid satt til 80 år, men avstanden mellom gjenbruksalternativene og nybyggene har blitt større. Det høyeste resultatet (NyP) ligger nå på litt over 41 Kpt, mens det ved en levetid på 80 år lå på 58 Kpt.

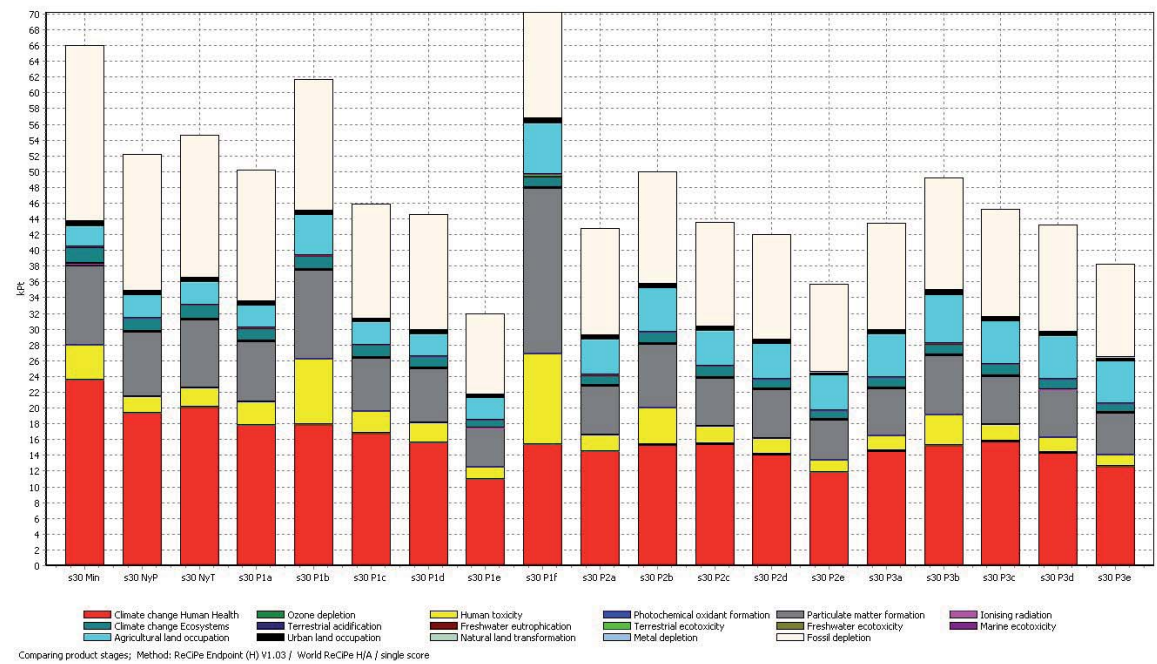


Diagram 17: L levetid 30 år



Når energiforbruket gjennom 30 år legges til er de totale miljøpåvirkningene for gjenbruksalternativene (med unntak av P1b og P1f) lavere enn for nybyggene (!). Dette kommer av at konstruksjonen nå utgjør en større del av det totale bidraget.

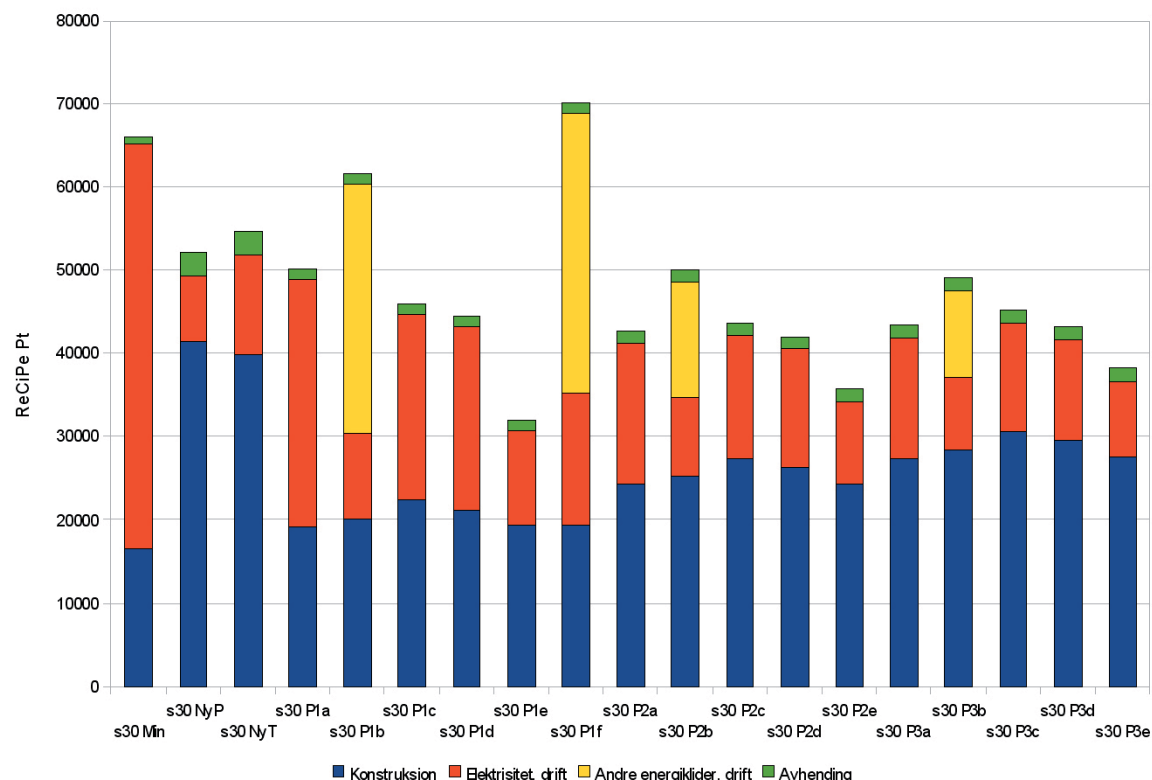


Diagram 18: s30, bidrag per fase

Valg av levetid påvirker i størst grad bidragsandelen fra energiforbruk (i driftsfasen) til de totale miljøpåvirkningene. Jo lenger levetid, jo større vil energiforbrukets bidragsandel bli (i forhold til konstruksjonens bidrag). Ved å velge en levetid på 80 år i forhold til for eksempel 60 år «gir vi» nybyggene en fordel. Jo lavere levetid – jo bedre vil gjenbruksalternativene komme ut i forhold til nybyggene.

#### Andre effektvurderingsmetoder

Vi har vurdert resultatene ved bruk av andre livsløpseffektvurderingsmetoder for den totale miljøpåvirkningen av alternativene i trinn 2. De ulike metodene fokuserer ofte på ulike miljøpåvirkninger og konsekvensene av disse. Beskrivelsen av de ulike vurderingene er skilt ut i vedlegg 7 (Sensitivitetsanalyser og andre effektvurderingsmetoder).

I forhold til valg av effektvurderingsmetode ser det ut til at de største forskjellene ligger i vektningen av miljøpåvirkningene forbundet med forbrenning av biomasse (alternativer med sentralfyranlegg og vedfyring). De fleste metodene vekter dette tyngre enn ReCiPe. Den hierarkiske fordelingen mellom de gjenstående resultatene er i stor grad lik for alle metodene.

## Oppsummering og anbefaling

### Gjenbruk i et miljøperspektiv

Valg av levetid er avgjørende for resultatene og spesielt ved sammenligning av bygninger med store ulikheter i energiforbruk. Elektrisitetsforbruket utgjør en større og større del av de totale miljøbelastningene jo lenger levetid bygningen har. Tiltak for å redusere bygningers miljøbelastning bør først og fremst rettes mot en reduksjon av energiforbruket i driftsfasen, enten gjennom tiltak på bygningskroppen eller gjennom konverteringstiltak.

Tiltak på bygningskroppen medfører en liten økning i konstruksjonens miljøbelastning, men totalt sett vil gjennomføring av slike tiltak føre til en reduksjon i de totale miljøpåvirkningene. Forholdet mellom økning i konstruksjonens miljøpåvirkning og reduksjonen i total miljøpåvirkning varierer mellom de ulike tiltakene. Resultatene for enkelttiltakene viser at det er av stor betydning hvor på bygningen tiltaket gjennomføres. Dessuten avtar reduksjonseffekten forbundet med en økning i konstruksjonens miljøpåvirkninger gradvis. Det er altså ikke noe proporsjonalt forhold mellom økning i konstruksjonens miljøpåvirkning og reduksjon i total miljøpåvirkning.

Konverteringstiltak fører til en større økning i miljøpåvirkning forbundet med konstruksjon, men kan potensielt gi meget store reduksjoner i de totale miljøpåvirkningene. Ikke alle konverteringstiltak fører til en reduksjon i de totale miljøpåvirkningene. Forbrenning av biomasse (alternativene med biokjel og vedfyring) gir store reduksjoner i elektrisitetsforbruk, men gir samtidig en økning i total miljøpåvirkning. Ut fra våre resultater er dette tiltak som absolutt ikke bør anbefales i et helhetlig miljøperspektiv, men som rene *elektrisitetseffektiviseringstiltak* gir de meget god effekt.

Om vi ser bort fra alternativene med fjernvarme (på grunn av store usikkerheter) viser resultatene at miljøpåvirkningene for pakkelsesløsning 2 og 3 er lavere enn for nybyggalternativene med samme «energistandard». Ved bruk av alternative energikilder øker denne forskjellen ytterligere.

### Anbefaling av tiltak

#### *Scoresetting av tiltakene*

Resultatene fra livsløpsvurderingen og energiberegningene ga en klar rangering av de ulike tiltakene i henhold til miljøpåvirkning og energiforbruk. Vurderingen av de ulike tiltakene i forhold til kulturhistoriske verdier vil ikke gi en tilsvarende tydelig rangering. Her beskrives i stor grad på *hvilken måte* tiltakene påvirker, men i mindre grad størrelsen på/omfanget av denne påvirkningen.

Å vurdere flere faktorer i en helhet slik vi gjør her vil innebære en vektning av de ulike faktorene. For å kunne vekte de ulike aspektene slik at de kan ses i forhold til hverandre har vi funnet det hensiktsmessig å gi en score eller visuell størrelse på tiltakenes konsekvenser for de kulturhistoriske verdiene, slik at vi kan rangere dem.

For å fastslå denne størrelsen ble tiltakene plassert langs en linje der minimumstiltaket utgjorde det ene ytterpunktet og passiv-nybygget det andre. Minimumstiltaket representerer her nullpunktet på en relativ skala. Dette innebærer ikke at minimumstiltaket anses som optimalt i forhold til påvirkning på bygningens kulturhistoriske verdier, men det danner

basisen for de energieffektiviserende tiltakene og vil sånn sett representere beste mulige alternativ i denne rangeringen. Nybygget er plassert i den andre enden av skalaen fordi det representerer en total destruksjon av Thingvallagården og dermed en utsletting av de kulturhistoriske verdiene som knyttes til bygningen.

En score vil gi et meget forenklet bilde av situasjonen. Fordelene med en slik karaktersetning er likevel at «resultatet» blir lettere å formidle og at vi presses til å ta et standpunkt til hvilke kriterier vi setter høyest.

Innvirkningene de enkelte tiltakene har på Thingvallagårdens kulturhistoriske verdier diskuteres i forhold til målsettingene vi satte for bevaring av bygningen i kapittel 4 *Kulturhistorisk verdivurdering*. Dette gir følgende kriterier:

- er tiltaket reversibelt eller ikke-reversibelt?
- vil det være synlig eller ikke?
- er det eksteriøret eller interiøret som berøres?
  - dersom det er interiøret: hvilken funksjon har rommet/rommene som påvirkes, og
  - dersom det er eksteriøret: er det i vest- og nordfasaden eller er det mot bakgården?

Dette ses også i sammenheng med hvordan tiltaket (inngrepet) forholder seg til en ideell situasjon der bygningsdeler eller -elementer potensielt vil kunne vare evig (f.eks ytterkledningen), om tilstanden til den berørte bygningsdelen uansett vil føre til en utskiftning om få år (tidsaspektet for utskiftningen tas også med i avveiningene) eller om det rett og slett kan innlemmes som en del av minimumstiltaket. Det økologiske kriteriet er utelatt, siden dette dekkes av livsløpsvurderingene.

Det er store variasjoner mellom tiltakene både i forhold til energieffektiviseringspotensiale, livsløpsvurderinger og innvirkning på kulturhistoriske verdier. For å kunne si noe om hvilke tiltak som er «bedre» enn andre defineres en «tålegrense» for tiltakenes påvirkning. Her blir en viktig del av drøftningene hvor denne tålegrensene skal settes: Hvilken del skal veie tyngst? Tolererer man større grad av inngrep hvis miljøbelastningene er lave?

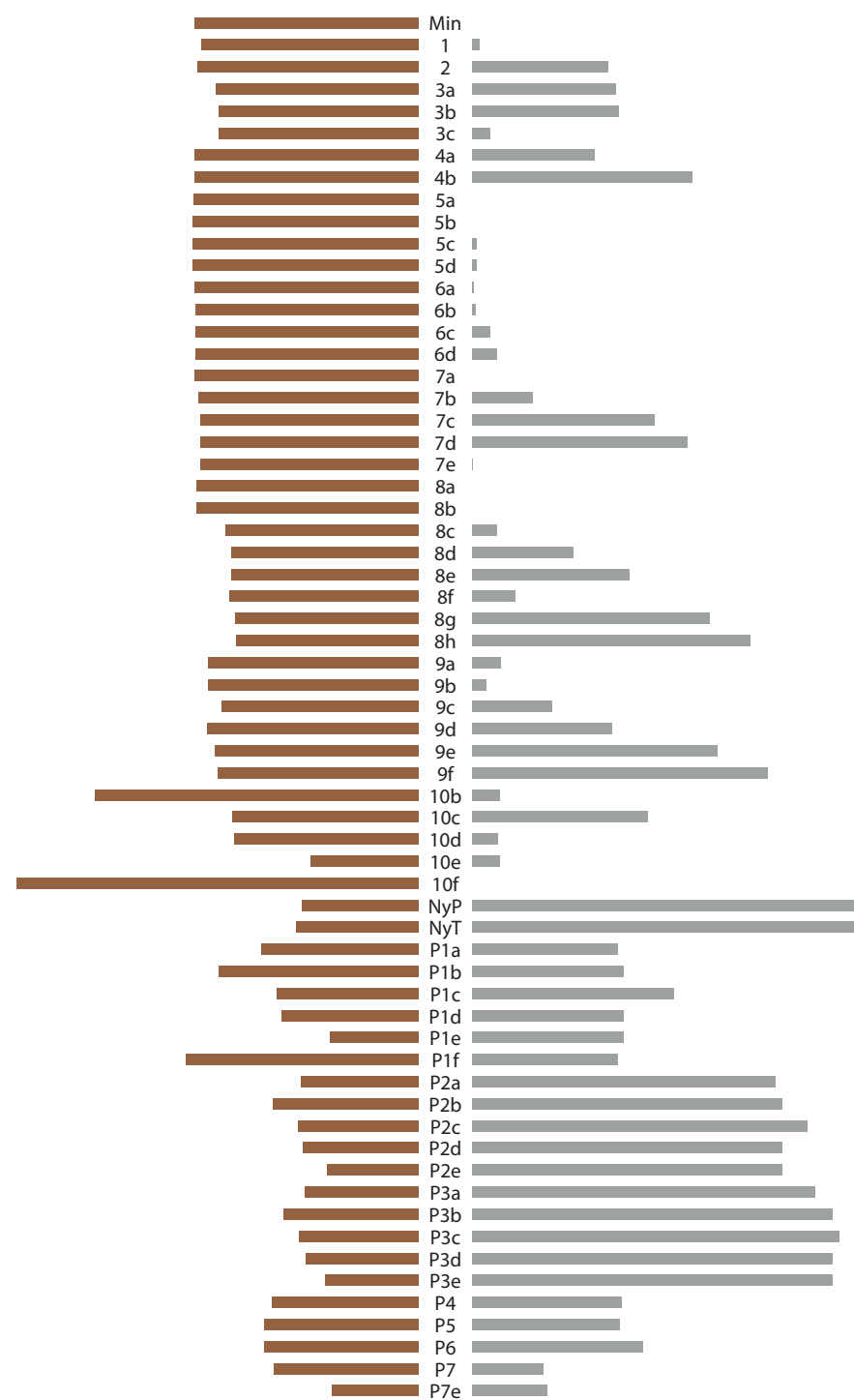
#### *Anbefaling(er)*

De undersøkte energieffektiviserende tiltakene varierer både i forhold til grad av inngrep og energieffektiviserende effekt. Samtidig kan vi påvise en tendens i forholdet mellom miljøpåvirkning og negativ påvirkning av kulturhistoriske verdier: Jo mindre miljøpåvirkning, jo større negativ innvirkning på de kulturhistoriske verdiene.

Her er det selvfølgelig flere unntak, hvor det største er konverteringstiltakene. I motsetning til de bygningsfysiske tiltakene oppnår ikke de installasjonsmessige tiltakene sin effekt ved å forandre bygningens egenskaper, men ved å gi bygningen en alternativ energikilde.

Diagrammet på neste side viser forholdet mellom tiltakenes konsekvenser for de kulturhistoriske verdiene og deres energieffektiviserende effekt. Diagrammet gir en viss pekepinn i forhold til vår problemstillings andre del; *i hvor stor grad er ivaretagelse av kulturarvens verdier forenelig med ulike energieffektiviserende tiltak*. Karaktersetningen av påvirkningen de ulike tiltakene har på de kulturhistoriske verdiene baserer seg (som nevnt ovenfor) på våre personlige kriterier og kan derfor ikke brukes for å gi et fasitsvar.

Resultatene er normalisert i forhold til et toppresultat; det vil si at høyeste verdi alltid er høyest mulige verdi og at alle andre resultater er normalisert i forhold til dette.



- Levert energi (elektrisitet)
- Miljøpåvirkning
- Negative konsekvenser for kulturhistoriske verdier

Resultatene representerer normaliserte verdier for beregnet levert energi til Thingvallagården (kWh/år) og ReCiPe-score (Pt) for bygningens totale miljøbelastning gjennom 80 år. Negative konsekvenser for kulturhistoriske verdier er vektet ut i fra egne kriterier. Høyeste verdi i hvert interessefelt er normalisert til samme ytterpunkt i diagrammet. Resultatenes størrelse er rangert innbyrdes i hvert interessefelt, og vil ikke gi noe riktig bilde av de ulike interessefeltenes vektning i forhold til hverandre.

Problemstillingen for oppgaven vår legger opp til at vurderingen av de ulike tiltakene gjøres for å finne et tiltak/en tiltakspakke som reduserer miljøbelastningene for Thingvallagården i størst mulig grad, samtidig som det ikke går på bekostning av bygningens kulturhistoriske verdier. Scorene vi har beregnet, simulert eller drøftet oss frem til gjelder spesifikt for Thingvallagården, men argumentene vi bruker for å støtte opp om våre anbefalinger vil ha allmenn gyldighet.

Gjennom vurderingen av tiltakenes innvirkning på Thingvallagårdens kulturhistoriske verdier ble det tydelig at det (spesielt i eksteriøret) skulle lite endringer til før vi mente at bygningen ble forandret i så stor grad at vi ikke ville kunne anbefale tiltaket. Selv om den miljømessige effekten til et tiltak kunne være god, veide dette ikke opp for skaden tiltaket ville påføre bygningens kulturhistoriske verdier.

Vi mener at Pakkeløsning P7 er den tiltakspakken som kommer nærmest en optimal løsning der miljøpåvirkningen er liten sett i forhold til nybyggalternativene, samtidig som inngrepene holder seg innenfor det vi ser på som forsvarlig for at de kulturhistoriske verdiene til Thingvallagården skal ivaretas. Dette forslaget er et kompromiss: Vi kunne ha oppnådd større reduksjon av miljøpåvirkning og vi kunne vært mer skånsomme mot bygningen. Valg av løsning kan derfor kritiseres for ikke å ha tatt et tydelig standpunkt/valgt side, men for oss har denne oppgaven handlet om å finne (se om det finnes) løsninger som forholder seg til begge aspekter.

Ved å i tillegg ta i bruk et konverteringstiltak (her unntas forbrenning av biomasse) vil miljøpåvirkninger/levert energi reduseres ytterligere. Samtidig er det stor usikkerhet i resultatene for disse tiltakene og det vil derfor ikke være hensiktsmessige å gi noen konkret anbefaling av et konverteringstiltak. I våre undersøkelser var det installasjon av solkollektoranlegg og fjernvarme som i minst grad hadde negative konsekvenser for de kulturhistoriske verdiene. P7e representerer altså en optimal og muligens utopisk løsning som absolutt kunne anbefales.

Alle bygninger er ulike og kan tillegges ulike grader av kulturhistorisk verdi. Det er derfor vanskelig å gi spesifikke anbefalinger for valg av tiltak i eksisterende bygninger generelt. Selv om tiltakene som undersøkes i denne oppgaven tar utgangspunkt i Thingvallagården vil alle verdiene til en viss grad også ha en allmenngyldig verdi.



## Avslutning

Problemstillingen som dannet utgangspunktet for denne oppgaven er todelt: Den første delen omhandler ressurs- og miljøspørsmål; hvorvidt gjenbruk av Thingvallagården er god forvaltning av ressurser og/eller god miljøtenkning. I den andre delen trekkes også kulturhistoriske verdier inn og vi ser på sammenhengen mellom disse verdiene og ulike energieffektiviserende tiltak.

### Er det god ressursforvaltning/miljøtenkning å gjenbruke Thingvallagården?

Gjenbruk av Thingvallagården fører til en mindre miljøbelastning forbundet med bygningen *som konstruksjon* i forhold til det å bygge nytt. Forbruk av energi i driftsfasen fører også til miljøbelastninger og dette energiforbruket øker proporsjonalt med bygningens levetid. Jo lenger levetid, jo større betydning har energiforbruket for de totale miljøpåvirkningene.

Ut fra våre undersøkelser og med utgangspunkt i de rammene vi har satt for oppgaven kan vi dra slutningen at *gjenbruk vil lønne seg i et helhetlig miljøperspektiv om det legges tilstrekkelig innsats i tiltak som reduserer energiforbruket*. Denne innsatsen går både på tilførsel av materialmengder (for eksempel isolasjon) og å konvertere til alternative energikilder.

Konklusjonen viser at det er mulig å forsvare gjenbruk av en eksisterende bygning ut i fra et miljøperspektiv: *Det kan være god ressursforvaltning/miljøtenkning å gjenbruke Thingvallagården*.

Selv om Thingvallagården kan prestere bedre miljømessig enn nybyggene, er det ikke dermed sagt at de inngrepene dette vil påføre bygningen er ønskelig ut fra et kulturhistorisk perspektiv. Dette fører oss til andre del av problemstillingen.

### I hvor stor grad er ivaretagelse av kulturarvens verdier forenelig med ulike energieffektiviserende tiltak?

I kapittel 8 har vi drøftet hvilke innvirkninger ulike energieffektiviserende tiltak har på de kulturhistoriske verdiene til bygninger generelt og Thingvallagården spesielt. Som grunnlag for drøftingen bruker vi et diagram som viser forholdet mellom inngrepets konsekvenser for de kulturhistoriske verdiene og tiltakets energieffektiviserende effekt. Tabellen gir en pekepinn på *i hvor stor grad ivaretagelse av kulturarvens verdier er forenelig med ulike energieffektiviserende tiltak*.

De undersøkte energieffektiviseringstiltakene varierer både i forhold til grad av inngrep og energieffektiviserende effekt. Samtidig kan vi påvise en tendens i forholdet mellom miljøpåvirkning og negativ påvirkning av kulturhistoriske verdier: Jo større reduksjon i miljøpåvirkning, jo større negativ innvirkning på de kulturhistoriske verdiene.

Rangeringen av påvirkningen de ulike tiltakene har på de kulturhistoriske verdiene baserer seg på våre spesifikke kriterier og kan derfor ikke brukes for å gi et fasitsvar. Likevel blir diagrammet og drøftningene vi har hatt i forhold til dette det nærmeste vi kommer et svar på problemstillingens andre del.

## Evaluering/etterord

Når vi nå nærmer oss slutten av oppgaven ser vi at enkelte temaer/faser kunne ha blitt gjort mindre omfattende. Noen av analysene krevde en uforholdsmessig stor innsats i forhold til utbyttet vi fikk av dem. For eksempel kunne energiberegningene blitt gjennomført med større grad av forenklinger. Tilstandsanalysen hadde heller ikke trengt å være like omfattende.

Samtidig er det også enkelte aspekter som burde/kunne blitt inkludert. Å undersøke de økonomiske aspektene ved temaet hadde gitt et viktig tilsnitt til oppgaven, da det i realiteten ofte er dette som til syvende og sist er styrende for valg av løsninger.

## Referanser

### Bøker og artikler

Andresen, Inger (2008): *Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus. En introduksjon*. Prosjektrapport 22 2008, SINTEF Byggforsk.

Arnstad, Eli et al. (2010): *Energieffektivisering av bygg. En ambisiøs og realistisk plan mot 2040*. Sluttrapport fra Kommunal- og regionaldepartementets arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg. Datert 23.08.2010.

Bauer, Christian/Bolliger, Rita/Burger, Christian/Dones, Roberto/Emmenegger, Mirelle Faist/Frischknecht, Rolf/Heck, Thomas/Jungbluth, Niels/Röder, Alexander/Tuchschnid, Matthias (2007): *Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and othet UCTE Countries. Data v2.0*.ecoinvent report No. 5.

Bauman, Henrikke/Tillman, Anne-Marie (2004): *The Hitch Hiker's Guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Studentlitteratur 2004.

Bell, Asgeir (1972): *Historiske trekk fra et eldre boligområde i Trondheim. Volla - Nedre Singsaker - Grensen*. Besvarelsen til Det Store Eksamensarbeidet ved Institutt for Arkitekturhistorie og Byggekunst III, NTH, høsten 1972.

Bjørkø, Helge (1972): *Historien om saneringsprosessen i området Korsgata - Vollabakken - Singsakerbakken - Grensen*. Publisert i Byggekunst nr. 1/1972. Oslo.

Doka, Gabor (2009): *Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services. Part II «Waste incineration»*. Ecoinventrapport 13. Lastet ned fra ecoinvents internettsider.

Dokka, Tor Helge/ Hermstad, Käthe (2006): *Energieffektive boliger for fremtiden. En håndbok for planlegging av passivhus og lavenergiboliger*. SINTEF Byggforsk, avdeling Arkitektur og byggeteknikk. Trondheim: Skipnes Trykkeri

Drange, Tore/Aanensen, Hans Olaf/Brønne, Jon (1980): *Gamle trehus. Historikk, reparasjon og vedlikehold*. Universitetsforlaget AS, 5. opplag 2000

Enova (2008): *Forbildeprosjekter Rapport 2008*. Rapport om Løvåshagen borettslag.

Erlandsson, Martin/Borg, Mathias (2003): *Generic LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services—today practice and development needs*. Artikkel publisert i Building and Environment 38 (2003) 919 – 938.

Folvik, Kjersti/Grini, Catherine/Svanæs, Jarle/Wærp, Silje (2009): *Livsløpsanalyser (LCA) av norske treprodukter. Resultater fra MIKADO-prosjektet*. Prosjektrapport 50 2009. Sintef Byggforsk.

Frischknecht, Rolf/Jungbluth, Niels/Althaus, Hans-Jörg/Bauer, Christian/Doka, Gabor/Dones, Roberto/Hischier, Roland/Nemecek, Thomas/Primas, Alex/Wernet, Gregor (2007): *Code of Practice. Data v2.0 (2007)*. Ecoinvent report No. 2

Frøstrup, Anders (1993): *Rehabilitering. Konstruksjoner i tre*. Gyldendal Norsk Forlag AS, 8. opplag 2008

Goedkoop, Mark/Heijungs, Reinout/Huijbregts, Mark/De Schryer, An/Struijs, Jaap/van Zelm, Rosalie (2009): *ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method wich comprises harmonised cateory indicators at the midpoint and the endpoint level*. Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment [NL].

Grytli, Eir (2004): *Fiin gammel aargang. Energisparing i verneverdige hus*. Veileder utarbeidet av SINTEF Bygg og miljø, avdeling for Arkitektur og byggeteknikk, Trondheim.

- Gustavsen, Arild et. al. (2008): *Kuldebroer - Beregning, kuldebroverdier og innvirkning på energibruk*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Kittang, Dag (2006): *Trebyen Trondheim - forvitring og fornying. Ein studie av ein byplandiskurs*. PhD-avhandling, NTNU Institutt for byggekunst, historie og teknologi, Fakultet for arkitektur og billedkunst.
- Kommunal- og regionaldepartementet (KRD) (2009): *Bygg for framtida. Miljøhandlingsplan for bolig- og byggesektoren 2009-2012*.
- Kommunal- og regionaldepartementet (KRD) (2010): *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. FOR-2010-03-26-489
- Kotaji, Shpresa/Schuurmans, Agnes/Edwards, Suzy (2003): *Life-Cycle Assessment i Building and Constructio: A state-of the-art report, 2003*. The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).
- Miljøverndepartementet (1978): *Lov om kulturminner (Kulturminneloven)*. LOV-1978-06-09-50
- Miljøverndepartementet (2008): *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*. LOV-2008-06-27-71
- Moen, Ulf (1989): *Trondhjemske Streker. Trondheimsmotiver i utvalg*. Trondheim: Adresseavisens Forlag.
- Myklebust, Dag (1981): *Verditenkning – en arbeidsmåte i bygningsvern*. Artikkel i Foreningen til norske fortidsminnesmerkers bevarings *Årbok*, bind nummer 135, 1981.
- Novakovic, Vojislav et.al. (2007): *ENØK i bygninger. Effektiv energibruk*. Gyldendal Norsk Forlag AS. 3. utgave.
- Olje- og energidepartementet (OED)(1998): *Energi- og kraftbalansen mot 2020*. NOU 1998: 11. Utredning fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 16. april 1997. Avgitt til Olje- og energidepartementet 3. juli 1998
- Regjeringen (2009): *arkitektur.nå*. Regjeringens arkitekturpolitiske dokument.
- Riksantikvaren (udatert): *Alle tiders kulturminner*.
- SINTEF (1998): *Framtidens energisystemer i eksisterende og nye bygninger – forprosjekt*.
- SINTEF Byggforsk (2009): *Prosjektering av større bygninger*. Hefte 4 i et kurskompendium fra Lavenergiprogrammet utarbeidet av SINTEF Byggforsk.
- Statens Bygningstekniske Etat (2007): *Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven 1997*. 4. utgave mars 2007.
- Støren, Wilhelm K. (1983): *Sted og navn i Trondheim*. Trondheim: Brun.
- Trondheim kommune (Byantikvaren) (1991): *Antikvarisk klassifisering av bebyggelsen i sentrale byområder*. Temakart til kommuneplanens arealdel. Trondheim kommune, avdeling Byutvikling.
- Trondheim kommune (1999): *Kommunedelplan Elgeseter. Bestemmelser og retningslinjer*. Senest endret 30.09.99
- Trondheim kommune (1997): *Bydelsplan Elgeseter. Delrapport: Byform. Rapport nr. BU97/1D*.

Utbyggingskontoret Trondheim (1999): *Gløshaugen-Elgeseter. Grunnundersøkelser, datarapport. R.997-3*. Utført av Teknisk Seksjon, Utbyggingskontoret Trondheim. Datert 08.01.99.

Unnerbäck, Axel (2002): *Kulturhistorisk vurdering av bebyggelse*. Riksantikvarieämbetet.

Vrijders, Jeroen/Delem, Laetitia (udatert): *Economical and environmental impact of low energy housing renovation*. Division Sustainable Development and Renovation. BBRI. LEHR. Forskningsrapport publisert på <http://www.lehr.be/EN-Scientific%20Reports.htm>

#### Upubliserte rapporter

Haugan, Arve (2006): *Brannteknisk tilstandsanalyse. Høgskoleringen 4. Utkast til rapport*.

Kværness, Lene M. N./Rokseth, Lillian Sve/Ygre, Kristin Fines (2009): *Gjenbruk av eksisterende bygninger*. Rapport i selvprogrammert prosjektemne AAR4505 og kunnskapsemne AAR4800, NTNU.

Moslet, Torgeir (2010): *Thingvallgården, Høgskoleveien 4. Tilstandsrapport med forslag til prosess og metoder for antikvarisk rehabilitering*. Utarbeidet av Tradisjonsbygg Trondheim AS ved byggmester Torgeir Moslet 25.05.2010 på oppdrag fra HUS Arkitekter v/Jon Eirik Jerve.

Remøy, Ida Beate/ Gjessen, Georg (2006): *"Kråkeslottet" Høgskoleveien 4. Tilstandsrapport m/kostnadsvurdering*. Datert 28.08.06 Utarbeidet av Multiconsult AS på oppdrag fra NTNU, Teknisk avdeling.

Strøm, Svein (2010): Vurdering av lydmessige tiltak i Thingvallgården.

#### Byggforskblader fra SINTEF Byggforsk (BKS)

Byggforskblad 523.002 Yttervegger over terreng. Egenskaper og konstruksjonsprinsipper.

Krav og anbefalinger

Byggforskblad 723.312 Etterisolering av betong og murvegger

Byggforskblad 723.511 Etterisolering av yttervegger i tre

Byggforskblad 727.113 Innredning av oppholdsrom i eksisterende kjeller

Byggforskblad 733.162 Utbedring av eldre trevinduer.

Byggforskblad 471.008 Beregning av U-verdi etter NS-EN ISO 6946

Byggforskblad 471.009 Beregning av U-verdi og varmestrøm for konstruksjoner mot grunnen etter NS-EN ISO 13370

Byggforskblad 471.010 Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer

Byggforskblad 472.411 Solstrålingsdata for energi- og effektberegninger

Byggforskblad 552.301: Ventilasjon av boliger. Prinsipper og behov.

#### Norske standarder

NS 3700:2010 Kriterier for passivhus og lavenergihus -Boligbygninger

NS 3031: 2007 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data.

NS 3940 Areal- og volumberegning av bygninger

NS-EN ISO 6946: 2007 Bygningskomponenter og -elementer, Varmemotstand og varmegjennomgang, Beregningsmetode

NS-EN ISO 13370: 2007 Bygningers termiske egenskaper, Varmeoverføring via grunnen, Beregningsmetoder.

NS-EN ISO 14040:2006: Miljøstyring. Livsløpsvurdering. Prinsipper og rammeverk.

NS-EN ISO 14044:2006: Miljøstyring. Livsløpsvurdering. Krav og retningslinjer.

NS-EN 15242 Ventilasjon i bygninger –. Beregningsmetoder for bestemmelse av luftmengder i bygninger inkludert infiltrasjon.



## Dokumenter fra statsarkiv og byarkiv

### *Branntakster*

Branntakst 25.08.1890: Branntakstprotokoll 4, Strinda, 1888-1896; 85h-87h  
Branntakst 26.11.1890: Branntakstprotokoll 4, Strinda, 1888-1896; 136v-137h  
Branntakst 24.01.1894: Branntakster for Trondhjem, Protokoll U 1892-1895: 107-109  
Branntakst 07.11.1906: Branntakster for Trondhjem, Protokoll 8 1906-1909: 32a-33a  
Branntakst 19.11.1915: Branntakster for Trondhjem, Protokoll 14 1913-1916: 159b-160b

### *Dokumenter fra byggesaksmapper, Høgskoleveien 4*

29.08.1946: Byggemelding med vedlagte tegninger.  
16.04.1956: Brev med vedlagt skissetegning fra eier til bygningssjefen i Trondheim.  
10.07.1957: Brev fra Trondheim Bygningssjefkontor til eier.  
15.08.1957: Brev fra eier til bygningssjefen i Trondheim.  
18.06.1996: Brev fra Teknisk avdeling, NTNU til Studentsamskipnaden med kopi sendt til Byantikvaren og Byggesakskontoret.  
23.12.1997: Søknadsskjema til Trondheim kommunes Tekniske etat.  
30.01.1998: Ferdigmelding.  
10.10.1979: Søknad med vedlagte tegninger mottatt av Trondheim Bygningssjefkontroll.

### Saksdokumenter fra eiendomsavdelingen ved NTNU

Brev fra Byantikvar Gunnar Houen til Teknisk avdeling ved NTNU datert 19.03.2003.  
Tancke-Nilsen, Nina (2002): Rapport om Høgskoleveien 4. Foreløpig. Eiendomsavdelingen, NTNU.

### Internettsider

Avfallsforum Rogalands nettside, lokalisert på world wide web 26.08.2010: Veileder for byggavfall.  
<http://www.byggeavfall.no/>

EBLs faktasider om energi, lokalisert på world wide web 10.07.2010,  
<http://www.energifakta.no/documents/Energi/Energibruk/Oppvarming/Varmefordeling/Sentralvarme.htm>)

Enova anbefaler, lokalisert på World Wide Web 06.05.2010, <http://www.enovaanbefaler.no/sitepageview.aspx?sitepageid=1528>

Forskrift om energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg (energimerkeforskriften), lokalisert på World Wide Web 26.06.2010:  
[http://www.lovdata.no/cgi-wift/wiftldles?doc=/app/gratis/www/docroot/for/sf/oe/oe-20091218-1665.html&emne=bygninger\\*&&](http://www.lovdata.no/cgi-wift/wiftldles?doc=/app/gratis/www/docroot/for/sf/oe/oe-20091218-1665.html&emne=bygninger*&&)

Gamle trehus, lokalisert på world wide web 24.08.2010,  
[www.gamletrehus.no](http://www.gamletrehus.no)

Introduksjon til SIMIEN, lokalisert på world wide web 12.08.2010,  
<http://www.programbyggerne.no/SIMIEN/introduksjon>

Jøtuls hjemmeside, lokalisert på world wide web 24.08.2010,  
[http://www.jotul.com/no/wwwjotulno/Main-Menu/Miljo/Forbrenning/Kunnskapsforlagets blå språk- og ordboktjeneste på nett](http://www.jotul.com/no/wwwjotulno/Main-Menu/Miljo/Forbrenning/Kunnskapsforlagets_bla_sprak_og_ordboktjeneste_paa_net), lokalisert på world wide web 29.05.2010  
[www.ordnett.no](http://www.ordnett.no)

Løvåshagen borettslag, lokalisert på world wide web 04.08.2010,  
<http://naring.enova.no/file.axd?fileDataID=3b440a5f-e2a1-4753-9c41-2f3d657cc0b2>

energimerking.no, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), lokalisert på World Wide Web 06.05.2010, [http://energimerking.com/Global/energimerking/Dokumenter/energiattest\\_demo.pdf](http://energimerking.com/Global/energimerking/Dokumenter/energiattest_demo.pdf)

Om Gløshaugens historie, lokalisert på world wide web 03.03.2010:  
<http://www.ntnu.no/2020/forpro-om-gloeshauegn.htm>

[Riksantikvarens hjemmeside](http://www.kulturminnesok.no/?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=2959/), lokalisert på world wide web 07.05.2010: Om SEFRAK  
<http://www.kulturminnesok.no/?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=2959/>

Riksantikvarens vernestrategi: Alle tiders kulturminner,  
Riksantikvarens nettside, lokalisert på world wide web 26.04.2010:  
[http://riksantikvaren.no/Norsk/Om\\_Riksantikvaren/Vernestrategi/](http://riksantikvaren.no/Norsk/Om_Riksantikvaren/Vernestrategi/)

Statistisk sentralbyrå (SSB), Energiforbruk per husholdning, 2006, lokalisert på World Wide Web 19.09.2010, <http://www.ssb.no/vis/emner/01/03/10/husenergi/main.html>

Trondheim Energi AS nettside, lokalisert på world wide web 19.09.2010,  
[http://www.trondheimenergi.no/trondheimenergi\\_fjernvarme/index.asp](http://www.trondheimenergi.no/trondheimenergi_fjernvarme/index.asp)

The engineering toolbox, lokalisert på world wide web 12.07.2010,  
[http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d\\_429.html](http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html)

Trondheim kommune, Redusert luftforurensning og økt varmeeffekt - etterbrennersystem for eldre vedovner, lokalisert på world wide web 10.05.2010,  
[http://www.ecoxy.no/arkiv/Faktaark/faktaark\\_1\\_1.pdf](http://www.ecoxy.no/arkiv/Faktaark/faktaark_1_1.pdf)