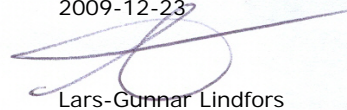


Energieffektivisering av
referenskvarteret
Trondheim inom
Järvalyftet

Ivana Kildsgaard och Anna Jarnehammar
B1887
December 2009

Rapporten godkänd
2009-12-23



Lars-Gunnar Lindfors
Forskningschef

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel Anslagsgivare för projektet Energimyndighetens Centrum för Energieffektivitet och Resurseffektivitet i Byggnade och Förvaltning, CERBOF
Telefonnr 08-598 563 00	Rapportförfattare Ivana Kildsgaard och Anna Jarnehammar
Rapporttitel och undertitel Energieffektivisering av referenskvarteret Trondheim inom Järvalyftet.	
Sammanfattning <p>Den ursprungliga lösningen som föreslogs av Svenska Bostäder för renoveringen av referensbyggnaden i området Trondheim halverar byggnadens uppvärmningsbehov. Denna studie visar att genom ytterligare förfining av detaljerna vid planeringen av renoveringen, kan byggnadens uppvärmningsbehov ytterligare halveras jämfört med föreslagen renovering. Studien visar att enbart genom små förändringar i utformningen av byggnaden kan denna förbättring uppnås. Störst förbättringspotential får man om lufttäthet och en effektiv värmeväxling i ventilationen åstadkoms, därefter kommer förbättringar av klimatskalet såsom förbättrad isolering, fönster och dörrar. Om renoveringen tar steget fullt ut mot en passivhusnivå blir det slutliga uppvärmningsbehovet bara en tiondel jämfört med idag. Delar som också förbättras med framförallt ett bättre klimatskal är den termiska komforten. Tidigare undersökningar visar att många klagar på att det är för kallt i motsvarande hus som kv. Trondheim</p>	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Energieffektivisering, Renovering, Trondheim, Järva, Stockholm	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B1887	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se , e-post: publicationservice@ivl.se , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Förord

Rapporten redovisar det arbete som har gjorts i projektet “Energieffektivisering av Referenskvarteret Trondheim inom Järvalyftet” inom ramen för Energimyndighetens Centrum för Energieffektivitet och Resurseffektivitet i Byggnad och Förvaltning, CERBOF. I projektet har Leif Bergman, Svenska Bostäder, Lisa Enarsson och Egil Öfverholm, Stockholm Stad samt Ivana Kildsgaard och Anna Jarnehammar från IVL Svenska Miljöinstitutet arbetat. Erik Särnholm på IVL har genomfört beräkningarna av klimatpåverkan från föreslagna lösningar. Marie Hult, White Arkitekter samt Maria Wall från avdelningen för Energi och ByggnadsDesign, LTH, har kommit med värdefulla synpunkter och kommentarer i arbetet med rapporten. Vi vill också passa på att tacka alla inblandade som har bidragit på olika sätt.

Stockholm 30 november 2009

Innehållsförteckning

Förord	1
1 Sammanfattning.....	3
2 Bakgrund.....	3
2.1 Uppgift.....	4
3 Utvärdering av föreslagen lösning för byggnad 1 i kvarteret Trondheim	4
3.1 Genomförande	4
3.2 Nuvarande byggnad	5
3.3 Planerad byggnad	7
3.4 Energisimulering av en mellanvåning	7
3.5 Sammanfattning av energibesparingar för uppvärmning.....	14
3.6 Bedömning av kritiska detaljer.....	15
3.7 Sammanfattning av de kritiska detaljerna.....	22
4 Metod för framtida renovering	23
4.1 Energieffektivt klimatskal	23
4.1.1 Passivhusstandard.....	24
4.2 Konceptet med hatt och överrock	26
4.2.1 Välisolerat klimatskal	26
4.2.2 Fasadintegrerade luftbehandlingssystem.....	28
4.2.3 Energisimulering av kv. Trondheim om konceptet med hatt och överrock	29
tillämpas	
5 Strategi för fortsatt utveckling.....	30
6 Förbättring av miljöprestandan med föreslagna lösningar	31
Appendix 1.....	33

1 Sammanfattning

Den ursprungliga lösningen som föreslogs av Svenska Bostäder för renoveringen av referensbyggnaden i området Trondheim halverar byggnadens uppvärmningsbehov. Denna studie visar att genom ytterligare förfining av detaljerna vid planeringen av renoveringen, kan byggnadens uppvärmningsbehov ytterligare halveras jämfört med föreslagen renovering. Studien visar att enbart genom små förändringar i utformningen av byggnaden kan denna förbättring uppnås. Störst förbättringspotential får man om lufttäthet och en effektiv värmeväxling i ventilationen åstadkoms, därefter kommer förbättringar av klimatskalet såsom förbättrad isolering, fönster och dörrar. Om renoveringen tar steget fullt ut mot en passivhusnivå blir det slutliga uppvärmningsbehovet bara en tiondel jämfört med idag. Delar som också förbättras med framförallt ett bättre klimatskal är den termiska komforten. Tidigare undersökningar visar att många klagar på att det är för kallt i motsvarande hus som kv. Trondheim.

Genom konceptet med hatt och överrock, som utgörs av prefabricerade väggar som redan vid tillverkning har fönster, dörrar och värmeväxlare installerade, förutsätts att en renovering kan genomföras mer industriellt. I detta projekt har dock inte en verklig projektering genomförts utan bara själva konceptets energibesparings potential beräknats. Denna lösning ger också en byggnad med hög energiprestanda som enligt en teoretisk studie kan spara ca 80 % av uppvärmningsbehovet jämfört med den planerade renoveringen. Denna möjlighet är fortfarande på principstadiet och bör utforskas mer i detalj tillsammans med markandens aktörer. De i konceptet använda tillverkarna av komponenter har visat stort intresse för en vidareutveckling framöver.

En strategi har tagits fram för utveckling av det mer energieffektiva konceptet med ”hatt och överrock”. Strategin föreslår en konceptutveckling, upphandling, genomförande av renovering samt en parallell utvärdering av hela processen för att dokumentera erfarenheter som kan användas i renoveringsarbetet som ska pågå inom Järva under de närmaste 10 åren.

Miljöförbättringen för föreslagna åtgärder har beräknats och visar att det primära energibehovet för uppvärmning kan minskas ytterligare jämfört med planerad renovering med mellan 3 % och 80 % vilket motsvarar för en mellanväning 0,69 och 17,4 kWh/m² och år samt mellan 0,1 och 1,8 kg CO₂/m² och år.

En rad olika avgränsningarna för resultaten finns och ligger främst i att beräkningarna har gjorts för en mellanväning. Potentialen i förbättringarna kan vara ännu större för hela huset, särskilt om åtgärdsförslaget motsvarande passivhusstandarden genomförs eftersom många av köldbryggorna då kan undvikas. I projektet har inte heller energifrågor som rör varmvatten, fastighetsel och hushållsel ingått. Givetvis finns det en stor förbättringspotential i dessa delar, då dessa motsvarar ca 40 % av den totala energianvändningen.

2 Bakgrund

Renoveringen av Järva i Stockholm kommer att pågå i 10-15 år där totalt 20 000 befintliga lägenheter kommer att uppgraderas bland annat vad gäller energieffektivitet. Svenska Bostäder, som är fastighetsägare i området, har bestämt sig för att starta renoveringsarbetet med kvarteret Trondheim i Husby, som kommer att utgöra ett referensområde för den fortsatta renoveringen. Två byggnader kommer att renoveras i två etapper varav den ena, som är tom på grund av en brand, kommer att renoveras först. Renoveringsplanen gjordes i slutet på 2007 och i början på

2008. ÅWL Arkitekter ansvarade för design och Elfab Installationsplanering stod för energi och ventilationslösningar.

2.1 Uppgift

I denna förstudie ska ett koncept och en strategi utvecklas som dels kan användas i referensområdet Trondheim och dels i det fortsatta renoveringsarbetet i hela Järvaområdet.

Konceptet baseras på:

1. En totalt sett låg koldioxidemission i hela systemet där klimatskal, energisystem och energislag är sammanlänkade.
2. Kostnadseffektivitet där livscykelperspektivet är i fokus. Projektet är en förstudie för att definiera de frågor som kan komma att utvecklas i ett större projekt.

Potentialen för energieffektivitet är åtminstone en sänkning av energibehovet för värme och varmvatten med 45 procent från dagens nivå.

I förstudien har det ingått att:

- Utvärdera den planerade renoveringen i hus 1 (utav totalt 4 hus i kvarteret). Utvärderingen gjordes för projekterade värden för planerad förbättring av klimatskal, valt uppvärmnings- och ventilationssystem samt andra faktorer som påverkar det totala energibehovet i byggnaden.
- Utveckling av ett koncept för vidare utveckling i Järva där det finns en balans mellan innovativa lösningar och deras möjligheter till att tillämpas mer generellt.
- Utveckling av en strategi för vidare energieffektiviseringar i Järva.
- Att sprida resultaten från förstudien till aktörer som är involverade i renoveringen av Järva.

Projektet är utfört utav en projektgrupp med representanter från Svenska Bostäder, Stockholms Stad genom Energi Centrum och IVL Svenska Miljöinstitutet.

3 Utvärdering av föreslagna lösning för byggnad 1 i kvarteret Trondheim

3.1 Genomförande

Huvudfrågeställningen för studien har varit:

Vilka förändringar av det av Svenska Bostäder framtagna projekteringsunderlaget kan påverka energibehovet mest och i vilken storleksordning?

I detta projekt har IVL's uppgift varit att utvärdera den föreslagna lösningen ur energisynpunkt och att föreslå förbättringar där så är möjligt. Tidplanen fram till dess att renoveringen skulle börja var från början kort och därför har föreslagna lösningar valts utifrån att de måste vara realistiska inom de tids- och kostnadsramar som råder.

Utvärderingen av energibehovet med de föreslagna lösningarna är simulerade med programmet DEROB-LTH, som är utvecklat av Lunds Tekniska Högskola. Det finns en hel del begränsningar med de genomförda simuleringarna. På grund av den undersökta byggnadens komplexitet och den detaljerade information som krävs av beräkningsprogrammet har därför bara en av byggnadens mellanvåningar kunnat simuleras. Viss information som krävs av programmet saknas för delar av byggnaden vilket gör att allt för många antagande skulle ha fått göras om hela byggnaden skulle inkluderats. Ett av dessa antaganden är storleksordningen på befintliga köldbryggor, se exempelvis balkongerna där de bakomliggande konstruktionsdetaljerna för den befintliga byggnaden saknas i figur 1.



Figur 1. Här är en bild av utstickande skärmväggar på balkonger som utgör en tydlig köldbrygga.

Andra exempel på kritiska punkter där köldbryggor kan finnas är i anslutningen mellan balkonger/loftgångar och innerväggar, anslutning mot mark och anslutning till en för några år sedan genomförd påbyggnad av ett våningsplan. Förstudien har inte kunnat omfatta att undersöka alla dessa köldbryggor och för att undvika allt för många osäkra antaganden som skulle påverka resultatet beslutades det att utgå ifrån ett mellanplan för att analyseras möjliga förbättringspotentialer i den redan föreslagna renoveringsplanen. Det innebär att inga exakta värden för energibehovet har tagits fram utan bara relativa bedömningar av olika alternativ. Genom att enbart ta mellanvåningen i beaktande kan dock olika förbättringsalternativ testas och därmed kan generella slutsatser dras för hela byggnaden. Betänk dock att mellanvåningen är den våning som har lägst energibehov eftersom den ligger mellan två våningar och har en relativt liten yta mot det yttre klimatet.

Det är dock fortfarande viktigt att vara medveten om de kritiska detaljer som inte tas med i simuleringen eftersom de kan påverka det slutliga energibehovet i stor utsträckning. Därför har en kvalitativ granskning med tillhörande kommentarer till dessa kritiska detaljer genomförts utan att deras energibesparingspotential har beräknats.

3.2 Nuvarande byggnad

Byggnaden uppfördes ursprungligen 1973 och hade då fem våningar, 2006 lades en extra våning till. Ventilationssystemet i den del av byggnaden som uppfördes 1973 har ett mekaniskt till- och frånluftssystem utan värmeåtervinning. Tilluften tas in i souterrängvåningen till ett tilluftsaggregat och kanalerna går upp i schakt till lägenheterna. Frånluftsfläktarna sitter på tak och F-kanalerna går i schakt från varannan lägenhet på planen. Samlingskanal för frånluft finns inte. Den översta

våningen har ett separat mekaniskt frånluftssystem. Värme och varmvatten distribueras via fjärrvärme.

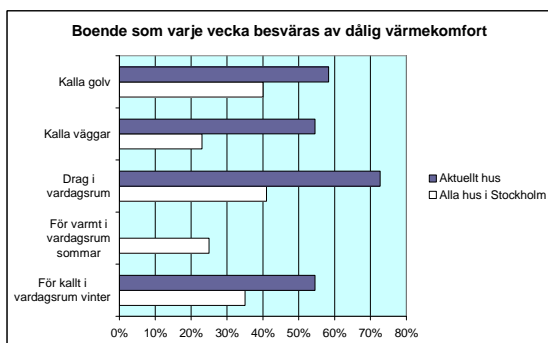
Det ursprungliga byggsystemet är prefabricerat, med bärande element av massiv betong och ytterväggar av sandwichelement uppbyggda av betong/isolering/betong med 90, 100 respektive 90 mm tjocklek. Fönstren är tvåglasade med ventilationsspalt i karmens ovkant. Dåvarande byggnorm angav följande U-värden¹: tak 0,47 - 0,58 W/m² K, vägg 0,58-1,16 W/m² K, golv 0,58 W/m² K och fönster 2,8-3,0 W/m² K (BABS 1967/SBN 67).

Eftersom byggnaden har stått tom under ett antal år efter en tidigare brand så finns det inga aktuella energidata för byggnaden. Enligt en undersökning av Catarina Warfvinge så har hus byggda 1960-1975 en genomsnittlig energianvändning för uppvärmning på 125 kWh/m², A_{temp}, år. Uppgifter från Svenska Bostäder anger en genomsnittlig energianvändning för liknande byggnader ligger på 140 kWh/m², A_{temp}, år och för en likvärdig byggnad, Oslogatan 17 ligger uppvärmningen på 115 kWh/m², A_{temp}, år. I tabell 1 nedan sammanställs dels uppgifterna från Warfvinge samt från huset på Oslogatan 17 som är likvärdigt med kv Trondheim. Enligt diskussioner med Svenska Bostäder bedöms den nuvarande energianvändningen för uppvärmning i byggnaden vara ca 140 kWh/m².

Tabell 1. I tabellen nedan har energianvändning från byggnader byggda 1960-1975 enligt Catarina Warfvinge sammanställts tillsammans med energianvändningen i ett liknande hus som kv Trondheim, Oslogatan 17.

Fördelning av energianvändningen	Energianvändning i (kWh/m ² A _{temp} , år)	
	Byggda 1960-1975	Oslogatan 17
Radiatorvärme	125	115
Varmvatten	40	55
Fastighetsel	20	10
Energianvändning enligt BBR	185	180
Hushållsel	35	40
Total energianvändning	220	220

Enligt uppgifter från Marie Hult på White har enkäter till boende i två likadana hus som på Trondheimgatan 28 genomförts. Dessa har visat att ovanligt många tycker det är kallt och fryser jämfört med andra hus i Stockholm. resultaten är från 3H-studien. Se figuren nedan som jämför med en referens för alla flerbostadshus i Stockholms stad. Man kan även misstänka att komforten i den nuvarande byggnaden är relativt dålig pga köldbryggor, dåliga fönster och otätheter.



Figur 2. Hur de boende upplever den termiska komforten i husen i kv. Trondheim. Källa 4H studien och Marie Hult White.

¹ U-värden omräknade från kcal/m² °C h till W/m² K med omräkningsfaktor 1,163. Enligt uppgifter från Catarina Warfvinge samt Marie Hult.

3.3 Planerad byggnad

Enligt sammanställningen från Elfab Installationsplanering innehåller den planerade reoveringen följande åtgärder ur energisynpunkt:

- Översta våningen uppfyller kraven som ställs på nya byggnader gällande klimatskalet. Inga åtgärder har därför föreslagits för detta.
- Fasaderna kommer till stor del tilläggsisoleras med 100 mm isolering.
- Nya treglasfönster med u-värde 1,115 W/m²K sätts in.
- Nya ytterdörrar med u-värde 1,6 W/m²K sätts in.
- Installation av mekanisk ventilation och värmeåtervinning med 64 % verkningsgrad.
- Övre våningens ventilationssystem ansluts till husets värmeväxlare.
- Vattenförbrukningen förväntas bli 10 procent lägre med nya snålspolande munstycken.
- Ventilationsflödet i lägenheterna antas uppnå gällande regler med 0,35 l/sm², och läckaget antas till 0,6 l/sm² för klimatskalet vid ett tryck på ± 50 Pa.

Med förbättringarna enligt ovan genomfördes energiberäkningar av Rickard Ekholm på Elfab Installationsplanering i december 2007. Det totala specifika energibehovet för uppvärmning (radiatorer och uppvärmning av ventilationsluft) för den beräknade byggnaden blev 42 kWh/m². Detta kan jämföras med energianvändningen för uppvärmningen med radiatorer i en liknande befintliga byggnad som är ca 140 kWh/m².

3.4 Energisimulering av en mellanvåning

Utifrån de givna förutsättningarna som har beskrivits tidigare sattes en modell upp i programvaran DEROB-LTH. Parametrar för väggdetaljer matades in enligt beskrivningen i ritningsunderlaget. För de befintliga väggarna antogs ingen förändring av den ursprungliga isoleringens värmeisolerande förmåga även om det efter 30 år kan antas en viss försämring av prestanda. Då det inte finns några uppmätta värden för till exempel U-värden för befintliga fönster och dörrar samt data gällande byggnadens lufttäthet antogs uppmätta värden från ett liknande miljöprogramsområde, Brogården i Alingsås². U-värden för respektive byggnadsdel togs från en rapport utförd av Aton Teknikkonsult år 2007³. Enligt de uppmätta värden som tagits från Brogården är luftläckaget 2 l/sm² vid en tryckskillnad på 50 Pa. På samma byggnad var U-värdet i fönstren 1,9 W/m²K och för ytterdörrarna 2,8 W/m²K. Dessa värden svarade väl mot de värden som ges i rapporten från Aton, och bedöms som ett rimligt antagande för den befintliga byggnaden i kv Trondheim.

För den planerade reoveringen antogs verkningsgraden hos luftvärmeväxlaren till 60 % eftersom den maximala effekten på 64 % i realiteten sällan uppnås. Innetemperaturen sattes till 20°C och 4W/m² antogs vara fri värme från hushållsapparater och boende, vilket är samma värde som får användas i beräkningar för passivhus, enligt de svenska kriterierna för passivhus⁴. Byggnadens täthet sattes till den planerad nivå på 0,6 l/sm² och luftväxlingen enligt befintliga byggregler (BBR

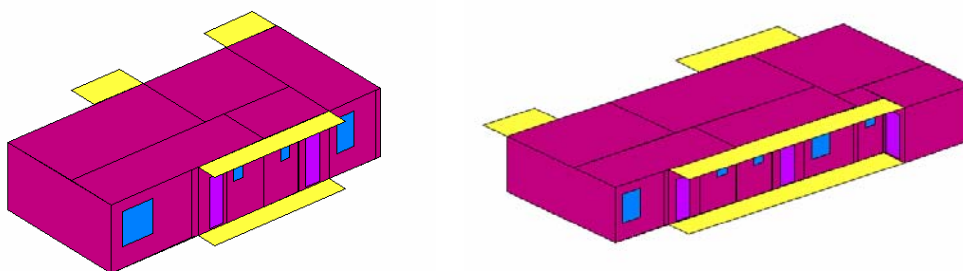
² Alingsås, Brogården, information om reoveringen kan hittas via:

http://www.ebd.lth.se/forskning/passivhus_demonstrationsprojekt/demonstrationsprojekt/alingsaas_brogarden/

³ Aton Teknikkonsult 2007. Energideklarering av byggnader – Metoder för besiktning och beräkning. Version 2. Reviderad januari 2007.

⁴ Kravspecifikation för passivhus i Sverige — Energieffektiva bostäder (2008). Energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus. <http://www.energieffektivabyggnader.se/>

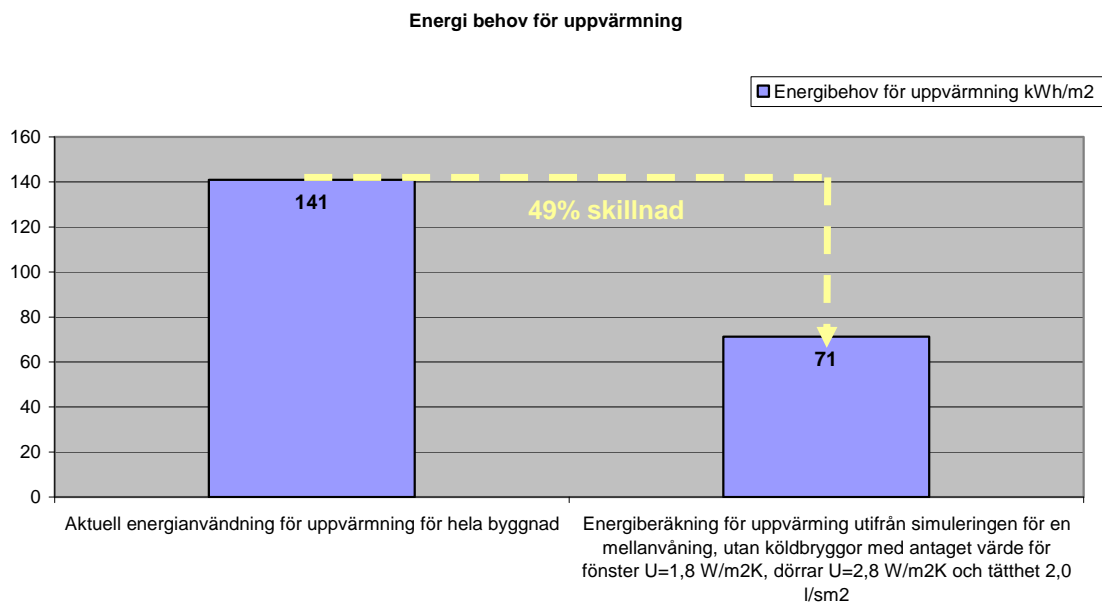
2006). Ett flertal olika simuleringar gjordes för att se vilka punkter som kunde förbättras och vilka åtgärder som hade bäst respektive sämst effekt. På grund av programmet DEROB-LTHs begränsningar med antal volymer som kan beräknas samtidigt delades mellanvåningen upp i två logiska delar där respektive lägenhet kopplades till respektive trapphus. Resultatet från de två volymerna lades sedan samman för att ge en total bild för mellanvåningen, se figur 2.



Figur 3. Mellanvåningens två volymer så som de är definierade i energiberäkningen i DEROB-LTH.

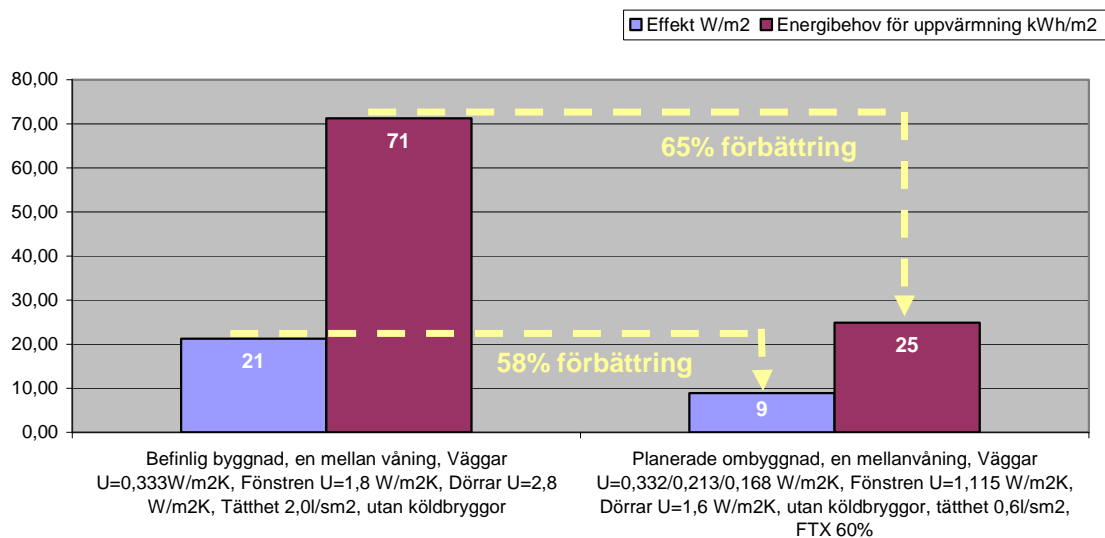
Eftersom enbart en mellanvåning är simulerad är det viktigt att bedöma hur stor avvikelsen är mellan de simulerade värdena och den verkliga energianvändningen. Därför gjordes en simulering av den befintliga byggnadens mellanvåning som jämfördes med den verkliga energianvändningen. Eftersom byggnaden inte varit i drift sedan branden, togs värden för den verkliga energiåtgången från en intilliggande byggnad av samma storlek och uppbyggnad som hade uppmätts till 140 kWh/m². Den stora skillnaden mellan det simulerade energibehovet per m² och den verkliga energianvändningen totalt per m² kan ses i figur 4. Skillnaden mellan de båda resultaten är 49 % och det innebär i sin tur att köldbryggor och ökad energiåtgång i övre och nedre plan är relativt sett ganska stor. Skillnaden kan också bero på att de U-värden som antagits varit för låga. Det innebär också att de fortsatta resultaten påverkas av dessa felkällor och att enbart relativa värden kan beaktas.

Därefter utfördes en simulering av en mellanvåning med antagna värden som motsvarar den planerade renoveringen. Den jämfördes sedan med den nuvarande byggnadens simulerade energibehov för samma mellanvåning, se figur 5. Med de föreslagna åtgärderna i renoveringen för en mellanvåning förbättras energiprestandan med 65 %. Denna förbättringspotential kan jämföras med den beräknade minskningen av energibehovet på 70 % utförd av Elfab Installationsplanering. De två beräkningarna skiljer sig åt med 5 % vilket bedöms ligga inom de avvikelser som programvarorna kan ge. Detta stärker också att simuleringarna i DEROB-LTH kan användas som grund för att bedöma effekterna av de olika åtgärdsförslagen som simuleras.



Figur 4. Skillnaden mellan den nuvarande energianvändningen i ett liknande hus för uppvärmning för hela byggnaden och det beräknade värdet för en mellanvåning med den befintliga konstruktionen och utrustningen.

Kv Trondheim, hus 7. Jämförelse av effekt och energibehov för uppvärmning för en våning i befintlig byggnad och planerade version



Figur 5. Jämförelse av effekt och energibehov mellan befintlig byggnad och byggnaden efter den av Svenska Bostäder planerade renoveringen.

I de fortsatta beräkningarna har flera olika förbättringsförslag simulerats med utgångspunkt från de projekterade lösningar som redan har tagits fram, men med olika tilläggslösningar som har utgått

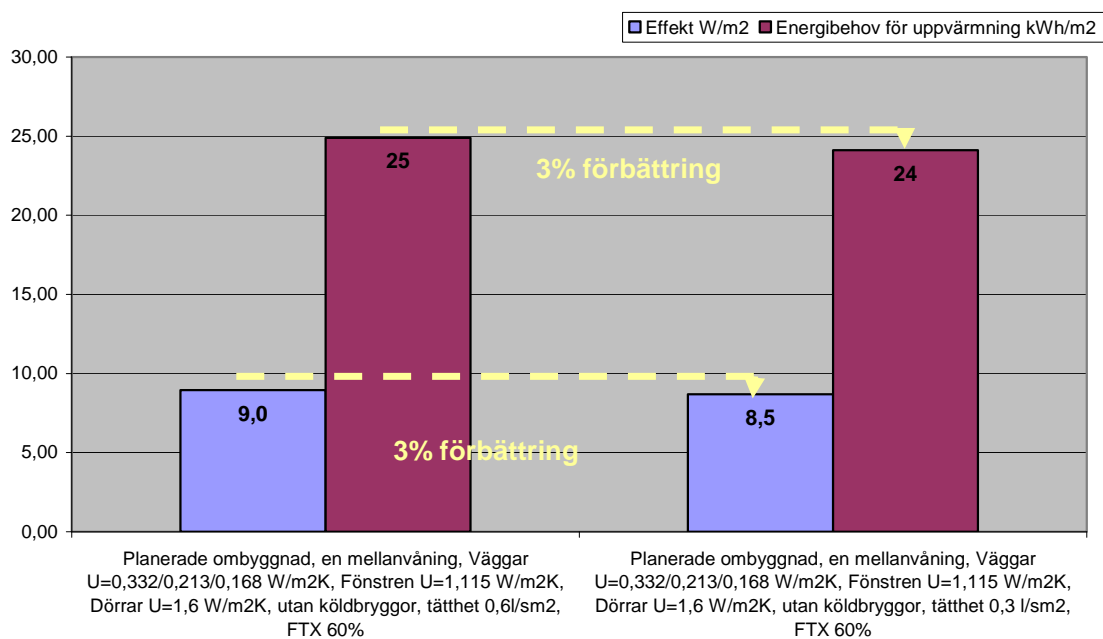
ifrån att en minimal förändring av fasadmaterialet ska göras sett ur en arkitektonisk synvinkel. Tilläggen har också tagit hänsyn till att större förändringar kan påverka både kostnadsplanen och tid för projektstart, därför har sådana större förändringar inte tagits med i detta skede.

De tillägg som har simulerats är:

- Tilläggsisolering på samtliga ytterväggar, inte enbart de väggar som föreslås i renoveringsplanen. Isoleras med minimalt 80 mm isolering, men generellt 100 mm isolering. Detta beror på kravet för ventilation av vissa fasadmaterial.
- Bättre egenskaper hos fönster och ytterdörrar (entré och balkong) gällande U-värde.
- Bättre verkningsgrad hos värmeväxlaren.
- Bättre lufttätethet i klimatskalet.

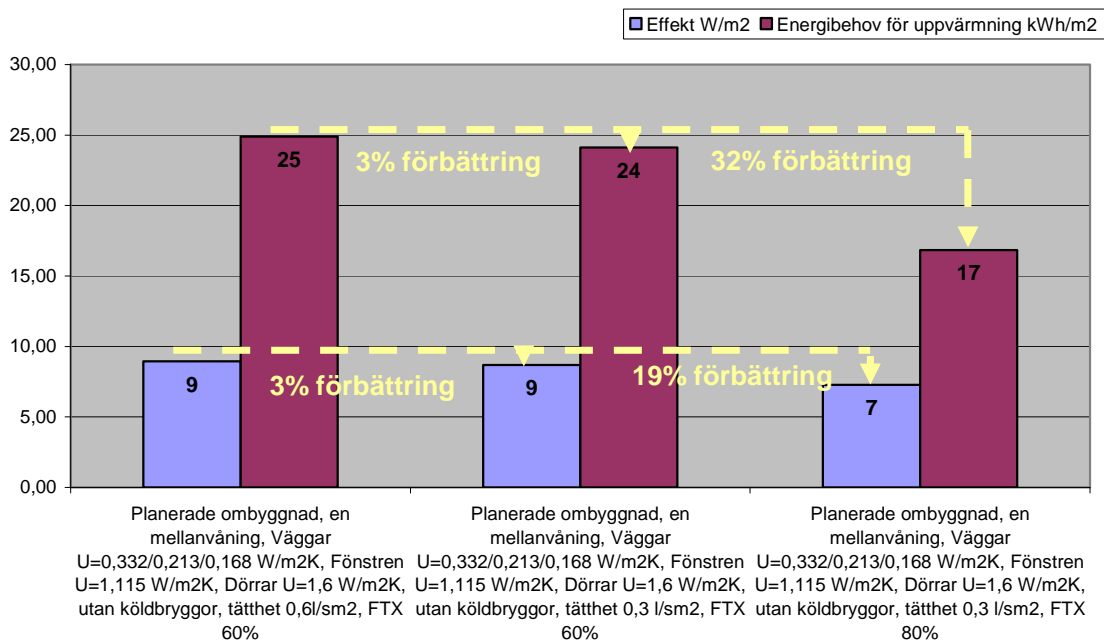
Kombinationer av flera olika förbättringsförslag testades också för att se vilken som ger den bästa förbättringen.

I figur 6 visas resultaten av byggnadens lufttätethet. I det fallet att lufttätetheten i byggnaden förbättras från 0,6 l/sm² till 0,3 l/sm² vid trycket 50 Pa minskar effekt- och värmebehovet med 3 %. Den 3 % av förbättringen beror på den lilla del av byggnaden som utsätts för utsidan, eftersom endast ett våningsplan var simulerade.



Figur 6. Förbättring av effekt och energibehov då byggnaden tätas från 0,6 l/sm² till 0,3 l/sm² vid en tryckskillnad på 50Pa.

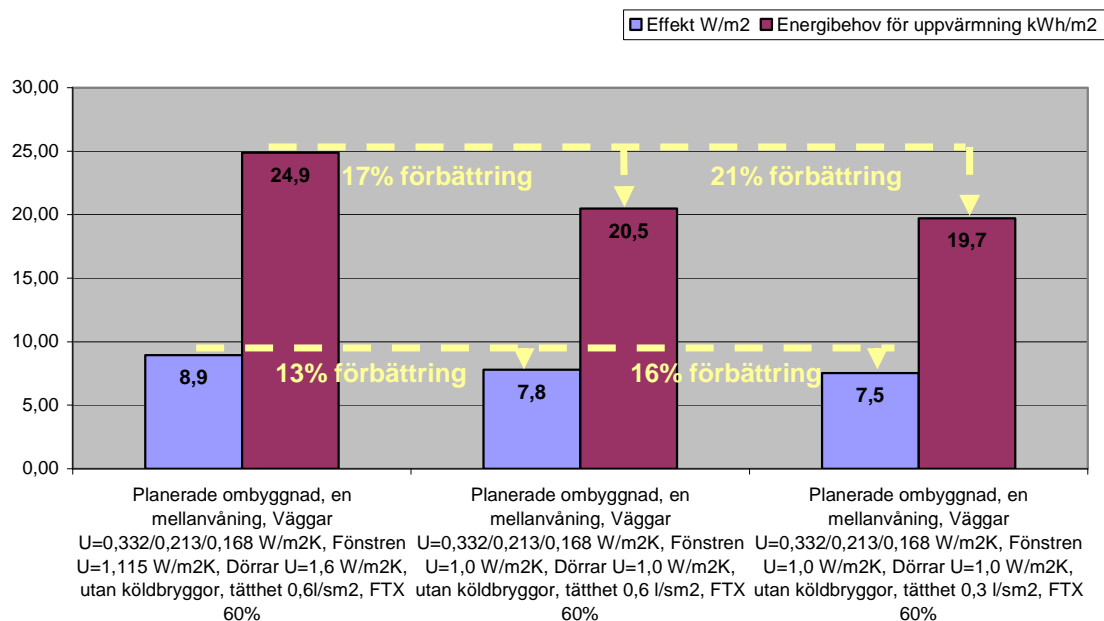
Om både lufttätetheten och värmeväxlaren förändras ger det en förbättrad effekt- och värmebehov med 19 respektive 32 procent, se figur 7. I detta fall antogs värmeväxlaren en verkningsgrad på 80 %, antaget att verkningsgraden är tänkt till 85 %.



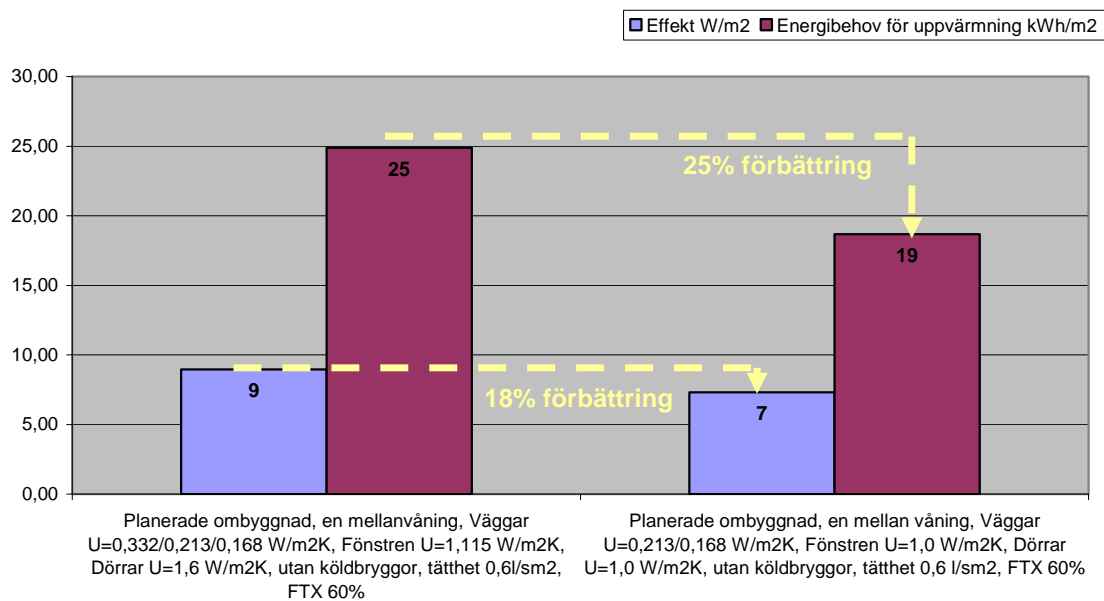
Figur 7. Förbättring av effekt och värmeenergibehov då lufttäthet och verkningsgrad hos värmeväxlaren förbättras.

En annan kombination som skulle ge en förbättrad energiprestanda är att installera bättre fönster och ytterdörrar samt att kombinera detta med en tätare byggnad. Från att ha haft fönster och dörrar med 1,1 respektive 1,6 W/m²K förbättras både fönster och dörrar till ett U-värdet på 1,0 W/m²K. Det ger en minskning i effekt- och värmebehov med 13 respektive 17 procent, se figur 8. Kombinerar detta med en tätare byggnad där läckaget minskar från 0,6 l/sm² till 0,3 l/sm² kan istället en effektminskning med 16 % och en värmebehovsminskning med 21 % uppnås. I detta fall är verkningsgraden för värmeväxlaren enligt de planerade 60 %, se figur 8.

Nästa simulering utförs med enbart förändring i klimatskalets U-värde, med bättre dörrar och fönster (U=1,0 W/m²K) samt extra isolering i ytterväggarna (minimum 80 mm men generellt 100 mm i kombination med olika fasadmateriell). Det ger en sänkning med 18 % på effekten och 25 % på värmebehovet, se figur 9. U-värden på väggen skulle då förbättras från det nuvarande 0,33 W/m²K till det bättre 0,21 W/m²K, med 80 mm extra isolering, luftspalt och fasadmateriell av fibercementskiva. Och då förändringen utförs med en vägg med 100 mm tilläggsisolering och ett ytskikt av gips ger det en sänkning av U-värdet till 0,17 W/m²K. I den analyserade renoveringsplanen har väggar med entrédörr samt väggar med balkong ej utrustats med extra isolering. Det är troligtvis på grund av det nödvändiga utrymmet beroende på de tillgänglighetskrav som finns framför entrédörren. Om loftgångarna istället skulle utökas och bli balkongliknande skulle dessa väggar också kunna tilläggsisoleras.

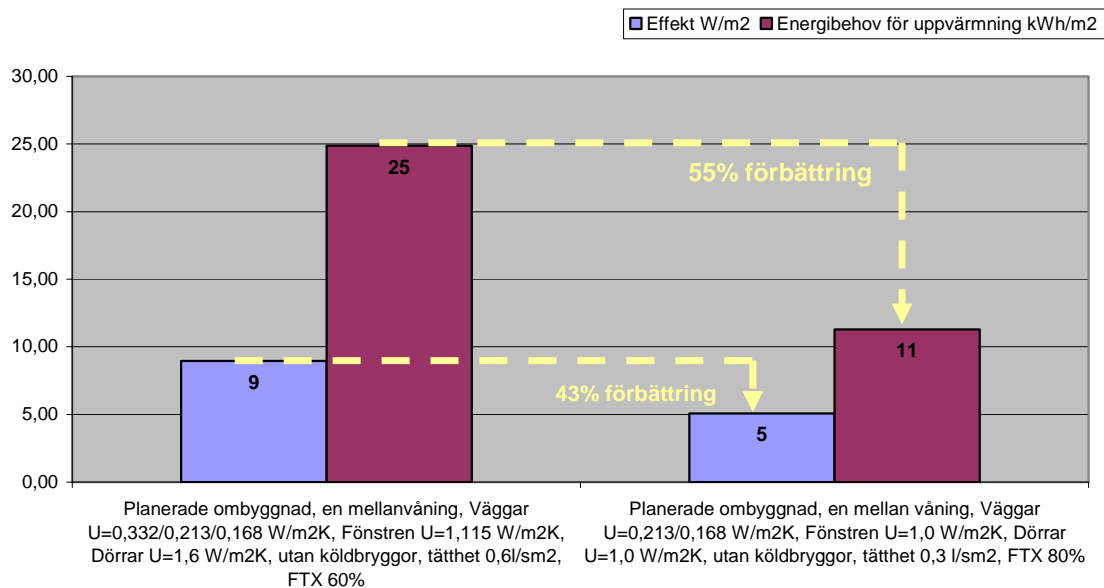


Figur 8. Förbättring av effekt och energibehov då U-värden för fönster och dörrar sänks samt att byggnadens täthet förbättras



Figur 9. Förbättring av U-värden i byggnadens klimatskal, med extra isolering på samtliga ytterväggar och bättre U-värden på fönster och ytterdörrar.

Om alla nämnda förbättringar utförs beräknas den totala uppnådda förbättringen gällande effekt och värmeenergi att vara 43 respektive 55 procent, se figur 10.



Figur 10. Förbättringsnivå för effekt och värmebehov om samtliga föreslagna förbättringar utförs.

I tabell 2 är samtliga förbättringar uppräknade.

Tabell 2. Jämförelse mellan planerad renovering och föreslagna förbättringar.

Åtgärd	Planerad renovering	Förbättrad renovering
Lufttäthet	0,6 l/sm ²	0,3 l/sm ²
U-värde i fönster	1,1 W/m ² K	1,0 W/m ² K
U-värde i dörrar	1,6 W/m ² K	1,0 W/m ² K
U-värde i ytterväggar	0,33/0,21/0,17 W/m ² K	0,21/0,17 W/m ² K
Verkningsgrad hos värmeväxlare	64 % (60 % för beräkn.)	85 % (80 % för beräkn.)

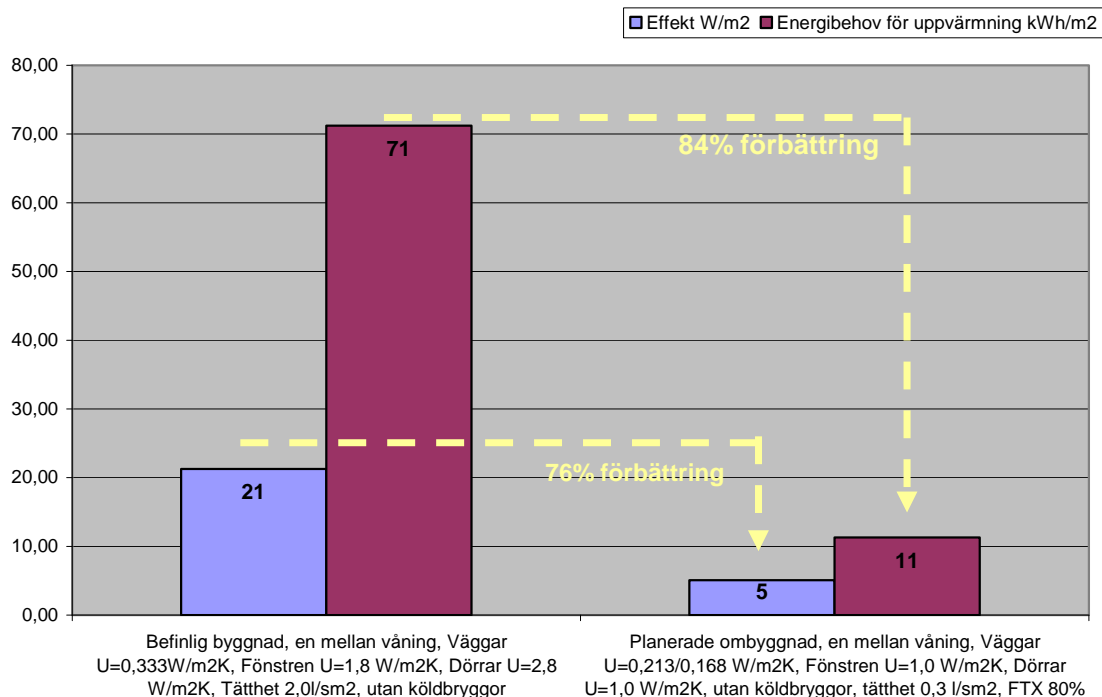
I tabell 3 har alla de simulerade åtgärderna sammanställts samt kombinationen av alla dessa tillsammans.

Tabell 3. Förbättringspotential jämfört med den planerade renoveringen och nya föreslagna åtgärder

Åtgärd utöver planerad renovering	Relativ förbättring utöver planerad renovering (effektbehov)	Relativ förbättring utöver planerad renovering (värmebehov)
Lufttäthet	3 %	3 %
Lufttäthet 0,3 l/sm ² + Värmeväxlare 85 %	19 %	32 %
Fönster och dörrar 1,0 W/m ²	13 %	17 %
Fönster och dörrar 1,0 W/m ² + lufttäthet 0,3 l/sm ²	16 %	21 %
Fönster och dörrar 1,0 W/m ² K + Väggar 0,21/0,17 W/m ² K	18 %	25 %
Samtliga åtgärder tillämpas	43 %	55 %

Det är också intressant att jämföra föreslagen förbättring av byggnaden mot den befintliga. Den planerade renoveringen ger en 65 procentig sänkning av värmebehovet och en 58 procentig

sänkning av effektbehovet. De föreslagna tilläggsåtgärderna inklusive de redan planerade ger 84 procent sänkning av värmebehovet respektive 76 procent i sänkning av effektbehovet, se figur 11.



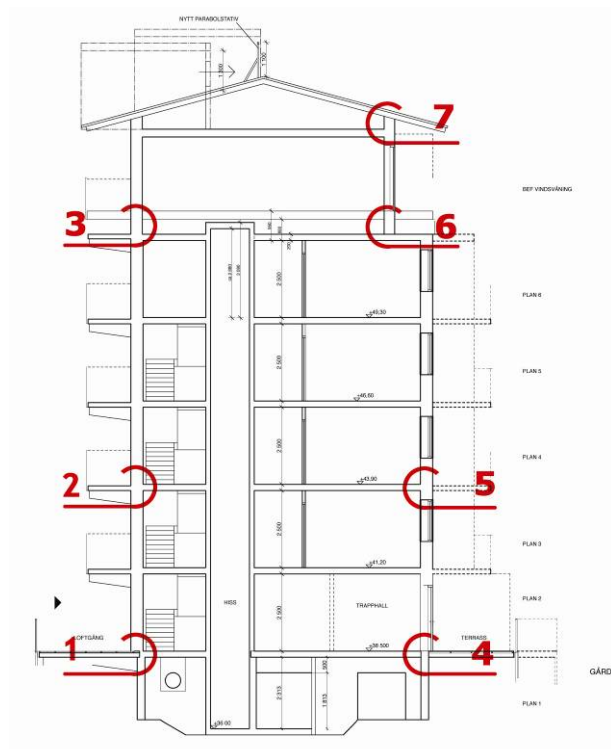
Figur 11. Effekt och värmeenergibehovssänkning om planerade åtgärder inklusive de föreslagna tilläggsåtgärderna genomförs jämfört med den nuvarande byggnadens energiprestanda. Det ursprungliga renoveringsförslaget gav en sänkning med 58 % av effektbehovet samt 65 % av värmebehovet.

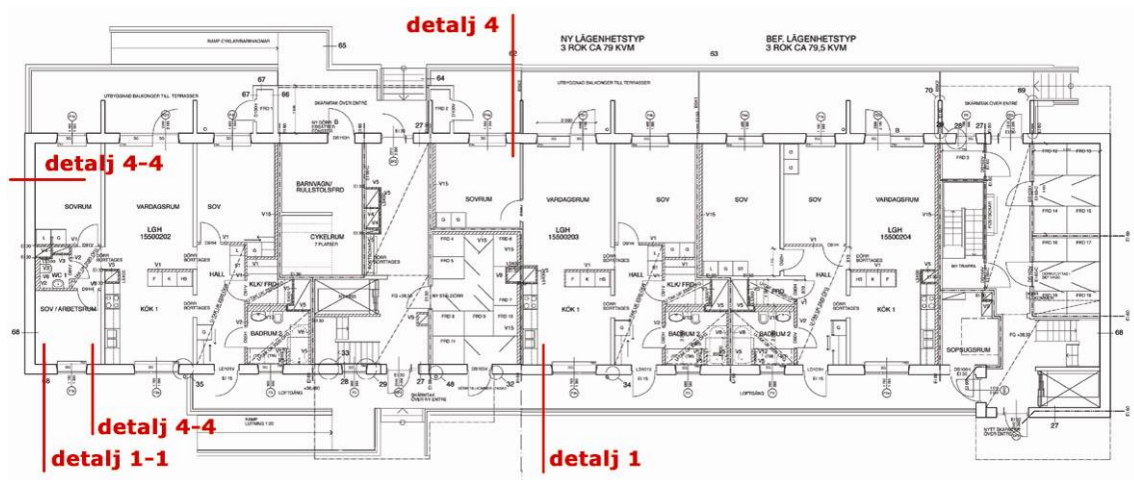
3.5 Sammanfattning av energibesparingar för uppvärmning

Den planerade renoveringen kan förbättras ytterligare genom de föreslagna åtgärderna. Mest effekt ges genom att täta klimatskalet och att värmeväxlarens verkningsgrad ökar, då minskar värmebehovet med 32 %. Näst mest effektivt ger en förbättring av klimatskalets U-värde, genom bättre fönster, dörrar och ytterväggar. Det ger en sänkning av värmebehovet med 25 %. Det ger samtidigt en positiv effekt på inneklimatet genom att den termiska komforten förbättras eftersom både köldbryggor och fönster åtgärdas. Om enbart dörrar och fönster åtgärdas till U-värde 1,0 W/m²K ger det en sänkning av värmebehovet med 17 %. Om samtliga förslag skulle tillämpas i renoveringsplanen skulle detta ge en sänkning med 55 % av värmebehovet och 43 % av effektbehovet. Jämfört med den befintliga byggnadens energianvändning och om alla åtgärder skulle tillämpas i renoveringen skulle energibehovet kunna minskas med mer än 80 %.

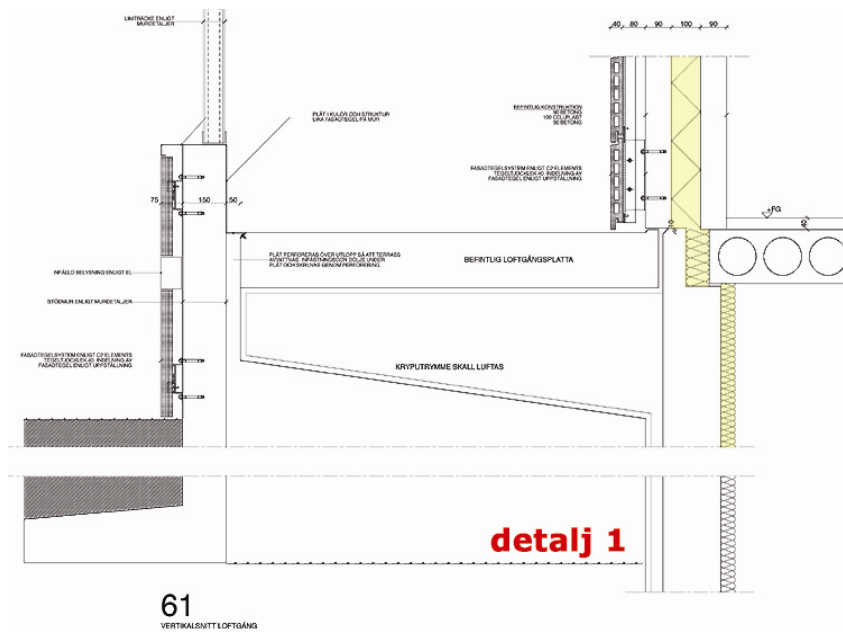
3.6 Bedömning av kritiska detaljer

På grund av begränsningarna i energisimuleringen vad gäller köldbryggor så har flera detaljer identifierats och utvärderats kvalitativt. Dessa har markerats i figur 12 nedan. I de tillgängliga handlingarna är detalj nr.1 i figur 11 enbart markerad på ett ställe, utmed sydvästra fasaden på loftgången. Utifrån detta och andra ritningar antas att detaljen ser likadan ut utmed hela loftgången. Detalj 4 har två olika alternativ beroende på i vilket snitt som beskrivs. Detalj 7 är inte fullständigt beskriven. I texten nedan går dessa olika punkter mer ingående igenom. Flera kritiska punkter kan man finna i bottenvåningens utsträckning, se även sektionsritningen över denna i figur 12. En kritisk punkt är bottenvåningens anslutning till källaren samt till marknivån, se detalj 1 och 4 i figur 11 och 12.





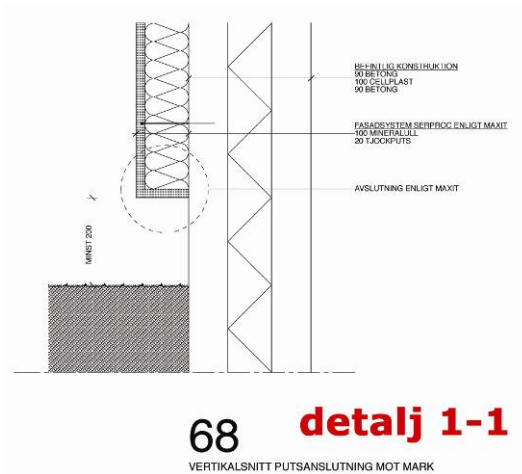
Figur 13. Översiktsskiss för bottenvåningen.



Figur 14. Detalj 1 visar anslutningen mellan bjälklaget bottenplan, yttervägg och källarvägg utmed fasaden mot sydväst.

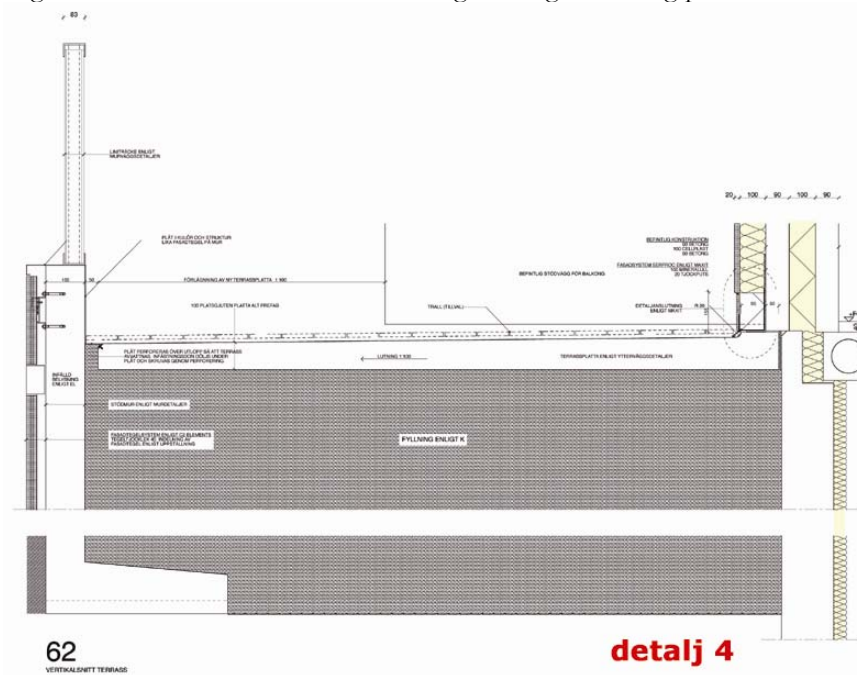
I förlängningen av den ovan nämnda väggen mot den norra väggen uppkommer nästa kritiska punkt, se figur 15. Här kan man se att den planerade tilläggsisoleringen inte går hela vägen ner till marken utan slutar 20 cm ovanför. Det är emellertid oklart var bjälklaget mellan källarplan och entréplan ligger. En konsekvens av detta är att det kommer bli kallare väggytor i hörnlägenheterna på bottenplan vintertid. Källarväggen är tilläggsisolerad sedan tidigare och kommer att vara uppvärmd till 18 grader som det är planerat nu. Isolerskiktet bedöms inte vara tillräckligt och onödigt mycket värme kommer att förloras där. En möjlig lösning skulle vara att isolera källarväggen ytterligare samt eventuellt mot taket till bottenvåningen, sänka temperaturen i källaren

till tex. 10 grader. Effekterna av denna åtgärd bör studeras mer i detalj. Särskilt bör fuktrisker utredas vid sänkt temperatur i källaren.



Figur 15. Detalj 1-1 av väggavslutningen mot mark på sydvästra och nordöstra delen av byggnaden

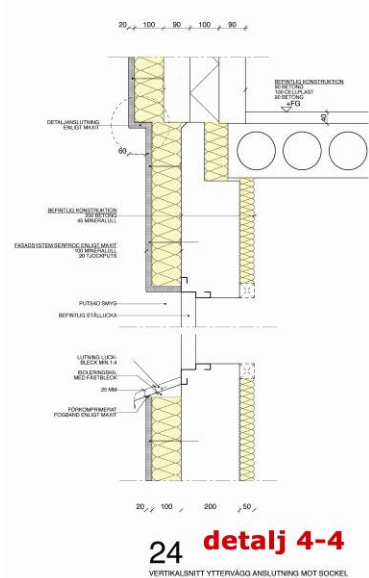
Detalj 4, se figur 16, är i marknivå där gipsfasaden möter marken. En ny betongplatta skall enligt planen gutas ovanpå utfyllnadsmassor. Den tilläggsisolering som är planerad kommer att sluta några centimeter ovan marknivå. Detta ger återigen en svag punkt i fasadens nedre hörn.



Figur 16. Detalj 4 mot marken i byggnadens nordöstra hörn.

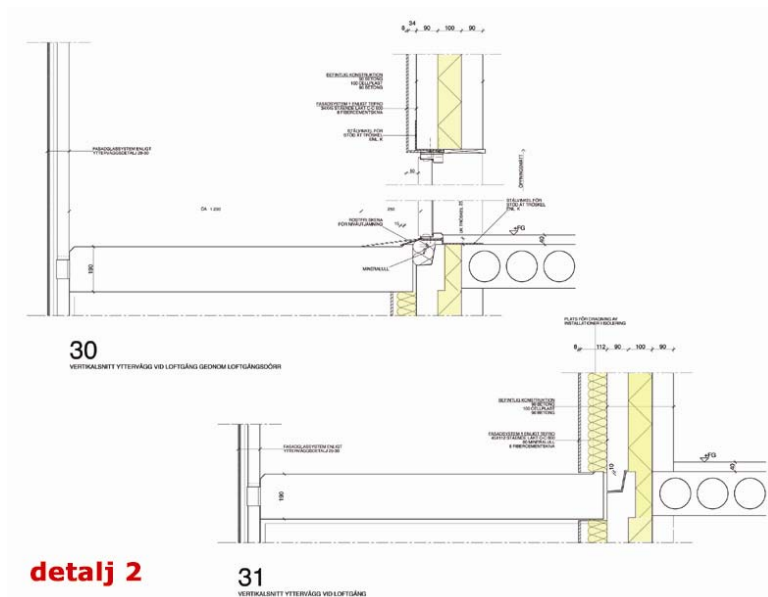
Figur 17 visar ett snitt taget i källarväggen där det också finns en öppning. I renoveringsplanen är den befintliga källarväggen tilläggsisolerad men den befintliga ställuckan bevaras som den är. Luckans storlek är inte specificerad. Om luckan enbart är använd som extra ventilation och källaren är uppvärmd bör luckan bytas ut för att få kontrollerad ventilation samt en välisolerad dörr. Ytan

mot mark är inte nämnd och det är svårt att veta om den kommer vara likadan som detalj 1-1. Denna väggdetalj är placerad på långsidan och inte kortsidan, baserat på detaljens väggjocklek och väggjockleken på det befintliga objektet.



Figur 17. Detalj 4-4 visar en öppning i källarväggen.

Detalj nr 2 kan ses i figur 17 som visar två vertikala snitt tagna vid dels entrédörren till loftgången samt resterande väggpartier vid loftgången. Första detaljen (30) är ett snitt genom entrédörren och omkringliggande vägg (Total längd mellan golvet på plan två och golvet på det översta planet är 8.51 meter). Den andra detaljen (31) är parallell med föregående snitt och visar loftgångsväggen i tvärsnitt (löper totalt 16.1m). Ursprungligen var ingen extra isolering planerad för ytterväggen vid entrédörren. U-värdet för väggen är 0,33 W/m²K, medan värdet för den planerade dörren är 1,6 W/m²K. Det gör både dörren och väggen till en svag punkt i den nya lösningen. Den mest troliga orsaken till att den lösningen valdes är att man ville bevara utrymmet på loftgången mot ricket för att klara tillgänglighetskraven. Från de analyserade handlingarna framgår det inte klart huruvida loftgången ska bevaras eller om en ny skall byggas. Enligt handlingarna kommer delar av loftgången att rivas. En möjlig lösning skulle vara att flytta ut den nuvarande betongplattan 10cm utåt vilket skulle vara möjligt eftersom den ligger på konsolbalkar. Detta skulle möjliggöra att hela väggen kunde tilläggsisoleras. Den enda ytterligare åtgärden efter det är att förlänga tröskeln vid entrédörrarna så att den täcker sträckan ut mot loftgången.



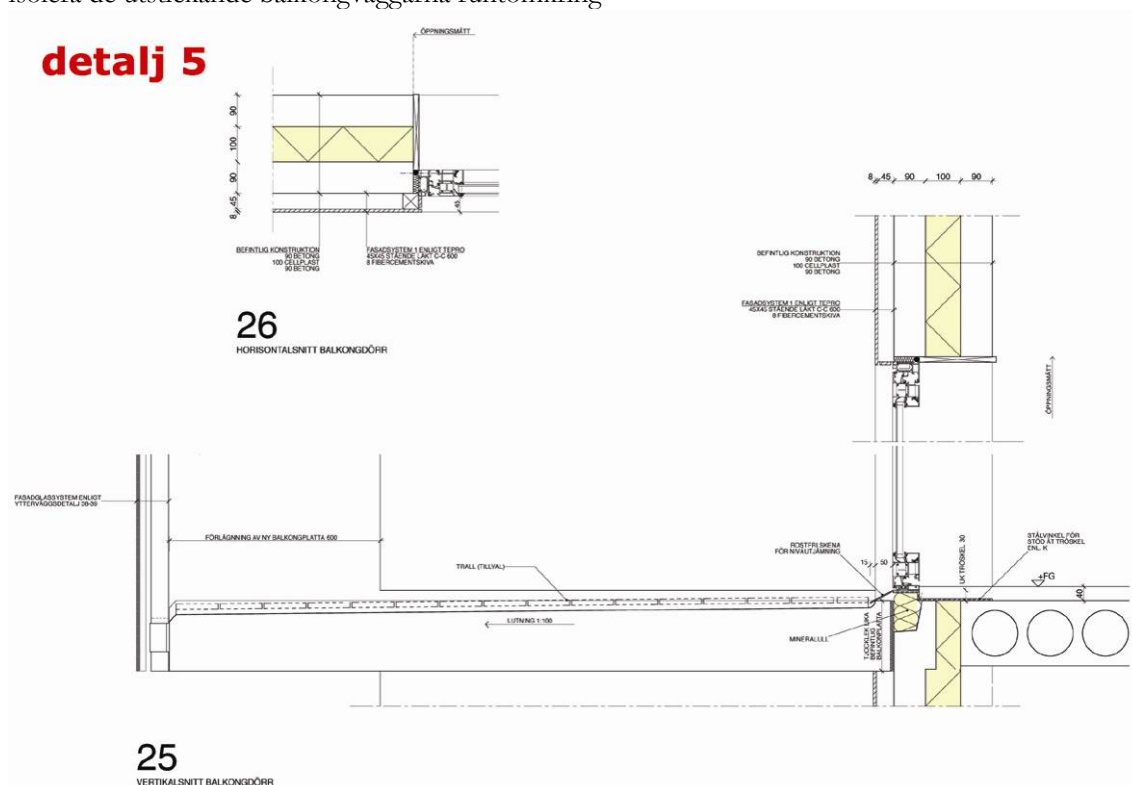
Figur 18. Detalj 2 av loftgångens entré till lägenheterna på sydvästra sidan av byggnaden. Vertikalsnitt vid yttervägg vid loftgång genom loftgångsdörr (30). Vertikalt snitt vid yttervägg vid loftgång.

Den kvarvarande delen av väggen utmed loftgången, se figur 18 (31), har en planerad tilläggsisolering på 80 mm, en luftspalt på 20 mm och fibercement som ytskikt. På grund av valet av fasadmateriäl var isoleringen tvungen att minskas ner från det först planerade 100 mm till 80mm. I detta fall är planen att isoleringen skall läggas så att den möter loftgången ovan och under, detta medför att köldbryggan mellan våningarna finns kvar. I figur 19 kan man se den verkliga byggnaden i dessa två detaljer. Här kan man också se att de befintliga väggarna har direkta köldbryggor i de punkter där den inre betongväggen möter loftgången via konsolbalken. Även här skulle en förflyttning av betongplattan medföra att en genomgående isolering skulle kunna sättas och bryta köldbryggorna mellan våningsplanen.



Figur 19. Den vänstra bilden visar den befintliga loftgången och den högra bilden visar balken som bär upp loftgångens betongplatta.

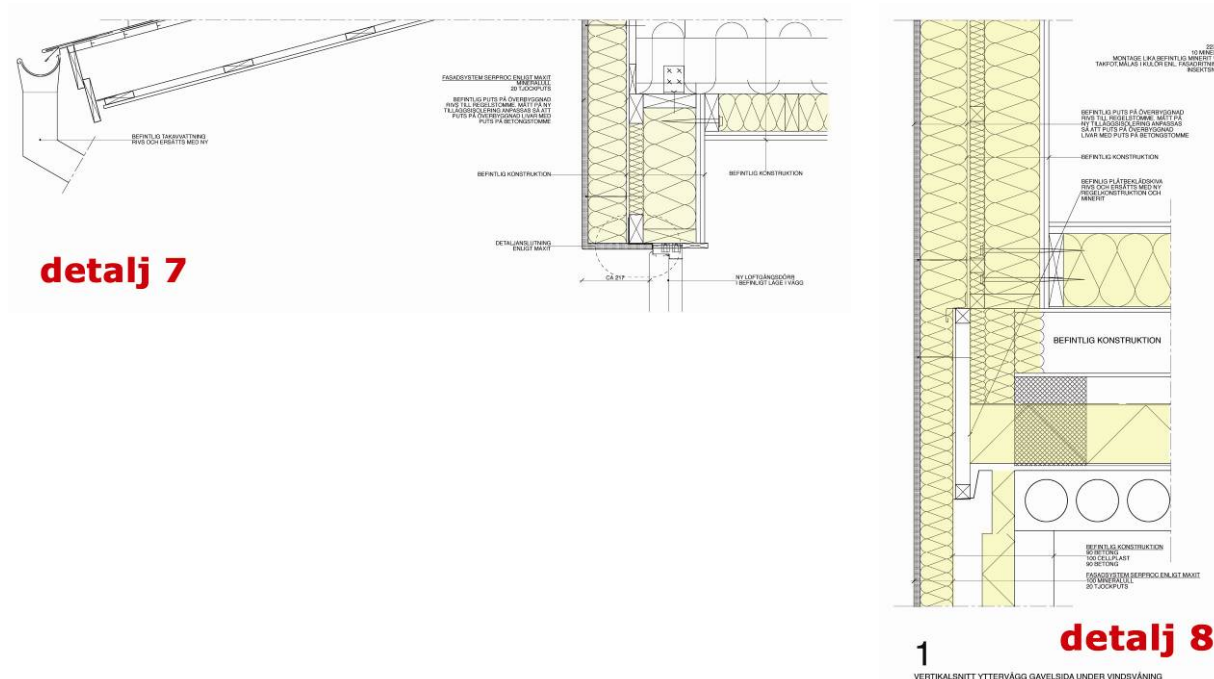
I figur 20 kan detalj 5 studeras. På balkongerna på byggnadens nordöstra sida är det planerat att nya balkonggolv av betong ska gjutas, se figur 20. På fasaden i direktanslutning till balkongerna är ingen extra isolering planerad. Den nya balkongdörren placeras i väggens kalla yta och skapar således en köldbrygga. Eftersom en ny balkongplatta planeras kan väggen tilläggsisoleras helt, utan att betongplattan utgör något hinder, eftersom den kan placeras längre ut från väggen. Dörren bör i sin tur placeras så att den ansluter mot isoleringen för att undvika köldbryggor. Utöver det är det oklart hur den yttre vertikala väggen som sticker ut från fasaden och håller upp betongplattorna ansluter mot den inre väggen. Om de sitter som en direkt förlängning av den inre väggen så som det är på andra sidan byggnaden utgör dessa en direkt köldbrygga. I det fallet hade det då också varit bra att isolera de utstickande balkongväggarna runtomkring



Figur 20. Detalj 5 visar balkonglösningen på den nordöstra sidan av byggnaden

Sista våningen byggdes på för några år sedan och på grund av konstruktionstekniska skäl byggdes våningen med ett avstånd till den nedre våningen, se bild 21 detalj 3. Detalj 3 visar en välisolerad del av huset där köldbryggornas inverkan till stor del undvikits. Men om balkong- och loftgångsplatta kunde flyttas kan också isoleringen löpa utmed hela fasaden hela vägen upp och skapa en välisolerad vägg utan köldbryggor, på samma sätt som har beskrivits tidigare.

Enligt handlingarna ska några av väggarna på översta våningen tilläggsisoleras (figur 23). Målet är att få fasadytorna att gå i linje med varandra för att slippa den nuvarande djupskillnaden i fasaden, se figur 22. Det är inte möjligt att bedöma huruvida taket kommer tilläggsisoleras eller inte.



Figur 23. Detalj 7 visar takkonstruktionen. Detalj 8 visar isoleringens övergång från tillbyggnaden till våningen under på den yttre fasaden.

3.7 Sammanfattning av de kritiska detaljerna

En undersökning som bör göras före varje renoveringsåtgärd är en kontroll av hur åtgärden påverkar fuktbalansen i byggnaden. Egenskaper hos den befintliga isoleringen och sandwichelementen är viktiga att undersöka för att bedöma hur dessa påverkats genom åren och för att veta i vilken grad man behöver isolera. Extra tid bör läggas på att undersöka eventuella vattenläckor och de punkter som är mer utsatta, exempelvis ytor i närheten av marken. Vidare så finns det nu ett läge och en möjlighet att analysera köldbryggorna i den befintliga byggnaden. För att minimera energiförluster är det viktigt att undersöka byggnadens kritiska punkter och föreslå de bästa lösningarna vid en renovering. En detaljerad studie med avseende på dessa delar av byggnaden skulle dessutom vara till hjälp vid framtida renoveringar eftersom denna byggnad är representativ för ett ganska stort antal byggnader i Husby.

4 Metod för framtida renovering

En av uppgifterna i Cerbof-projektet är att utveckla ett koncept för att renovera existerande bostadshus från miljonprogrammet. Konceptet är utvecklat utifrån den fallstudie som har gjorts på det befintliga huset i kvarteret Trondheim ovan och går ytterligare ett steg vidare. Det bygger på de uppställda mål för reducerad energianvändning som finns i Sverige och de övriga mål, trender och erfarenheter som finns i övriga Europa.

Metoden för renovering baseras på följande mål:

- Energieffektivt klimatskal med "hatt och kapp" som appliceras och fungerar som ett skydd mot uteklimatet.
- Snabb installation. Eftersom de befintliga byggnaderna till större del har hyresgäster är det viktigt att renoveringen är snabb och om möjligt ska all flytt av hyresgästerna undvikas under renoveringstiden.
- Miljövänligt. Materialvalen tillsammans med systemlösningen bör baseras på målen för låg koldioxidemission. Eftersom området är anslutet till fjärrvärme används detta till att värma upp varmvatten och byggnaden.
- Utökad boyta med tredimensionell renovering av taket (beroende av "hatt"-formen). I kv Trondheim har redan en ny våning lagts till och därför har inte denna del utvecklats för byggnaden. Däremot kan det finnas en möjlighet att utnyttja detta i andra byggnader som saknar påbyggnad.

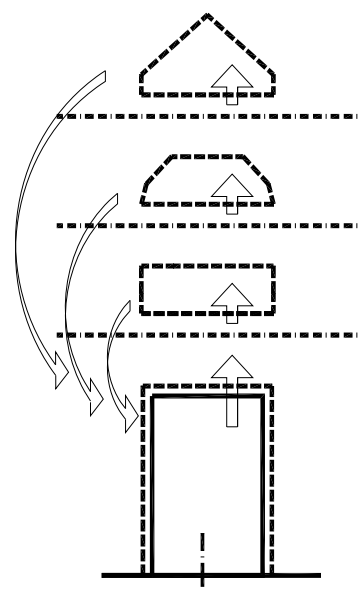


Bild 1 Metod för renoveringen

4.1 Energieffektivt klimatskal

Att minska energianvändningen och bekämpa en förstärkt klimatförändring är två centrala frågor inom EU. Byggsektorn har pekats ut som den bransch som enskilt har störst potential till energieffektiviseringar och därmed indirekt kan minska påverkan på klimatet. EU har därför infört en rad regleringar och direktiv inom området, t.ex. energiprestanda direktivet (2002/91/EC), direktivet för att begränsa påverkan på klimatet SAVE (93/76/EEC) samt direktivet för bränslepannor (92/42/EEC). Målsättningen inom EU är 20 % förnybar energi, 20 % energieffektivisering och 20 % lägre koldioxidutsläpp fram till 2020. Inom samma tidsperiod, fram till 2020, ska beroendet av fossila bränslen till uppvärmning av byggnader försvinna helt, medan andelen förnyelsebar energi ska öka successivt⁵. Det innebär att det existerande fastighetsbeståndet måste renoveras och få en bättre energiprestanda.

Med dessa mål i beaktande byggs det nya byggnader runt om i Europa, men mestadels i Tyskland och Österrike, som klarar kriterierna för passivhus. Dessutom byggs fler och fler befintliga byggnader om med hjälp av samma metoder och principer. Detta på grund av de fördelar fastighetsägare ser i att sänka energianvändningen och därmed energikostnad under byggnadens

⁵ Swedish National Environmental goals (quality objectives) : goal 15: A good built Environment
http://www.miljomal.nu/om_miljomalen/miljomalen/mal15.php

bruksfas, men också tack var de statliga bidrag som kan fås om passivhusnivån uppnås. Dessutom har Europeiska parlamentet identifierat potentialen i att också renovera med passivhusprinciper och i en resolution från 2008⁶ står det: ”...calls on the Commission to propose a binding requirement that all new buildings needing to be heated and/or cooled be constructed to passive house or equivalent non-residential standards from 2011 onwards, and a requirement to use passive heating and cooling solutions from 2008.” Eller, “ Begär att kommissionen ska föreslå ett bindande krav på all nybyggnad som behöver uppvärmning och/eller kylning ska konstrueras som passivhus eller på samma sätt för icke bostadshus från 2011 och framåt, och dessutom begära att använda passiv uppvärmning och passiv kylning från och med 2008”.

I Sverige finns det i nuläget enbart ett miljonprogramsområde som renoveras till att uppnå det svenska kravet för passivhus. Det är området Brogården i Alingsås som efter renovering förväntas markant ha sänkt energibehovet för uppvärmning samtidigt som boendestandarden höjts.

Som en väl bevisad standard, med goda resultat i energihushållning, anses passivhus vara ett gott mål för renoveringen av kv. Trondheim. Utmaningen är att anpassa det till Stockholmsområdet, som har hårdare klimat än i både Alingsås och Centraleuropa.

4.1.1 Passivhusstandard

Termen "Passivhus" kan sägas vara en bygnadsstandard som visar vilka principer som gäller för byggnader med mycket lågt energibehov. I Tyskland var man tidigt ute med att ta fram en standard för passivhus. Där definierar man passivhus som en byggnad som erbjuder en god inomhusmiljö under både sommar och vinterhalvåret utan att kräva ett konventionellt uppvärmningssystem. Tanken är att huset i hög grad ska värma och kyla sig självt passivt. Enligt standarden är det tillåtet att använda upp till 15 kWh/m² och år för att värma huset, vilket i praktiken innebär att det inte är helt passivt, utan har en mycket låg energianvändning. De olika detaljerna i den tyska passivhusstandardens sammanfattas i tabellen nedan.

Tabell 4. Sammanfattning av de tyska kriterierna för passivhus.

Kompakt form och god isolering	Alla komponenter i klimatskalet är isolerade för att uppnå ett U-värde som inte överstiger 0,15 W / (m ² K) (0,026 Btu/h/ft ² /° F).
Orientering mot söder och hänsyn till solavskärmning	Passiv användning av solenergi är en viktig faktor vid designen av passivhus.
Energieffektiva fönster och fönsterramar:	Fönster (glas och ramar, i kombination) bör ha U-värden som inte överstiger 0,80 W / (m ² K) (0,14 Btu/h/ft ² /° F), med en solvärmekoefficient på omkring 50 %.
Byggnadens lufttäthet	Luftläckage genom oförseglade skarvar skall vara mindre än 0,6 gånger husets volym per timme
Passiv förvärmning av frisk luft:	Frisk luft får föras in i huset genom underjordiska ledningar där jorden förvärmer den inkommande luften. Potentialen är att förvärma den friska luften till en temperatur över 5°C (41°F), även under kalla vinterdagar.
Mycket effektiv värmeåtervinning ur frånluften med hjälp av en luft/luftvärmepump:	Värmeåtervinningsgrad på över 80 %
Varmvattenanslutning från förnyelsebara energikällor	Solfångare eller värmepumpar ger energi för varmvatten.
Energisnåla hushållsapparater:	Lågenergikylskåp, spisar, frysar, lampor, tvättmaskiner, torktumlare, etc.

⁶ European Parliament resolution of 31 January 2008 on an Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential (2007/2106(INI)), <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT%2BTA%2BP6-TA-2008-0033%2B0%2BDOC%2BXML%2BV0//EN>

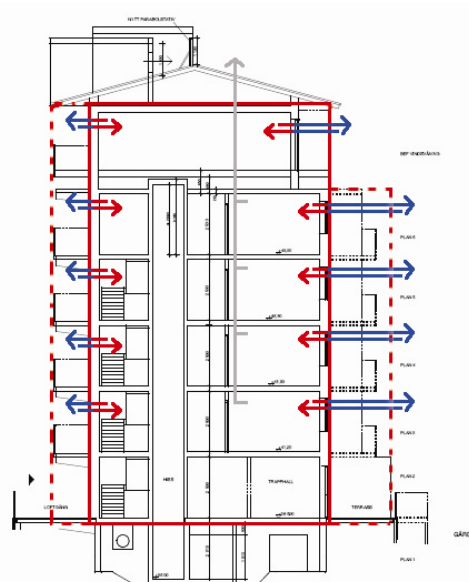
Svenska kriterier för passivhus har utvecklats av Forum för Energieffektiva Byggnader (FEBY) inom ramen för det nationella programmet för passivhus som finansieras av Energimyndigheten. De svenska kriterierna har utgått ifrån den tyska standarden men anpassats till svenska förhållanden och krav för tex. luftväxling och klimatförhållanden i norra och södra Sverige. Kraven på passivhus enligt FEBY syftar till att minimera behovet av tillförd effekt för uppvärmning i byggnader så att erforderlig termisk komfort i byggnaden kan erhållas rationellt med en distribution av värme via hygienluftflödet. Kompletterande krav på resurseffektivitet ställs för att begränsa även den totala användningen av köpt energi, d v s för driftsel, varmvatten, värme och eventuell komfortkyla. Högt ställda inomhuskrav ska uppfyllas och för bostadsbyggnader ska inte komfortkyla behövas. Vidare ska kraven enligt de Svenska byggreglerna (BBR 2008) gälla för övriga aspekter. De svenska kraven för passivhus som var aktuella under projekteringsperioden sammanfattas i tabell 5 nedan. Ny version av kriterier finns att hämta på <http://www.energieffektivbyggnader.se/>.

Tabell 5. Tabellen visar en sammanfattning av de svenska passivhuskriterierna Version 2008:1, som var aktuella under projektets beräknings period.

Krav		
	Södra Sverige	Norra Sverige
Maximalt avgiven effekt bostäder	Max 10 W/m ²	Max 14 W/m ²
Maximalt avgiven effekt för enfamiljshus <200m ²	Max 12 W/m ²	Max 16 W/m ²
Luftväxling	0,35 l/s, m ²	
Ljudkrav	Minimum klass B	
Lufttäthet	0,3 l/sm ² at +/-50 Pa	
Fönster	Max 0,9 W/(m ² K)	
Rekommenderat total energianvändning exklusive hushållsel	45 kWh/m ²	55 kWh/m ²
För småhus <200m ²	55 kWh/m ²	65 kWh/m ²
Maximalt värde för frivärme (från hushållsapparater, människor) som får tas med i beräkningarna	Max 4 W/m ²	
Dimensionerande inomhustemperatur	20°C	
Dimensionerande utomhustemperatur(DUT)	Beräknas enligt Svensk Standard SS024310	
Tillåten tillufttemperatur om tilluften används för uppvärmning.	Max 52°C	

4.2 Konceptet med hatt och överrock

För att förbättra klimatskalet till passivhusnivå är det viktigt att designa en "överrock" som ger tillräckligt med isolering och minimala köldbryggor. Det bör även utvecklas en metod för snabb och effektiv installation av "överrocken". En viktig fördel med byggnader uppförda under 70-talet är att de till stor del var prefabricerade. Det innebär att byggnaderna var fabriksbyggda och utformade med återkommande måttstandard på de fabriksbyggda elementen. Det ger en möjlighet att också utforma överrocken prefabricerat med de givna måtten på byggnaden i åtanke. Precis så som prefabricering och standardisering innebar låga produktionskostnader tidigare borde en prefabricerad väggelementskonstruktion innebära en snabb byggtid med låga kostnader. Det innebär att nästintill färdigställda prefabricerade element bör transporteras till byggarbetsplatsen och ett system för att installera dessa snabbt bör utvecklas. En idé som också har utvärderats är fasadintegrerade luftbehandlingssystem som möjliggör att renoveringen kan genomföras utan att lägenheterna behöver evakueras.



4.2.1 Välisolerat klimatskal

En hög isoleringsnivå skulle ge ett bättre U-värde för ytterväggarna. Om den extra isoleringen sattes över hela klimatskalet skulle dessutom köldbryggorna byggas bort, de är i nuläget inte helt kända men analysen visar att de ger en märkbar påverkan på byggnadens energiprestanda. Det är viktigt att inte glömma bort källaren där väggarna bör isoleras om källaren skall vara uppvärmd och i annat fall bör källartaket isoleras. I nuläget är väggarnas u-värde $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$. Enligt erfarenheter från andra passivhus är det önskvärda U-värdet för passivhus omkring $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Enligt passivhus kriterierna ska glasade ytor ha ett u-värde på maximum $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, medan lufttäteten vid en tryckskillnad på 50 Pa ska ha ett maximalt värde på $0,3 \text{ l/s,m}^2$.

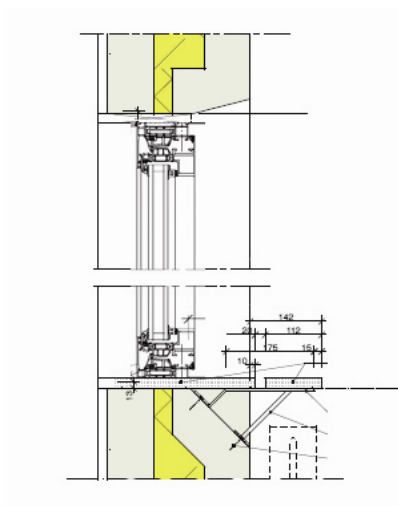
I denna förstudie har en konstruktion med prefabricerade väggelement i trä tagits i beaktande, då detta har använts i en mängd flervåningshus i Sverige under senare år. Under 2008 och 2009 byggs två flervåningshus som passivhus i Växjö. Byggsystemet är utvecklat och producerat av företaget Martinsons i Skellefteå. Varje ytterväggelement är prefabricerat och innefattar även fönster och dörröppningar, se figur 27 till höger. Detta system är valt för att illustrera konceptet med hatt och överrock. Givetvis kan även andra system också fungera för prefabricerade väggelement där tex. stålreglar ingår som konstruktionsdetalj.



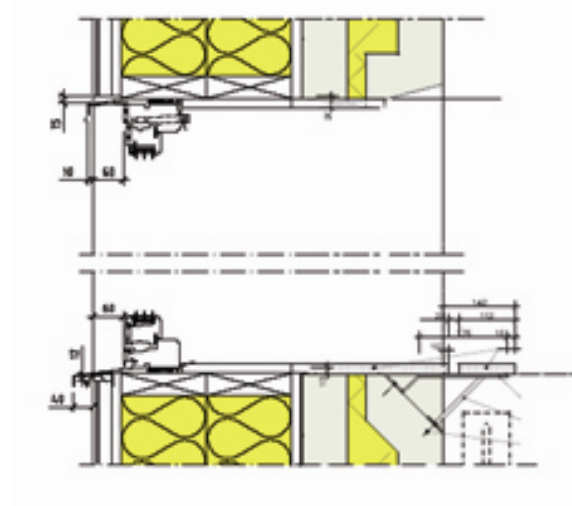
Figur 24. Exempel från Martinsons prefabricerade väggelement

Idén med hatt och överrock baseras på att utveckla ett självbärande system av yttreväggar som kan användas som en "överrock" för befintliga byggnader. Dimensionerna på elementen bör anpassas för den befintliga byggnadens element med lämpliga öppningar för fönster och dörrar. Det skulle

innebära att en snabb installation med minimalt behov för interiör påverkan. Det befintliga fönstret kan ses på sektionsritning, figur 28. Den nya väggen med de nya fönstren bör installeras så att det gamla fönstret kan tas bort. Fönsterbrädan blir därför djupare, figur 29.



Figur 25. Befintlig fönsterkonstruktion



Figur 26. Ny fönstersektion

Den sammanställda egenskapen för elementen och systemet som är föreslaget som metod vid renoveringen ses nedan i tabell 6.

Tabell 6. Egenskaper för systemet med hatt och överrock.

Komponent	Egenskap
U värde i ytterväggar	0,09 W/m ² K
U värde i fönster och dörrar	0,9 W/m ² K
Värmeväxlare	Inventer, verkningsgrad 85 % (91 %)
Lufttäthet	0,3 l/sm ² vid +/-50 Pa
Fri värme från hushållsapparater och personer	Max 4 W/m ²
Innetemperatur vid beräkningar	20°C
Köldbryggor	Innefattar bara de köldbryggor som finns i själva väggelementen. Inga ytterligare köldbryggor beräknades. I en ny byggnad av samma system (betonggrund med trästomme ovanpå) beräknades köldbryggor till ett värde på 15 %.

4.2.2 Fasadintegrerade luftbehandlingsystem

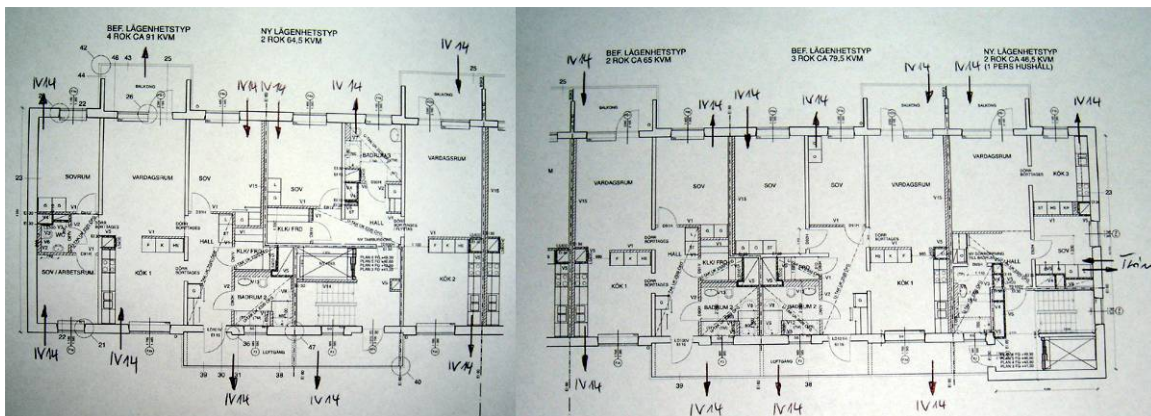
Om målet är att begränsa störningen för de boende som mycket som möjligt under renoveringsfasen så bör de stora ingreppen koncentreras till den exteriöra sidan. Det innebär att valet av värmeväxlare är begränsat till individuella system som ansluts till byggnadens skal. Som resultat ger detta mindre byggnadsarbete i bostaden och mer yta lämnas till de boende. Utöver det kan också källaren användas till annat än fläktrum. På marknaden finns det flera enskilda värmeväxlare som kan monteras på ytterväggen. En av dessa är Inventer⁷, se figur 25. Det är ett tyskt värmeåtervinnande ventilationssystem med upp till 91 % värmeåtervinning. Enheterna installeras individuellt för respektive rum och monteras i ytterväggen och ger direkt utbyte av den dåliga luften ersatt med ny uppvärmd luft.



Figur 27. Exempel fasadintegrerat luftväxlingsystem.

Systemet kan användas på nyligen byggda bostäder och även för äldre. Specifikationen för produkten finns i appendix 1. En av fördelarna med ett sådant system är att det kan placeras i de prefabricerade väggarna innan de transporteras till byggarbetsplatsen och det tillkommande hålet in mot byggnadens interiör kan borras på plats.

Producenten av Inventer kontaktades och en analys för en typisk mellanvåning gjordes, se figur 26. Ett krav är att produkten placeras på ytterväggen vilket medför att balkongerna inte kan glasas in. Pilarna på ritningen beskriver injusteringen av donen så att det inte uppstår över eller undertryck i lägenheten. Inventern fungerar genom att i 70 sekunder låta luft strömma ut för att sedan vända på riktningen och i 70 sekunder släppa in friskluft. Tack vare planlösningen i lägenheterna så går det att låta luften strömma genom lägenheten, och genom att ha en Inventer i varje rum går det även att ventilera korridorerna.



Figur 28. Mellanvåningens planlösning där Inventer-systemet är inplacerat.

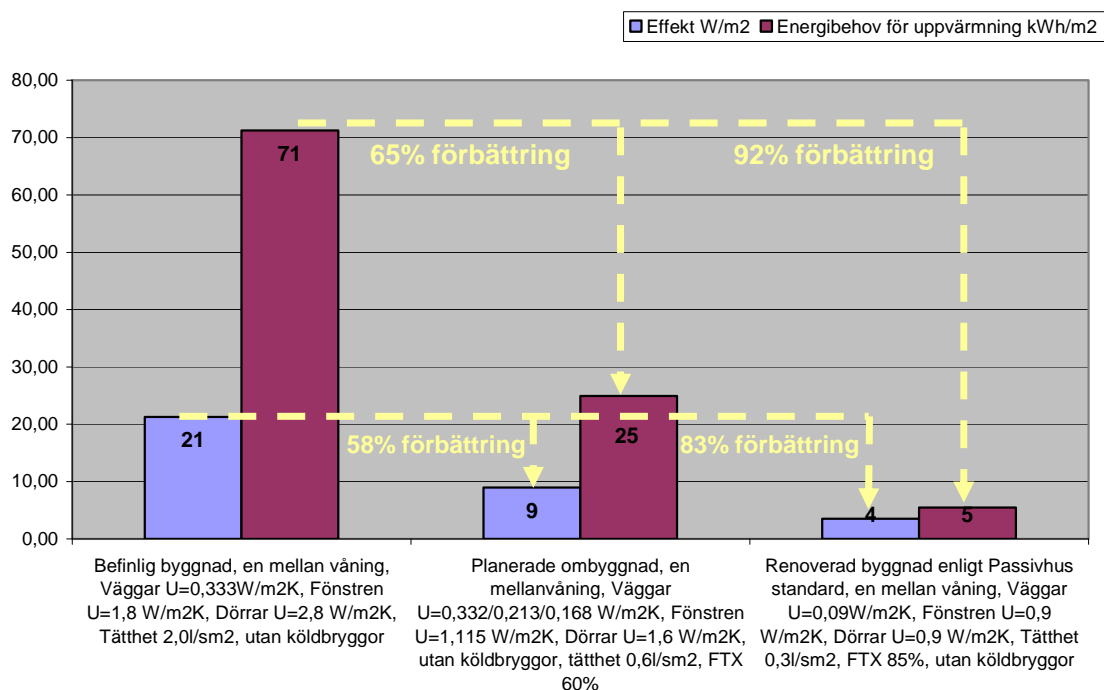
Ett problem som kan uppstå och uppfattas negativt vid användning av inventer systemet är underhållet. Det är förvisso enkelt men kräver en viss inblandning av de boende. Underhållsschemat finns beskrivet i appendix 1.

⁷ Inventer <http://www.inventer.de>

Då det finns en mängd olika, liknande, individuella system för värmeväxling och det bara analyserades en i denna förstudie är det viktigt att i nästa fas jämföra resultat och prestanda med andra system

4.2.3 Energisimulering av kv. Trondheim om konceptet med hatt och överrock tillämpas

Energisimuleringar där det ovan beskrivna konceptet tillämpas på en byggnad likt kv Trondheim visar på drastiska förbättringar av energiprestandan hos byggnaden, se figur 30.

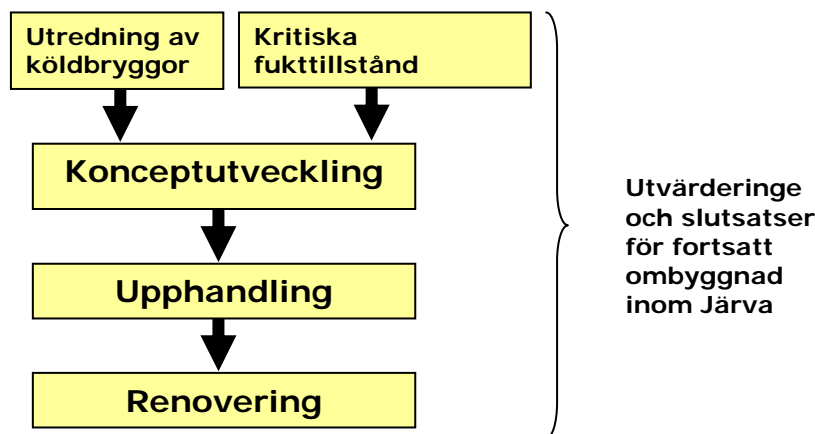


Figur 29. Här visas en jämförelse av energiprestanda i befintlig, renoverad och förbättrad byggnad. Diagrammet baseras på simulering av en mellanvåning.

I detta fall, precis som vid tidigare simuleringar, utfördes simuleringen för en mellanvåning. Så även här bör siffrorna jämföras relativt och inte i absoluta tal. En förbättring med 92 % kan uppnås jämfört med nuvarande energibehov för uppvärmning i byggnaden. I simuleringarna ingick inte energi för att driva värmeväxlaren som vid maxdrift drar 72 W/h per mellanvåningsplan (enligt Figur 26 totalt 22 InVenter 14 och 1 InVenter twin per våningsplan). Det motsvarar ungefärligt 0,2 W/hm². Den extra energi som går åt vid driften av aggregaten skulle kunna tillföras med hjälp av tex solceller som placeras på byggnadens sydvästra tak. Total beräknas energibehovet för samtliga värmeväxlare i byggnaden vara uppskattningsvis 432 W/h.

5 Strategi för fortsatt utveckling

För att vidareutveckla metoder för renovering och testa detta på en exempelbyggnad har en schematisk strategi utvecklats, se figur 31. Varje ombyggnad som genomförs de närmaste åren bör utnyttjas för att bygga upp kunskapen och samla erfarenheterna för att åstadkomma energieffektiv renovering. Nya aktörer för leverans av luftbehandlingssystem, väggsystem, fönster, dörrar bör involveras för att få fram mer industrialiserade koncept som kan utnyttjas för liknande byggnader som den för kv. Trondheim. Några delar som initialt behöver genomföras är utredning av köldbryggor med hjälp av en termografering. Även en täthetsprovning skulle kunna vara aktuell för att se vilka läckage genom klimatskärmen som är aktuella samt för att identifiera var de svaga punkterna är. Ett verkligt byggprojekt bör sedan genomföras där konceptet med ”hatt och överrock” utvecklas mer praktiskt, en upphandling genomförs enligt det nya konceptet samt att sedan en renovering genomförs. Projektet som genomförs bör dokumenteras tydligt samt att efterföljande utvärdering av genomförda energieffektiviserings insatser genomförs med hjälp av mätning under 1-2 år efter ombyggnad. En erfarenhetsbank vad gäller kostnaden för olika åtgärder bör också byggas upp.



Figur 30. Schema över strategi för vidare utveckling

6 Förbättring av miljöprestandan med föreslagna lösningar

De energieffektiviseringsförslag som redovisats i kapitel "Energisimulering av en mellanvåning" leder förutom minskat uppvärmningsbehov även till minskad miljöpåverkan. De förslag som miljöprestandan har beräknats för är de som ligger utöver den redan planerade renoveringen. Den minskade miljöpåverkan redovisas i Tabell 7 i form av minskad användning av primärenergi och minskade koldioxidutsläpp. Att redovisa primärenergiförändringen är ett sätt visa hur åtgärderna påverkar användningen av primära energikällor, vilket då inkluderar energiförluster som uppstått för att producera den köpta energin.

Tabell 7. Beräknad minskad miljöpåverkan av de förslag för förbättringar som föreslås i tabell 3 jämfört med den planerade renoveringen. Alla siffror är beräknade för en mellanvåning och avrundade till närmaste tiondel.

Åtgärd utöver planerad renovering	Relativ förbättring utöver planerad renovering (värmebehov)	Minskad användning av primärenergi utöver planerad renovering (kWh/m ² och år)	Minskade utsläpp av CO ₂ utöver planerad renovering (kg CO ₂ /m ² och år)
Lufttäthet	3 %	0.7	0.1
Lufttäthet 0,3 l/sm ² + Värmeväxlare 85 %	32 %	7.2	0.7
Fönster och dörrar 1,0 W/m ²	17 %	4,0	0.4
Fönster och dörrar 1,0 W/m ² + lufttäthet 0,3 l/sm ²	21 %	4.6	0.5
Fönster och dörrar 1,0 W/m ² K + Väggar 0,213/0,168 W/m ² K	25 %	5.6	0.6
Samtliga åtgärder tillämpas	55 %	12.2	1.3
Konceptet med överrock tillämpas	80 %	17,4	1,8

Minskningen av primärenergi är något mindre än minskningen i köpt energi. Det beror på att Fortum, som levererar fjärrvärmesom används för uppvärmning, använder avfall med en primärenergifaktor som är mindre än 1, då det finns få alternativ till förbränning av avfall⁸, samt att de har kraftvärmeverk som producerar både el och värme. Allokering mellan el och värme görs med primärenergimetoden vilket innebär att nettoelproduktionen från fjärrvärmenätet antas ersätta den långsiktiga marginalelproduktionen och att fjärrvärmesom får tillgodoräkna sig den utsläppsminskningen. Den långsiktiga marginalelproduktionen antas vara ett kondenskraftverk med 60 % verkningsgrad som använder naturgas som bränsle^{9, 10}.

Det mest korrekta sättet att värdera åtgärdernas miljöpåverkan är att undersöka marginalpåverkan i det aktuella energisystemet under åtgärdernas livslängd. För ovanstående åtgärder innebär det att marginalpåverkan i Fortums nordvästra fjärrvärmenät i Stockholm under husets livslängd borde undersökas. Det har dock inte varit möjligt inom ramen för detta projekt. Beräkningar har istället

⁸ SOU, 2008, "Ett energieffektivare Sverige" bilaga 4. Statens offentliga utredningar, SOU2008:25

⁹ Primärenergifaktor på 1,93 kWh primärenergi per producerad kWh el och emissionsfaktor för koldioxid på 0,37 kg per producerad kWh el.

¹⁰ Särholm, E., Jarnehammar, A., Hagberg, L., Öman, A. och Ekvall, T., 2009, Sustainable cities' energy demand and supply for heating and cooling, Svensk Fjärrvärme

gjorts utifrån genomsnittliga miljöpåverkan från Fortums samtliga nät i Sverige för år 2007 med data redovisad av Svensk fjärrvärme¹¹, ¹². Primärenergifaktorn har beräknats till 0,90 kWh primärenergi per kWh levererad värme och koldioxidutsläppen till 0,092 kg per kWh levererad värme¹³. Fortums nordvästra fjärrvärmenät i Stockholm har hög andel biobränsle vilket innebär att de genomsnittliga koldioxidutsläppen är lägre där än för genomsnittet i Fortums nät. Primärenergifaktorn är dock troligtvis något högre eftersom användningen av avfall är lägre än genomsnittet i Fortums nät. Det innebär att koldioxidreduktionen för åtgärderna i Tabell 7 kan vara för höga medan minskningen av primärenergi kan vara något för låg. Engström m fl¹⁴ har räknat på marginalfjärrvärme från typnät. Beroende på typ av fjärrvärmenät så beräknas marginalutsläppen till 0,045 - 0,104 kg per kWh fjärrvärme vilket styrker rimligheten i ovanstående beräkningar.

Vid beräkningarna av miljöpåverkan har inte hänsyn tagits till tillverkningskedet. För att värdera de mest kostnadseffektiva och mest miljöbesparande åtgärderna bör hela livscykeln beaktas i ett fortsatt projekt. Även eventuell extra energi för luftbehandlingssystem kan vara av stor vikt eftersom här används el. El kan i sin tur ge större energiförluster vid framställning och därmed har en högre primärenergifaktor. Även denna extra elenergi behöver beräknas för att en fullständig bild av miljöeffekterna vid renovering ska kunna redovisas men föreslås göras i ett senare projekt.

¹¹ www.svenskfjarrvarme.se

¹² Beräkning av marginalfjärrvärme är komplicerat och måste beakta säsongsvariationer och hur framtida förändringar inom det specifika fjärrvärmenätet beror på ändringar i efterfrågan på värme. Fortums bränsleanvändning, fjärrvärmeleveranser och elproduktion från deras nordvästra fjärrvärmenät eller sammanlagt för deras stockholmsnät kunde inte tas fram inom ramen för projektet.

¹³ Primärenergifaktorerna har hämtats från SOU 2008:25 samt Energimyndighetens rapport ER2006:32 och emissionsfaktorerna för koldioxid har hämtats från Miljöfaktaboken, IVL-rapport B1334B-2.

¹⁴ Engström, R., Gode, J. och Axelsson, U., 2009, Vägledning till metodval vid beräkning av påverkan från förändrad energianvändning på de svenska miljömålen, IVL-rapport B1822.

Appendix 1



Technical Data

<i>type of inVENTer[®]</i>	<i>inVENTer[®] 14R (round) according to registration Z-51.3-156</i>	<i>inVENTer[®] 14V (angular) according to registration Z-51.3-156</i>	<i>inVENTer[®] twin (angular) according to registration in progress</i>
registration	German institute of building technology (DIBT), verified by TÜV Süddeutschland, CE - marked		
wall vent diameter in mm ¹⁾ :	220	210 x 210	140 x 270 height
thickness of wall in mm (solutions for thin walls and tube extensions available):	250 – 460		300-395
airflow in m ³ /h:	13,6 – 29		20-45
power consumption in W:	2 – 3		3-6
noise level in dB(A):	19 – 41		21-42
efficiency of heat recovery η^1_{w} :	0,91 – 0,70		0,88 – 0,68
relation of electrical effect ϵ_{EL} :	54,3 – 23,3		30-18
external weather hood, white (.optional bright*) in mm:	280 x 290 (width x height)		
inner faceplate, white in mm ¹⁾ :	d: 290 (round)		
guarantee:	2 years, 10 years for the ceramic heat accumulator		
working field in °C:	-20 - +50 °C		
norm-difference of sound level*2	40 db	40 dB	-

*1) Please pay attention to the minimum distance of 10 cm from the border of the inVENTer-vent (pipe or canal) to the wall or ceiling for the later assembly of the inner faceplate.

*2) with sound-absorb-insulation „SDS“ (optional)



Planning advices

How much units?

One inVENTer[®]14 is able to ventilate rooms up to 18 m² (if the room height is 2.50 m and an 0.5 air change per hour is requested). That means an airflow of 20 m³/h on level two of the controller. [One inVENTer[®] twin ventilates rooms up to 30 m² (airflow around 30 m³/h)].

inVENTer[®]14 ventilation units are recommended to use in pairs. Use inVENTer twin to ventilate one single room or the 3rd or 5th room.

Place?

inVENTer is to mount in the outer wall. The inVENTer[®]14R (round) needs a hole with diameter of 220 mm (9 inch), inVENTer[®]14V (angular) needs a height x width ever 210 mm (8.5 inch), inVENTer[®] twin needs a vent of 150 mm (6 inch) x 260 mm (10.5 inch) height. To reach an optimal airflow every device should be installed as far as possible from the door (e.g. in the corner of a room in a height of approximately 2 m; they also can be installed between windows).

The minimum distance from the edge of the inVENTer[®] opening (tube or channel) to the wall or to the ceiling has to be 10 cm (4 inch) due to the later installation of the inner faceplate.

Avoid placing sofas or beds under the faceplate.

Doors should be undercut of 5 mm or the hinges have to be unscrewed 5 mm to reach an airflow between the units in the whole house. Units in the top-floor can be installed in the jamb wall.

Controller and wiring

One controller ZR6 is suitable for one or two inVENTer[®]14 or for a single inVENTer[®] twin. The controller ZR10 controls up to 4 inVENTer14 or 2 inVENTer twin. Both controllers run in three airflow modes and have one mode "permanent ventilation without heat recovery" (e.g. for cooling rooms in summer nights).

Controllers have to be wired to the units they control and to the fuse box. They are normally installed in the living room or in the hall. Use one electric fuse for all controllers in a house.

Configuration

After installation you have to configure the airflow direction for „permanent ventilation mode without heat recovery“ by turning one plug of the interbus.

We recommend:

living and bed rooms = supply air
kitchens and bathrooms = exhaust air

Attention: Units starting with exhaust air = units starting with supply air.

Miscellaneous

- It is recommended to use the cooker hood while cooking to remove odours and humidity.
- In very small rooms (e.g. WC) a ventilator GS80 (exhaust ventilator) or GS60 without heat recovery can be installed to switch on if required.
- Unless you have ordered the allergic version please use the allergic filter only during the pollen



time. These filters reduce the airflow by approximately 50 %.

- **Fireplaces**
Pay attention if there are local regulations for ventilation in rooms with fireplaces. Prefer 2 inVENTer14 units or 1 inVENTer twin in rooms with a fireplace, to make sure there will be no negative pressure. Use only stoves with a pipe for supply air.
- Prevent thermal bridges in strong walls, using the SDS (sound absorb insulation) to insulate the outer telescopic tube.
- Prevent black alg spots near the outer hood in humid areas, following the advice of the assembly instruction and coat the plaster near the outer hood with silicate coatings (realize hydrophobe surface). Otherwise prefer silicate plasters. To seal small gaps between the tele tube and the wall vent use special adhesive tape to reach air tightness.



inVENTer[®] Warranty

All our products are covered by guarantee for 2 years.
Furthermore there is a 10 year warranty on the ceramic heat accumulator.
An additional 3 year warranty can be purchased.

Final inspection

Our dealers offer a special service with costs after the inVENTer[®]- system is installed. They inspect your inVENTer[®] units and introduce you in handling them.

Advantages:

You can be sure that everything is mounted correctly and the inVENTer[®]- system works just like it ought to. We issue an additional 6 month guarantee for free.

Service and Maintenance

Caution

Before performing any service to your inVENTer[®], switch off the unit and disconnect power to the unit. The ceramic heat accumulator is fragil. Don't throw it. For fitting and removing use gloves (sharp corners could cause injury).

1. The inner faceplate must be open (left turning) if the fan rotates.
2. If the controller is „off“ close the inner faceplate (right turning)
3. You can change speed and working mode at the controller (vide controller manual)

The inVENTer[®] - ventilation system is developed for continuous use with a minimum of maintenance and service. **We recommend: Use the inVENTer[®] all the year. Energy costs are only about 4 € per unit per year, but you save 40 times more heating energy.**

Maintenance:

inVENTer[®] - dust filter are very durable and can be cleaned several times.

We recommend to clean the **dust filter** as necessary, normally every month. Wash in warm soapy water. Replace the filter when necessary.

The **pollen filter** cannot be cleaned and must be changed as necessary.

The **cartridge** with the heat accumulator should be checked every three month. It can be cleaned in the dishwasher or with the vacuum cleaner. First switch off energy and disconnect then the motor. Now the cartridge with the heat accumulator can be taken out easily.

Check the **fans** once a year. Even if the required maintenance, such as cleaning/changing of filters is carried out, dust and grease may slowly build up inside the fans. This will reduce efficiency. The fans can be cleaned with compressed air and a soft, damp cloth.

You can order replacement filtration materials at your inVENTer[®]-representative or online at: www.inventer.eu

Oeko-Haustechnik inVENTer[®] GmbH - Ortsstraße 4a - D- 07751 Löberschütz - Germany -
Tel.: ++49 36427 – 71884 – www.inventer.eu

