



**SINTEF Byggforsk AS**  
Arkitektur og byggteknikk

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøk: Alfred Getz vei 3  
Telefon: 40 00 67 22  
Telefaks: 73 59 82 85

Foretaksregisteret: NO 989 015 540 MVA

# NOTAT

GJELDER

**Exbo Case – Enebolig i Øvre Hovsbakkan 61, Orkanger**

BEHANDLING

UTTALELSE

ORIENTERING

ETTER AVTALE

GÅR TIL

Tor Helge Dokka (SINTEF BF)  
John Olav Rasmussen (Nordan)  
Runar Danielsen (Systemair)  
Pål Flørenæs (Systemair)  
Marit Thyholt (SINTEF BF)  
Tore Wigenstad (SINTEF BF)  
Karin Buvik (SINTEF BF)

X

X

X

X

X

X

X

ARKIVKODE

GRADERING

Åpen

ELEKTRONISK ARKIVKODE

061026-ExboNotat.doc

PROSJEKTNR.

DATO

SAKSBEARBEIDER/FORFATTER

ANTALL SIDER

50106300

2006-10-17

Bjørn J. Wachenfeldt

21

<b>1</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Beskrivelse av boligen</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Behov for rehabilitering</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Konseptuelle løsninger</b> .....	<b>6</b>
4.1	Utskiftning av vindu.....	6
4.2	Ventilasjon .....	7
4.3	Etterisolering og tettingstiltak .....	9
4.4	Oppvarming.....	10
4.5	Andre tiltak.....	10
<b>5</b>	<b>Konsekvenser mht energi, økonomi og miljø</b> .....	<b>12</b>
5.1	Basismodell .....	12
5.2	Beregninger for primær tiltakspakke.....	14
5.3	Beregninger for sekundær tiltakspakke.....	16
5.4	Beregninger for total tiltakspakke (primær + sekundær) .....	18
5.5	Forbedringspotensiale – balansert ventilasjon .....	19
<b>6</b>	<b>Andre økonomiske vurderinger</b> .....	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>21</b>

## 1 Sammendrag

En bolig i Orkanger med Boareal 125 m<sup>2</sup> planlegges rehabilitert. Aktuelle tiltak er:

1. Installasjon av nye peisovner.
2. Bytte til nye superisolerte vindu
3. Installasjon av balansert mekanisk ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning
4. Etterisolering av kaldloft.
5. Installasjon av nytt styringssystem for oppvarming, bryter for bortefunksjon og energieffektiv belysning og hvitevarer.
6. Innvendig etterisolering av yttervegg i stue.

Tiltakene er vurdert både ut ifra komfort, inneklima og energiøkonomi.

Ut ifra en kvalitativ vurdering er enøk-andelen vurdert å utgjøre ca 1/3 av den totale investeringskostnaden for tiltakene. Med utgangspunkt i 6 % kalkulasjonsrente og en energipris på 1 kr/kWh for strøm og 0,5 kr/kWh for ved, er nåverdien (gevinsten) av den totale tiltakspakken beregnet til 41 570 kr. Tiltakspakken har derfor god lønnsomhet. Spesielt utskiftning av vindu utmerker seg som et robust tiltak med kort nedbetalingstid og god virkning på inneklima. Det er likevel viktig at tiltakene sees i sammenheng.

Installasjon av balansert mekanisk ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning ville sannsynligvis vært et langt bedre energiøkonomisk tiltak dersom EC-viftemotorer hadde vært benyttet istedenfor konvensjonelle, og mindre effektive motorer. Privatøkonomisk merverdi ved benyttelse av EC-motorer er beregnet til 5765 kr.

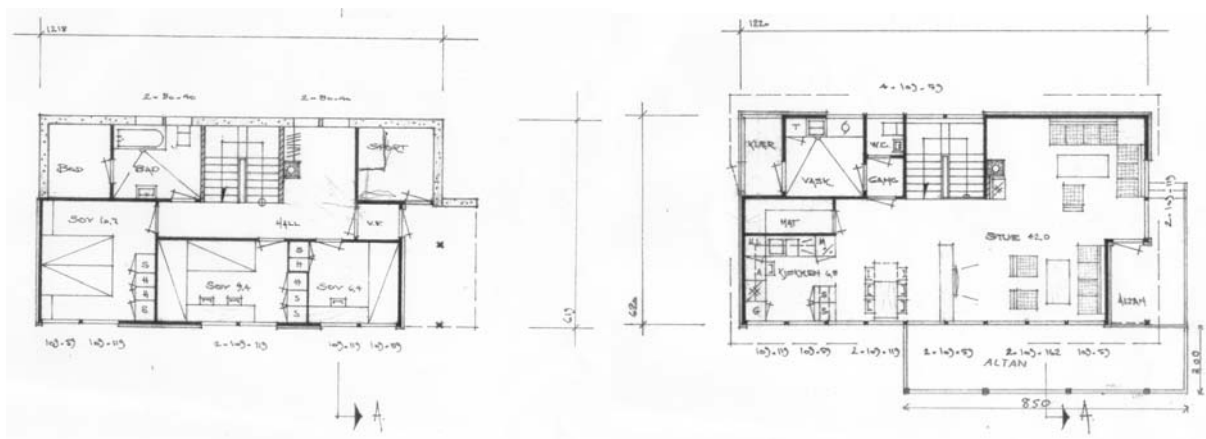
Den totale tiltakspakken medfører at strømforbruket og CO<sub>2</sub> utslipp som følge av energibruk reduseres med 31 %, mens det totale forbruket reduseres med 26 %. Spesifikk vektet energibruk reduseres fra 211 til 147 kWh/m<sup>2</sup>. I henhold til anbefalt energimerkeordning [2] tilsvarer dette en oppgradering fra energimerke E til energimerke B for boligen.

## 2 Beskrivelse av boligen

Huset er del av et større byggefelt med tilsvarende eneboliger bygget i perioden 1980-1985. Husets arkitektur og byggt teknisk standard er typisk for de øvrige husene i boligfeltet, og dessuten for andre hus i Orkanger bygget i samme periode. Huset ble ferdigstilt i 1982.



Figur 1 Øvre Hovsbakkan 61: Inngangsparti mot sør (øverst til venstre), vestfasaden (øverst til høyre), nordfasaden (nederst til venstre) og østfasaden (nederst til høyre).



Figur 2 Originale plantegninger for 1. etg (venstre) og 2. etg (høyre)

Huset har to etasjer pluss kaldloft. Det er bygget i skrått terreng slik at mesteparten av øst-fasaden i 1. etg grenser mot terreng. Bebygd grunnflate er på 75 m<sup>2</sup>. Totalt bruttoareal (BTA) er 145 m<sup>2</sup>, mens boarealet er målt til 125 m<sup>2</sup>. Ytterveggene er isolert med 10 cm mineralull, og kaldloftet er isolert med 15 cm mineralull.

Balkongdør og to stuevindu i røstveggen mot sør i 2. etg ble skiftet ut i 2000. Hovedinngangsdør i 1. etg er også utskiftet nylig. Ellers er det ikke skiftet vinduer eller dører siden huset ble bygget.

Planmessig er alle tre soverom plassert i 1. etg mot vest. I tillegg er vindfang og gang/entre plassert sentralt i 1. etg, mens gang/trapperom, bad og to bodere er plassert i etasjens østre (indre) del. I 2. etage er stue og kjøkken plassert mot vest. Innenfor kjøkkenet er det kjøkkenbod samt vaskerom og toalett mot øst. Vaskerom har eget vindfang m. utgangsdør mot nord.

Det er lagt opp spirokanaler for naturlig avtrekksventilasjon fra matbod, bad og vaskerom med avkast via taklyre. Ellers har bodene i 1. etg egne lufteventiler i yttervegg. Luften kommer inn via vindusspalter og utettheter rundt vinduer og ellers i klimaskjermen. Forøvrig er det installert kjøkkenvifte med avtrekk over tak via egen taklyre.

Det er lagt varmekabler i alle gulv i 1. etg. I tillegg er det installert en liten vedovn av eldre type. I 2. etg. besørger oppvarming av elektriske panelovner montert under noen av vinduene. I tillegg er det installert en peisovn foran pipe.

### 3 Behov for rehabilitering

Bortsett fra utskiftning av to vindu pluss balkongdør er det tidligere kun utført overfladisk oppussing av boligen. Boligen har de siste tre år vært eiet av en familie på tre (to voksne og et barn på to år). Følgende sentrale punkter kan nevnes når det gjelder behovet for rehabilitering:

- Kjøkkenet er utslitt og med upraktisk planløsning. Matboden ønskes fjernet for å få plass til et større, romsligere og mer praktisk kjøkken med integrert spiseplass.
- Vaskeromsløsningen er upraktisk planmessig. Vinfang/bakdør benyttes ikke, og en egen entre inn til toalett/vaskerom medfører unødig bruk av plass. Vaskerommet vurderes ombygget til et moderne kombinert bad/vaskerom som tilfredsstillende dagens våtromsnorm.
- Begge ovnene vurderes byttet ut både av estetiske, praktiske og energiøkonomiske hensyn. I 2. etg. ønskes en peisovn som kan plasseres i hjørne ved siden av pipe (dagens mer plasskrevende plassering er foran pipe) mens det foran pipe planlegges et kombinert vedskap/peishylle med påmontert flatskjerm-tv foran. Samme type tiltak planlegges i 1. etg.
- Boden ved inngangsparti i 1. etg vurderes isolert og innredet slik at det gir rom for en arbeidsplass. Boden ligger rett under søndre del av stue, og benyttes i liten grad i dag. Dette tiltaket vil medføre en økning i boarealet på ca 5,5 m<sup>2</sup>.
- Vinduene er utette, og tildels nedslitte og har dårlige isolasjonsegenskaper (antatt U-verdi 2.8). Av hensyn til komfort ønskes disse utskiftet.
- I tillegg til infiltrasjon benyttes i dag vinduslufting for å sikre tilstrekkelig luftkvalitet, også på vinteren. Dette medfører stor slitasje på enkelte vindu, spesielt på soverommene ettersom de alltid står åpne om natten. Dette er også en dårlig løsning energiøkonomisk. For bedre inn klima og energiøkonomi ønskes det derfor installert et anlegg for balansert ventilasjon med varmegjenvinning.
- Noen av varmekablene i 1. etg har termostatstyring, mens de øvrige bare har trinnregulering. Pga varierende behov natt/dag, og tidsforsinkelse i systemet medfører dette at overskuddsvarme ofte "luftes ut", samt at det ikke alltid er varmt når en skulle ønske det. Det ønskes derfor bedre styring av dette systemet.
- Det finnes ingen sentral styring av belysning/elektrisk utstyr som ikke trenger stå på når en er borte. Det er tungvint å springe rundt å slå av alle lys manuelt, og dra ut kontakter på utstyr som ellers vil stå i "standby" modus. Det ønskes derfor en mulighet for å kunne slå av utstyret vha en bryter ved utgangen (borte-funksjon).
- I forbindelse med rehabiliteringen er det behov for nyanskaffelse av hvitevarer og installasjon/utskiftning av belysningsarmatur
- I stuen er det behov for å legge nytt gulv pga. at det originale vinyl-belegget er utslitt og ellers vil ødelegges i forbindelse med rivning av matbod.
- Forøvrig er det behov for skap/skuffeløsninger som bidrar til god utnyttelse av tilgjengelig plass/rom.

## **4 Konseptuelle løsninger**

### **4.1 Utskiftning av vindu**

Alle vindu i øst og vestfasaden ønskes skiftet ut. Vinduene er 25 år gamle, og har en antatt U-verdi på 2,8. I dette avsnittet gjøres en kvalitativ vurdering av forskjellige faktorer som påvirker vindusvalg.

#### **Redusert transmisjonsvarmetap**

Både av hensyn til komfort og energibruk er det hensiktsmessig med så lav U-verdi som mulig slik at transmisjonsvarmetapet reduseres.

#### **Trekk, kaldstråling og kaldras**

Vinterstid oppleves boligen som trekkfull. Dette skyldes hovedsakelig infiltrasjon/tilluft via vindusspaltene samt kaldras og kaldstråling fra vinduene pga. lav overflatetemperatur på innvendige vindusflater. Alle disse problemene forventes eliminert, men dette forutsetter riktig installasjon av nye, superisolerte vindu. Det er derfor viktig at det velges riktig metode og utførelse ved innsetting av nye vindu slik at en oppnår god lufttetthet rundt vinduskarm. God tetthet vil også forebygge fuktskader som skyldes kondensasjon eller fuktinntregning.

#### **Integrert solavskjerming**

I sommerhalvåret skaper den høye andelen vindu i vestfasaden problemer med blanding pga. sol på ettermiddagene, samt at det blir svært varmt i stue/kjøkken i 2. etg. I dag besørges solavskjerming av utvendige markiser foran det største stuevinduet samt to av de ordinære vinduene i 2. etg. Ellers er det installert en blanding av forskjellige typer innvendige persiener, rullegardiner og vanlige gardiner.

Dette ønskes erstattet med integrerte persiener i kobletramme for å få en mer helhetlig, funksjonell løsning. Denne løsningen vurderes dessuten som elegant og robust ettersom det ytre, koblede glasset beskytter de utvendige persiennene mot slitasje.

Forøvrig ønskes mulighet for å åpne vinduene i sør fasaden samt de fleste av vinduene i vestfasaden som i dag for naturlig utlufting ved behov.

Når det gjelder vinduene i øst-fasaden er det er ikke behov for solavskjerming eller vinduslufting, og vinduenes isolasjonsegenskaper er derfor den sentrale parameteren for vindusvalg her.

#### **Konsekvenser for vedlikehold**

Ved fjerning av vinduslister ble det et par steder oppdaget antydning til fuktskade på innvendig kledningsplate (sponplate) i 2. etg Dette skyldes trolig luftlekkasjer/utettheter som gjør at varm/fuktig luft kondenserer ved utstrømning gjennom disse utetthetene. Uten tiltak ville skadeomfanget trolig blitt større med tiden slik at utbedringstiltak ville blitt nødvendig på sikt. Skadene er likevel så små per idag at utskiftning av vinduene vil løse problemet. Ved innsetting av nye vindu vil det fokuseres spesielt på tettingstiltak for å begrense tilsvarende problem i fremtiden.

Siden mange av vinduene i dag benyttes daglig til lufting, er vinduskarmene spesielt utsatt for fukt og slitasje. Dette gjør at enkelte av dem krever overflatebehandling hvert 3-5 år i form av maling. Ved installasjon av balansert mekanisk ventilasjon, samt bytte til høykvalitets superisolerte vindu, forventes dette vedlikeholdsbehovet eliminert.

## 4.2 Ventilasjon

Kaldloftet gir muligheter for installasjon av ventilasjonsaggregat og plasskrevende ventilasjonskanaler uten at det går på bekostning av plassutnyttelse ellers i boligen. Men ettersom boligen har to etasjer er det likevel en utfordring å få installert og integrert føringsveier for ventilasjonsluft ned til 1. etasje på en enkel, praktisk, lite plasskrevende og god måte. Omfanget av rehabiliteringen, som både omfatter legging av nytt gulv i 2. etg og flytting av innervegger, gjør likevel at det åpner seg mange muligheter når det gjelder integrasjon av ventilasjonskanaler.

Introduksjon av balansert mekanisk ventilasjon vil øke ventilasjonsluftmengdene, og følgelig luftkvaliteten i boligen vinterstid betraktelig. Dette til tross for at de gamle vinduene med luftingsspalte erstattes med nye vindu uten luftingsspalte installert på en slik måte at infiltrasjonen rundt vinduet minimaliseres. I tillegg gir den mekaniske ventilasjonen god kontroll på tilluftstemperaturen.

Kombinert med økt lufttetthet (pga nye vindu) er balansert ventilasjon med varmegjenvinning dessuten et meget godt tiltak for å redusere energibehovet i boligen. Det planlegges derfor for tilpasning av et balansert mekanisk ventilasjonsaggregat med en høyeffektiv, roterende varmegjenvinner.

### Ventilasjonseffektivitet

På tross av høyeffektiv varmegjenvinning vil energibruken til oppvarming øke ved økt ventilasjonsluftmengde. Dette da en likevel ikke vil kunne gjenvinne all varmen fra avtrekksluften, samt at effektiviteten på gjenvinneren avtar med økende luftmengde. I tillegg vil energibruken til viftedrift øke ved økt ventilasjonsluftmengde. Det er derfor viktig å utnytte friskluften så effektivt som mulig.

Av hensyn til dette, samt til varmefordeling og utbalansering av naturlige trykkforskjeller mellom 1. og 2. etg, er det valgt å kjøre all tilluft via soverom i 1. etg. Disse rommene har lengst oppholdstid totalt sett, og luftkvalitet har derfor høyeste prioritet her. Om ingen oppholder seg på soverommene, vil likevel ventilasjonsluften utnyttes ved at det installeres overstrømningsventiler fra soverom til gang/entre i 1. etg.

Fra gang/entre i 1. etg vil ca. 10% av luften strømme videre inn til badet i 1. etg. Resten av luften vil strømme opp til 2. etg. via den åpne trappesjakten. Luften vil ha noe lavere temperatur enn luften i stuen, og derfor fordele seg utover gulvet i stue/kjøkken på samme måte som en fyller opp et basseng med vann. Dette kalles fortregningsventilasjon, og vil i dette tilfellet være en mer effektiv ventilasjonsform enn omrøringsventilasjon av følgende grunner:

- De fleste forurensningskildene i stue/kjøkken avgir varme (personer, elektrisk utstyr, komfyr e.l.)
- Pustesonen er relativt lav i forhold til takhøyden
- Det ligger til rette for god luftfordeling på tilluftssiden uten fare for trekk

Den varme og evt. forurensede luften oppunder tak i stue/kjøkken trekkes av via takventiler og overstrømningsventil over døren inn til bad/vaskerom i 2. etg. Bruken av fortregningsventilasjon bidrar til bedre luftkvalitet enn omrøringsventilasjon ville gitt med tilsvarende luftmengder.

Under vanlige driftsbetingelser vil mesteparten av luften trekkes av fra bad/vaskerom. Denne luften har således blitt utnyttet først på soverom (i tilfelle det oppholder seg noen der) dernest i stue/kjøkken oppe, og til sist på badet oppe. Effektiv ventilasjon, kombinert med at rommene prioriteres etter oppholdstid, gjør at en på en enkel måte sikrer god luftkvalitet i hele boligen med relativt lave luftmengder.

En alternativ strategi for å redusere luftmengdene uten negative konsekvenser for luftkvalitet ville vært å anvende behovsstyring. Dette ville imidlertid medføre økte kostnader, økt bruk av kanaler/ventiler (flere tilluftspunkter), og generelt et mer komplekst system med høyere risiko for driftsproblemer.

### **Varmefordeling**

I kalde perioder blir det spesielt kaldt på soverommene nede. Dette da den naturlige oppdriftseffekten i huset er spesielt sterk i slike perioder. Dette øker innstrømningen av kald uteluft gjennom vindusspalter og utettheter i de nedre delene av fasaden. Midtvinters fyres det gjerne med ved oppe, mens det i overgangsperiodene (vår/høst) ofte kommer inn så mye solvarme oppe at dette ikke er nødvendig.

Siden varm luft er lettere enn kald luft, kommer likevel aldri den varme luften fra 2. etg. til nytte nede i 1. etg. Dette gjør at det raskt blir ukomfortabelt varmt oppe, samtidig som det er ukomfortabelt kaldt nede. Temperaturen nede kan heves ved å øke varmepådraget på varmekablene nede, men dette vil i så fall gi enda mer overskuddsvarme oppe. Resultatet blir at en må lufte ut varmen oppe, og dette er en tungvindt og dårlig energiøkonomisk løsning.

For å avhjelpe problemet planlegges derfor installert en avtrekksventil med god kapasitet rett over peisovnen oppe. Dette avtrekket kan åpnes/lukkes vha. en bryter avhengig av om det er varmt oppe eller ikke. Ved fyring i peisen vil da en del av konveksjonsvarmen fra ovnen kunne trekkes av. Varmen i denne avtrekksluften vil tilføres friskluften via den høyeffektive varmegjenvinneren. Siden friskluften blir fordelt til alle rommene nede gjør dette at en får betydelig bedre fordeling av varmen fra peisovnen, eller evt. overskuddsvarmen pga solinnstråling oppe. Beregninger viser at med de aktuelle luftmengdene, vil en kunne få tilført 100-400 W på hvert av de fire rommene nede via ventilasjonsluften.

Dette vil kunne være et spesielt godt konsept for boliger over flere etasjer med de kaldeste rommene i de lavere etasjene.

### **Prosjektering**

Prosjekteringen av anlegget har blitt gjennomført med spesiell fokus på følgende:

- Ivareta den konseptuelle løsningen
- Riktig plassering og utforming av luftinntak for å minimere risiko for inntregning av snø/fukt eller annen type forurensning
- Minimalisere behovet for ventilasjonskanaler (riktig plassering av aggregat, tilluftskanaler og avtrekkskanaler)
- Lavt trykkfall i kanalnettet (minst mulig bend, korte føringsveier og kanaldimensjoner som gir lave lufthastigheter) for å redusere energibruk til viftedrift og minske risikoen for støy (susing).
- Riktig utbalansering av trykk i kanalnettet slik at det er minimalt behov for struping av tillufts og/eller avtrekksventiler for å oppnå ønsket luftmengde i de forskjellige rom/soner
- Fornuftig plassering av aggregat og filter med hensyn til tilgjengelighet/vedlikehold
- Estetikk (kun en av tilluftskanalene mellom 1. og 2. etasje var ikke mulig å bygge inn i innervegger, og det ble derfor valgt utførelse i glassklar akrylplast)
- Enkel installasjon med muligheter for utskiftning/rensing av kanaler

### **Oppsummering - ventilasjon**

En god konseptuel løsning kjennetegnes ofte ved at en gjennom riktig kombinasjon av løsninger får gevinster på flere områder (1+1=3 eller mer).



I dette konseptet er det forsøkt å kombinere energieffektiv ventilasjon (god luftkvalitet med lavt luftmengdebehov og god energiøkonomi), med minimal bruk av ventilasjonskanaler (reduerte material og installasjonskostnader), god varmefordeling i huset (god termisk komfort og energiøkonomi), riktig plassering og utforming av luftinntak (minimal risiko for fuktproblematikk) og robuste, enkle løsninger som er effektive uten behov for avansert styring.

### **4.3 Etterisolering og tettingstiltak**

Ettersom det her er snakk om en relativt omfattende rehabilitering, og planlegges installert balansert mekanisk ventilasjon, er det naturlig å se på muligheten for etterisolering og tiltak for å øke lufttettheten av klimaskjermen.

#### **Utvendig etterisolering av fasader**

Utvendig etterisolering er optimalt mht. å redusere varmetapet fra boligen. De svakeste punktene isolasjons- og tetthetsmessig er overgangen mellom ringmur/yttervegg i 1. etg. Her er det en betydelig kuldebro. Skal denne elimineres må imidlertid grunnmuren isoleres fra under bakken og opp, noe som nødvendigvis gjør graving. For at kledningen skal komme på utsiden av den etterisolerte muren bør dette kombineres med utforing og etterisolering av bindingsverksveggen. Basert på erfaringstall er alle disse tiltak er hver for seg vurdert til for kostnadskrevenne til at de er lønnsomme.

Dette kunne likevel ha stilt seg annerledes dersom det eksempelvis hadde vært behov for utskiftning av drenering, og/eller utskiftning av bordkledning på fasadene. Det er likevel ingenting som tyder på skade på drenering, og utvendig kledning er godt vedlikeholdt. I fremtiden kan det likevel bli aktuelt med utvendig etterisolering. Tiltak som kan komme i konflikt med eventuell fremtidig utvendig etterisolering av boligen bør derfor unngås.

#### **Innvendig etterisolering av fasader**

Der det skal gjøres noe med innvendige veggflater kan det være aktuelt med innvendig etterisolering.

I forbindelse med utskiftning av kjøkken skal det monteres gipsplate i røstveggen i nord for å hindre skade på fliser som skal legges. Det er derfor vurdert lagt et ekstra lag med isolasjon her. Dette har likevel vist seg problematisk. Hovedgrunnen er at det nærmeste vinduet i den tilliggende vestfasaden ligger helt inntil røstveggen. Skal røstveggen fores ut innover, må derfor vinduet flyttes, noe som vil generere betydelig merarbeid og dessuten medføre uønskede fasadeendringer.

Forøvrig er det meget knapt med plass til kjøkkenvask og kjøleskap på kjøkkenet, og utforingen kan medføre at kjøleskapet forskyves så langt innover i rommet at det kommer i konflikt med døren inn til vaskerom/bad.

Vestfasaden vurderes også utforet og etterisolert innvendig, men også her er det begrenset med plass til rådighet. Dette er dessuten et ganske omfattende og kostnadskrevenne tiltak. Tiltaket vil derfor vurderes mht plass og kostnader før det eventuelt iverksettes.

På nytt bad/vaskerom skal alle overflater totalrehabiliteres. Det skal legges fliser innvendig, og alle vindu skal skiftes ut. I forbindelse med dette er det aktuelt å fore ut og etterisolere vegg innover. I tillegg til å redusere varmetapet vil dette være gunstig i forhold til plassering av rør ned til "teknisk rom" under ettersom murveggen i etasjen under er tykkere. Etterisolering vil dessuten redusere risikoen for kondensasjon/fuktproblemer i konstruksjonen. Pga. mangel på plass er det neppe aktuelt med mer enn 5-10 cm etterisolering her.

Forøvrig er boden innenfor bad i 1. etg vurdert etterisolert innvendig, men pga. kabling og rør er dette vanskelig å få til uten å måtte gjøre betydelige og følgelig kostnadskrevenende endringer når det gjelder røropplegget og plassering av strømkabler fra sikringskap..

### **Etterisolering av kaldloft**

Etterisolering av kaldloft er et relativt enkelt tiltak. Etterisolering vil foretas etter at isolasjonskanalene er lagt, eksempelvis vha rullprodukt. Mange av isolasjonskanalene vil på denne måten bli dekket av et tykt lag isolasjon (typisk 15 cm), noe som gjør at de ikke trenger egen isolering.

## **4.4 Oppvarming**

Oppvarming av boligen besørges i dag av elektriske varmekabler i 1. etg, elektriske panelovner i 2. etg samt vedovner i både 1. og 2. etg.

### **Styring**

Panelovnene er termostatstyrt, og det samme gjelder noen av varmekablene gang/entre samt ett av soverommene. Pga varierende behov natt/dag, og tidsforsinkelse i systemet hender det ofte at overskuddsvarme ofte luftes ut, samt at det ikke alltid er varmt når en skulle ønske det. Det ønskes derfor bedre styring av dette systemet.

Det planlegges derfor installert et system med tidsstyring i tillegg til eksisterende termostatstyring.

### **Nye vedovner**

Begge ovnene vurderes byttet ut både av estetiske, praktiske og energiøkonomiske hensyn.

Eksisterende ovn i 2. etg er plassert foran pipe, noe som opptar mye av plassen i salongen. Selv om ovnen er effektiv, har den en gammeldags design, med lite innsyn til flammene og tungvindt rensing av brennkammer. Det er derfor ønskelig med en ny peisovn som har en utforming tilpasset plassering i hjørne ved siden av pipen, som gir innsyn til flammene fra hele stuen. Dette vil dessuten gi plass til et kombinert vedskap/peishylle med påmontert flatskjerm-tv foran pipe. Over peisovnen plasseres det et ventilasjonsavtrekk med stor kapasitet slik at en del av varmen vil kunne fordeles til soverommene nede (se avsnitt 4.2 om ventilasjonssystemet).

Også i 1. etg. er vedovnen plassert foran pipe. Denne ovnen er dessuten av eldre modell med dårlig effektivitet. Det planlegges derfor installert peisovn som har en utforming tilpasset plassering i hjørne også her.

Totalt sett ventes det at nye peisovner og mer funksjonelle løsninger for oppbevaring av ved vil bidra til at en økt andel av oppvarmingen skjer vha. vedfyring.

## **4.5 Andre tiltak**

Tiltakene nevnt så langt fokuserer på å øke komfort, bedre inneklima og redusere energibruken til oppvarming. Ettersom både hvitevarer og brunevarer skal skiftes ut, og nye belysningsystemer skal installeres, vil valgene som gjøres når det gjelder dette påvirke energibruken i boligen.

Det planlegges bruk av energieffektiv belysning (type LED eller tilsvarende) der dette er hensiktsmessig. Likeledes vil det installeres (kun) et kombinert kjøle og fryseskap av høy energiklasse.

Det planlegges også tilrettelegging av en sentral bryter ved utgangen som gir mulighet til å slå av alt utstyr/belysning som ikke trenger stå på når boligen ikke er i bruk (borte-funksjon) uten å måtte dra ut kontakter og slå av lys manuelt.

## 5 Konsekvenser mht energi, økonomi og miljø

Tiltakene beskrevet over vil redusere boligens energi og effektbehov og påvirke andelen biobrensel som benyttes til oppvarming. Dette medfører reduserte driftskostnader, og redusert utslipp av klimagasser.

Etterisolering av kaldloft er det tiltaket som kommer nærmest et rent enøk-tiltak. Dette tiltaket vil likevel påvirke komfort ettersom det vil medføre varmere overflatetemperatur på himling vinterstid. Siden tiltaket også omfatter isolering av ventilasjonskanaler, er det med på å redusere risiko for kondensasjon i kanalene samtidig som det sikrer jevn tilluftstemperatur for alle tilluftsventiler. Dessuten bidrar etterisoleringen til at behovet for en panelovn forsvinner.

Dette viser at det er viktig å vurdere alle tiltak, også de som normalt regnes som typiske enøk tiltak, i lys av hele tiltakspakken.

For å vurdere konsekvensene mht energi, økonomi og miljø er det laget en beregningsmodell for boligen i beregningsverktøyet Energi i Bygninger (EiB). Dette er en forenklet modell der hele boligen regnes som en sone, men den er likevel godt egnet til å vurdere virkningen av de aktuelle tiltakene.

### Energipriser og rente

Det er vanskelig å beregne fremtidig prisutvikling på energibærere. Pga. faren for kraftmangel i Trøndelag og Møre og Romsdal ventes økende kraftpriser de neste år. En økning i vedprisene må også forventes, men pga. bedre tilgang antas det at denne ikke vil være like sterk som prisøkningen på elektrisk kraft.

I de energiøkonomiske vurderingene er prisen på strøm satt til 1 kr/kWh, mens prisen på ved er satt til 0,5 kr/kWh. For eksisterende vedovner er det antatt en effektivitet på 50 %, hvilket gjør at de to energibærerne kommer likt ut prismessig i forhold til å dekke boligens oppvarmingsbehov. Ved økt effektivitet for vedovnene vil det imidlertid lønne seg å fyre med ved.

Ettersom det her regnes utifra et privatøkonomisk perspektiv, er det antatt 6 % rente på investert beløp. Dette er på linje med de fastrenteavtalene som tilbys i dagens marked.

### 5.1 Basismodell

Basismodellen er laget med utgangspunkt i eksisterende byggtekniske og systemtekniske løsninger, og hvordan boligen brukes/driftes i dag.

Det er antatt en infiltrasjon på 0,3 omsetninger/h, hvilket tilsvarer 90 m<sup>3</sup>/h eller 25 l/s. På natten (21:00-09:00) benyttes i tillegg vinduene på soverommene til lufting, og det antas at de åpne vinduene bidrar med ytterligere 100 m<sup>3</sup>/h (27,8 l/s).

Videre er det antatt at boligen varmes opp til 18 °C mellom 07:00 og 23:00, mens temperaturen tillates å falle til 16 °C om natten mellom 23:00 og 07:00.

Total installert effekt for elektrisk rom oppvarming er satt til 8 kW. Når dette ikke er tilstrekkelig, antas det at en fyrer med ved. Maks effekt for vedovnene er også satt til 8 kW totalt, dvs. at total installert effekt for romoppvarming utgjør 16 kW. For øvrige forutsetninger, se vedlagte inndatafil [1]

Tabell 1 viser beregnet årlig brutto energibehov, dvs.kjøpt energi. Beregningene stemmer bra med siste års forbruk. For å estimere CO<sub>2</sub> utslipp som følge av elektrisk forbruk er det benyttet en

utslippskoeffisient på 348 g CO<sub>2</sub>/kWh nylig beregnet av SINTEF Byggforsk [2]. Vektet tilført energi er også beregnet med samme kilde, der vektingsfaktoren for ved (biobrensel) er satt til 0,25.

*Tabell 1 Beregnet årlig brutto energibehov (kjøpt energi) og utslipp pga. energibruk før tiltak*

Energikilde	Årlig energiforsyning (brutto energibehov)		Vektet energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	Utslipp pga. energibruk			
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]		CO <sub>2</sub> [kg]	SO <sub>2</sub> [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	Part.[kg]
1. Elektrisitet	25472	204	204	8864	0	0	0
2. Biobrensel	3510	28	7	0	0,02	0,07	0,755
<b>Totalt</b>	<b>28982</b>	<b>232</b>	<b>211</b>	<b>8864</b>	<b>0,02</b>	<b>0,07</b>	<b>0,755</b>

Beregnet netto energibudsjet og varmetapsfordeling er vist i Tabell 2 og 3. Tallene viser at boligen har et årlig netto energibehov på 218 kWh/m<sup>2</sup>. Dette er omtrent på linje med gjennomsnittet eneboliger boliger i Norge.

Luftoppvarming utgjør 77 % av totalen, og er således klart dominerende. Tabell 3 viser at mesteparten av varmen tapes gjennom yttervegger og vinduene/dører, samtidig som ventilasjon/infiltrasjon, gulv mot grunn og tak mot kaldloft også bidrar betydelig til varmetapet. Dette indikerer stort potensial for forbedringer, både når det gjelder isoleringstiltak og tettingstiltak kombinert med overgang til balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning.

*Tabell 2 Netto energibudsjet før tiltak*

Formål	Årlig netto energibehov	
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]
1. Romoppvarming (77.1%)	20988	168
2. Varmebatterier (0.0%)	0	0
3. Vannoppvarming (12.9%)	3504	28
4. Vifter og pumper (0.0%)	0	0
5. Belysning (5.0%)	1367	11
6. Teknisk utstyr (5.0%)	1367	11
7. Romkjøling (0.0%)	0	0
8. Kjølebatterier (0.0%)	0	0
<b>Totalt årlig netto energibehov</b>	<b>27227</b>	<b>218</b>

*Tabell 3 Varmetapsfordeling før tiltak*

Fordeling – varmetap	Årlig varmetap	
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]
1. Yttervegger (29.2%)	9417	75
2. Tak – til kaldloft (12.0%)	3875	31
3. Gulv på grunn/kjeller (16.5%)	5335	43
4. Vinduer/ytterdører (24.3%)	7833	63
5. Infiltrasjon (11.3%)	3643	29
6. Ventilasjon (6.7%)	2149	17
<b>Totalt varmetap</b>	<b>32252</b>	<b>258</b>

## 5.2 Beregninger for primær tiltakspakke

Med utgangspunkt i de konseptuelle løsningene beskrevet i avsnitt 4, er følgende tiltak vurdert som del av en primær tiltakspakke:

1. Installasjon av nye peisovner. Dette tiltaket vil uansett gjennomføres for å få en bedre tilpasset og mer elegant løsning, men vil samtidig bidra til mer effektiv forbrenning og øke andelen av biobrensel (ved) til oppvarming. Tiltaket vil dessuten gi en svært synlig kvalitetsheving av boligen.
2. Bytte til nye superisolerte vindu vil i tillegg til å redusere varmetapet fra bolige betydelig gi bedre komfort (mindre kaldstråling og kaldras), bedre lufttetthet, gi en mer elegant løsning mht solavskjerming, vil medføre mindre vedlikehold. I tillegg vil også dette tiltaket vil gi en synlig kvalitetsheving av boligen.
3. Installasjon av balansert mekanisk ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning er hovedsakelig et komfort og inneklimateiltak. I kombinasjon med bytte av vindu, og følgelig redusert infiltrasjon, vil tiltaket pga. varmegjenvinningen også redusere oppvarmingsbehovet.
4. Etterisolering av kaldloft er et enkelt og rimelig tiltak som i tillegg til å redusere transmisjonsvarmetapet til loftet og kaldstråling fra himling også bidrar til isolasjon av ventilasjonskanalene på loftet. Dette reduserer varmetap fra kanalene, og reduserer risikoen for kondensasjon.

*Tabell 4 Beregnet årlig brutto energibehov (kjøpt energi) og utslipp pga. energibruk etter primær tiltakspakke*

Energikilde	Årlig energiforsyning (brutto energibehov)		Vektet energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	Utslipp pga. energibruk			
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]		CO <sub>2</sub> [kg]	SO <sub>2</sub> [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	Part.[kg]
1. Elektrisitet	18817	151	151	6548	0	0	0
2. Biobrensel	3658	29	7	0	0,02	0,07	0,037
<b>Totalt</b>	<b>22475</b>	<b>180</b>	<b>158</b>	<b>6548</b>	<b>0,02</b>	<b>0,07</b>	<b>0,037</b>

*Tabell 5 Netto energibudsjett etter primær tiltakspakke*

Formål	Årlig netto energibehov	
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]
1. Romoppvarming (66.5%)	14348	115
2. Varmebatterier (0.0%)	0	0
3. Vannoppvarming (16.3%)	3504	28
4. Vifter og pumper (4.5%)	973	8
5. Belysning (6.3%)	1367	11
6. Teknisk utstyr (6.3%)	1367	11
7. Romkjøling (0.0%)	0	0
8. Kjølebatterier (0.0%)	0	0
<b>Totalt årlig netto energibehov</b>	<b>21559</b>	<b>172</b>

Tabell 4 viser beregnet årlig brutto energibehov (kjøpt energi) og utslipp etter gjennomføring av tiltakene. Tabellen kan sammenlignes med Tabell 1, som viser samme tall før tiltak. Vi ser at selv om tiltakene reduserer det totale energibehovet betydelig, er vedforbruket er så og si uforandret. Årsaken til dette er at installert elektrisk oppvarmingskapasitet er redusert som en del av tiltakene. Strømforbruket er likevel redusert med 6655 kWh som følge av tiltakene, hvilket tilsvarer en reduksjon på 26%. CO<sub>2</sub> utslippene er redusert tilsvarende, mens partikkelutslipp fra vedforbrenningen er kraftig redusert som følge av de nye, høyeffektive ovnene.

Ved å sammenligne Tabell 5 og Tabell 2 ser en at det kun er romoppvarmingsbehovet som er redusert som følge av tiltakene. Etter tiltak utgjør dette 67 % av det totalt netto energibehov mot 77 % før tiltak.

Forbruket til andre formål har imidlertid økt betydelig, og årsaken til dette er energibruken til viftene i ventilasjonsaggregatet.

*Tabell 6 Varmetapsfordeling etter primær tiltakspakke*

Fordeling - varmetap	Årlig varmetap	
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]
1. Yttervegger (34.5%)	9585	77
2. Tak - til kaldloft (12.5%)	3479	28
3. Gulv på grunn/kjeller (19.5%)	5431	43
4. Vinduer/ytterdører (11.9%)	3319	27
5. Infiltrasjon (6.7%)	1854	15
6. Ventilasjon (14.8%)	4120	33
Totalt varmetap	27788	222

Sammenligning av Tabell 6 og Tabell 3 viser at det hovedsakelig er det reduserte varmetapet gjennom vinduer og kaldloft som har bidratt til reduksjonen i romoppvarmingsbehovet. Om en ser infiltrasjon og oppvarming av ventilasjonsluft under ett ser en at oppvarmingsbehovet er nesten uforandret før og etter tiltak.

Dette betyr likevel ikke at introduksjon av balansert ventilasjon medfører økt oppvarmingsbehov. Årsaken er at overskuddsvarme i form av sol eller internlast blir bedre utnyttet (til forvarming av ventilasjonsluft) når det er installert balansert ventilasjon med varmegjenvinning. Totalt sett blir derfor energibehovet redusert, og det til tross for at viftene også trekker betydelig med strøm.

Imidlertid er det viktig å merke seg at det er antatt at det mekaniske anlegget kjører med minimums luftmengder hele tiden. Om en likevel skal oppnå god luftkvalitet i hele boligen forutsetter dette effektiv ventilasjon og en god konseptuell løsning slik beskrevet i avsnitt 4.2. Uansett vil imidlertid introduksjon av balansert mekanisk ventilasjon medført betydelig høyere luftmengder, og tiltaket må derfor hovedsakelig sees på som et inneklimateiltak.

*Tabell 7 Beregninger av lønnsomhet for primær tiltakspakke*

Lønnsomhet prioriterte enøktiltak				
Enøktiltak	Nåverdi [kr]	Inntjeningsstid [år]	Spart energi [kWh/år]	Spart beløp [kr/år]
Nye peisovner	5626	14,1	25	877
vindusutskiftning	26641	11,9	3632	3594
balansert ventilasjon	3349	19,8	2165	1420
etterisolering-kaldloft	2311	22,7	687	654
Sum enøktiltak	37927	14,6	6509	6545

Tabell 8 Økonomiske data for primær tiltakspakke

Økonomiske data for prioriterte enøktiltak – primær tiltakspakke				
Enøktiltak	Investeringskostnad [kr]	Enøkinvesteringskostnad [kr]	Økonomisk levetid [år]	Vedlikeholdsutgifter [kr]
Nye peisovner	41000	8200	50	0
vindusutskiftning	100000	30000	50	-500
balansert ventilasjon	54000	16200	30	500
etterisolering-kaldloft	10000	8000	50	0
Sum	205000	62400	45	0

Tabell 7 spart energi, sparte energiutgifter, inntjeningsstid og nåverdi<sup>i</sup> som følge av de forskjellige tiltak gjennomført i prioritert rekkefølge.

Merk at det likevel er viktig å se disse tiltakene i sammenheng. Eksempelvis vil utskifting av vindu medføre redusert infiltrasjon, som også medfører redusert energibruk. Uten alternativ ventilasjon måtte dette likevel ha blitt kompensert gjennom økt lufting dersom en skulle oppnå samme luftkvalitet i boligen. Den energiøkonomiske gevinsten som skyldes redusert infiltrasjon er derfor vurdert som en del av tiltaket ”Balansert ventilasjon”. Dette betyr at kun redusert transmisjonsvarmetap er tatt med i den energiøkonomiske vurderingen av tiltaket ”Vindusutskiftning”.

Når det gjelder nåverdi og inntjeningsstid er det gjort en kvalitativ vurdering av hvor stor andel av investeringen for de forskjellige tiltak som gjøres av hensyn til energiøkonomi, se Tabell 8. Ettersom denne andelen er vurdert relativt lav for de fleste tiltak, kommer alle ut med positiv nåverdi.

### 5.3 Beregninger for sekundær tiltakspakke

Styring, bortefunksjon og utskiftning av elektrisk belysning og hvitevarer et tiltak som vil påvirke både oppvarmingsbehovet og øvrig energibruken. Ettersom styring involverer nattsenkning, og følgelig full kapasitetsutnyttelse av varmesystemet på morgenen, ville bruk av samme simuleringmodell som for de primære tiltak innebære vedfyring på morgenen for å nå ønsket temperatur. Dette vil ikke skje i praksis, det er derfor sett bort fra bruk av peisovner i vurdering av styring/bortefunksjon og utskiftning av elektrisk belysning og hvitevarer som tiltak.

Etterisolering av vestfasaden er av flere grunner et usikkert tiltak, og er derfor også vurdert som del av sekundær tiltakspakke.

Tabell 9 Beregnet årlig brutto energibehov (kjøpt energi) og utslipp pga. energibruk etter sekundær tiltakspakke forutsatt all oppvarming vha elektrisitet

Energikilde	Årlig energiforsyning (brutto energibehov)		Vektet energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	Utslipp pga. energibruk			
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]		CO <sub>2</sub> [kg]	SO <sub>2</sub> [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	Part.[kg]
1. Elektrisitet	21547	172	172	7498	0	0	0
2. Biobrensel	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	21547	172	172	7498	0	0	0

<sup>i</sup> Nåverdi er en av de mest brukte lønnsomhetskriteriene for tiltak, og den danner også grunnlaget for mange andre lønnsomhetsberegninger. Nåverdien til et tiltak er summen av alle årlige netto besparelser diskontert ned til investeringstidspunktet og fratrukket investeringen. Tiltaket er da lønnsomt hvis nåverdien er positiv.



Tabell 10 Beregninger av lønnsomhet for sekundær tiltakspakke

Lønnsomhet prioriterte enøktiltak					
Enøktiltak	Nåverdi [kr]	Inntjeningstid [år]	Spart energi [kWh/år]	Spart beløp [kr/år]	
Styring og energieffektiv belysning og hvitevarer		1230	10,8	642	642
Innvendig etterisolering av vest fasade		2423	22,2	661	661
Sum enøktiltak		3653	15,7	1303	1303

Tabell 11 Økonomiske data for sekundær tiltakspakke

Økonomiske data for prioriterte enøktiltak				
Enøktiltak	Investeringskostnad [kr]	Enøkinvesteringskostnad [kr]	Økonomisk levetid [år]	Vedlikeholdsutgifter [kr]
Styring og energieffektiv belysning og hvitevarer	20000	5000	15	0
Innv. etterisolering av vest fasade	10000	8000	50	0
Sum	20000	13000	36,5	0

Tabell 9 viser kjøpt energi etter primær tiltakspakke uten bruk av vedovner. Ettersom effekt faktoren for strøm er 1, ser vi at dette samsvarer bra med beregnet netto energibehov etter primær tiltakspakke gitt i Tabell 5.

Med dette som utgangspunkt er beregnet spart energi og lønnsomhet for de sekundære tiltakene vist i Tabell 10. Nåverdi og inntjeningstid er basert på antatte kostnader gitt i Tabell 11. Vi ser at de medfører ytterligere besparelser på henholdsvis 640 og 661 kWh med elektrisk energi, og begge tiltak vil være lønnsomme med de antatte økonomiske forutsetninger.

#### 5.4 Beregninger for total tiltakspakke (primær + sekundær)

Den kombinerte effekten av primær og sekundær tiltakspakke beregnes eksplisitt ved å anta at sekundær tiltakspakke ikke påvirker vedforbruket, men kun bidrar til redusert strømforbruk.

*Tabell 12 Beregnet årlig brutto energibehov (kjøpt energi) og utslipp pga. energibruk etter primær og sekundær tiltakspakke*

Energikilde	Årlig energiforsyning (brutto energibehov)		Vektet energi [kWh/m <sup>2</sup> ]	Utslipp pga. energibruk			
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]		CO <sub>2</sub> [kg]	SO <sub>2</sub> [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	Part.[kg]
1. Elektrisitet	17509	140	140	6093	0	0	0
2. Biobrensel	3658	29	7	0	0,02	0,07	0,037
Totalt	21167	169	147	6093	0,02	0,07	0,037

Sammenligning med verdiene fra Tabell 1 ser vi av Tabell 4 at den totale tiltakspakken medfører at strømforbruket og CO<sub>2</sub> utslipp som følge av energibruk reduseres med 31 %, mens det totale forbruket reduseres med 26 %. Spesifikk vektet energibruk reduseres fra 211 til 147 kWh/m<sup>2</sup>. I henhold til anbefalt merkeordning [2] tilsvarer dette en oppgradering fra energimerke E til energimerke B for boligen.

*Tabell 13 Beregninger av lønnsomhet for primær og sekundær tiltakspakke*

Lønnsomhet prioriterte enøktiltak				
Enøktiltak	Nåverdi [kr]	Inntjeningstid [år]	Spart energi [kWh/år]	Spart beløp [kr/år]
Nye peisovner	5626	14,1	25	877
vindusutskiftning	26641	11,9	3632	3594
balansert ventilasjon	3349	19,8	2165	1420
etterisolering-kaldloft	2311	22,7	687	654
Styring og energieffektiv belysning og hvitevarer	1220	10,8	640	640
Innv. etterisolering av vest fasade	2423	22,2	661	661
Sum enøktiltak	41570	14,7	7810	7846

*Tabell 14 Økonomiske data for primær og sekundær tiltakspakke*

Økonomiske data for prioriterte enøktiltak				
Enøktiltak	Investeringskostnad [kr]	Enøkinvesterings- kostnad [kr]	Økonomisk levetid [år]	Vedlikeholdsutgifter [kr]
Nye peisovner	41000	8200	50	0
vindusutskiftning	100000	30000	50	-500
balansert ventilasjon	54000	16200	30	500
etterisolering-kaldloft	10000	8000	50	0
Styring og energieffektiv belysning og hvitevarer	20000	5000	15	0
Innv. etterisolering av vest fasade	10000	8000	50	0
Sum	235000	75400		0

Av Tabell 13 og 14 ser vi at enøk-andelen av investeringene er vurdert til 75 400 kr av totalt 235 000 kr. Forutsatt energipriser på 1 kr/kWh for strøm, og 50 øre per kWh ved, og med en kalkulasjonsrente på 6 %, vil enøk-andelen av investeringene være tilbakebetalt innen 15 år.

### 5.5 Forbedringspotensiale – balansert ventilasjon

På tross av at en i vurderingen av tiltaket balansert ventilasjon både tar hensyn til økt lufttetthet pga. utskiftning av vindu, forutsetter at anlegget kjøres med minimum luftmengder hele tiden og antar konstant temperaturvirkningsgrad på 80 % for varmegjenvinneren, medfører tiltaket relativt liten reduksjon i total energibruk. Dette på tross av at romoppvarmingsbehovet reduseres betydelig som følge av tiltaket. Grunnen er at mye av denne gevinsten spises opp av økt energibruk til viftedrift. Det er derfor naturlig å se på hvilke forbedringer som kan være aktuelle for å redusere dette tapet, og hvordan dette vil på virke energibruken.

Trykkfall i kanalnettet på tilluftssiden (bend og friksjon), pluss luftinntak og tilluftsventiler er beregnet til ca 9 Pascal med de aktuelle luftmengdene. Om vi i tillegg antar 50 Pa trykkfall over tilluftsfilter og 150 Pa over varmegjenvinner, vil en vifte med 100 % virkningsgrad trenge ca. underkant 5.5 W for å levere den aktuelle tilluftsmengden, og tilsvarende på avtrekkssiden.

Når en ser på effektkurven for viftene i aggregatet, vil imidlertid viftene i praksis operere med en effekt på 55 W hver. Med de aktuelle luftmengder tilsvarer dette en spesifikk energibruk til viftedrift (SFP) på ca 4 kWh/m<sup>3</sup>/s, og en energieffektivitet på ca 10 % for viftene. I beregningene er det antatt at de øvrige 90 % blir tilført som varme til ventilasjonsluften. Ettersom viftene er plassert etter varmegjenvinneren, er det likevel bare på tilluftssiden dette varmetapet vil komme til nytte.

Mer effektiv viftedrift kan oppnås gjennom mer optimal design av selve viften eller bruk av mer effektiv viftemotor. Ettersom langt mer effektive motorer er lett tilgjengelig på markedet, er dette den enkleste forbedringen som kan gjøres.

I flere land i Europa er det påbudt med EC-motorer i aggregater ettersom disse er langt mer effektive en konvensjonelle motorer. Typisk vil EC-motorene minske energibruken til viftedrift med ca. 60 %.

Systemair leverer allerede tilsvarende aggregater med EC-motorer til flere europeiske land, men ikke til det norske markedet. Ifølge Systemair<sup>ii</sup> ble det forsøkt introdusert aggregater med denne teknologien i Norge rundt 1999-2000, men pga lav etterspørsel valgte en å avslutte dette prosjektet. Nå er det likevel planer om at dette skal bli standard i nye aggregater.

For å se på hvordan dette vil påvirke energieffektiviteten, er det derfor gjort nye beregninger. Det antas at bruk av EC-motorer vil medføre en reduksjon i SFP-verdien fra 4 kWh/m<sup>3</sup>/s til 1,5 kWh/m<sup>3</sup>/s (tilsv. 60%).

*Tabell 15 Beregnet årlig brutto energibehov (kjøpt energi) og utslipp pga. energibruk etter primær tiltakspakke med SFP redusert fra 4 til 1,5 [kWh/m<sup>3</sup>/s]*

Energikilde	Årlig energiforsyning (brutto energibehov)		Utslipp pga. energibruk			
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]	CO <sub>2</sub> [kg]	SO <sub>2</sub> [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	Part.[kg]
1. Elektrisitet	18356	147	6388	0	0	0
2. Biobrensel	3713	30	0	0,02	0,07	0,037
Totalt	22069	177	6388	0,02	0,07	0,037

<sup>ii</sup> Jfr. Samtale med Pål Flørenæs, Systemair 24.10.2006

Sammenligning mellom Tabell 12 og Tabell 4 viser at mer effektiv viftedrift vil redusere elektrisitetsforbruket med 461 kWh, mens reduksjon i total energibruk er noe mindre (406 kWh) pga. marginalt økt vedforbruk.

*Tabell 16 Netto energibudsjett etter primær tiltakspakke med SFP redusert fra 4 til 1,5 [kWh/m<sup>3</sup>/s]*

Formål	Årlig netto energibehov	
	[kWh]	[kWh/m <sup>2</sup> ]
1. Romoppvarming (68.8%)	14537	116
2. Varmebatterier (0.0%)	0	0
3. Vannoppvarming (16.6%)	3504	28
4. Vifter og pumper (1.7%)	365	3
5. Belysning (6.5%)	1367	11
6. Teknisk utstyr (6.5%)	1367	11
7. Romkjøling (0.0%)	0	0
8. Kjølebatterier (0.0%)	0	0
<b>Totalt årlig netto energibehov</b>	<b>21140</b>	<b>169</b>

*Tabell 17 Beregninger av lønnsomhet for primær tiltakspakke med SFP redusert fra 4 til 1,5 [kWh/m<sup>3</sup>/s]*

Lønnsomhet prioriterte enøktiltak				
Enøktiltak	Nåverdi [kr]	Inntjeningsstid [år]	Spart energi [kWh/år]	Spart beløp [kr/år]
Nye peisovner	5626	14,1	25	877
vindusutskiftning	26641	11,9	3632	3594
balansert ventilasjon	9114	12,9	2568	1839
etterisolering-kaldloft	2297	22,8	689	653
<b>Sum enøktiltak</b>	<b>43678</b>	<b>13,2</b>	<b>6914</b>	<b>6963</b>

Tabell 13 viser at energibruken til viftedrift er redusert betydelig, og dette bedrer også lønnsomheten til tiltaket balansert ventilasjon med varmegjenvinning. Sammenligning av Tabell 7 og Tabell 14 viser at nåverdien til tiltaket har økt fra 3349 kr til 9114 kr, dvs. en økning på 5765 kr.

Dette betyr at ut ifra et privatøkonomisk perspektiv, og med de forutsetningene som er lagt til grunn for beregningene, er et aggregat med EC-motorer fra et verdt mer enn 5765 kr mer enn et aggregat med konvensjonelle motorer.

## 6 Andre økonomiske vurderinger

Rehabiliteringen av boligen vil lånefinansieres. Ettersom dette forventes gi boligen betydelig merverdi, vil likevel ikke lånebetingelsene endres i forhold til i dag.

Enøk-andelen av investeringskostnaden for den totale tiltakspakken er vurdert til 75 400 kr og utgjør 32% av totalen (se Tabell 14). Med utgangspunkt i en effektiv rente på 6 %, vil dette medføre økte renteutgifter på 4524 kr/år. Siden 30 % av dette kan trekkes fra på skatten, er den reelle utgiften 3167 kr.

Av Tabell 12 ser vi at de sparte energiutgiftene utgjør 7846 kr. Årlig gevinst, som evt. kan benyttes til nedbetaling av tiltakene, blir derfor  $7846\text{kr} - 3167\text{kr} = 4679\text{kr}$ .

Tiltakene vil også gi boligen betydelig merverdi. Ved innføring av energidirektivet og tilhørende energimerkeordning, vil boligens kvaliteter bli enda mer synlig. Samtidig forventes etterspørselen etter energieffektive boliger øke. Merverdien forventes således stige betydelig de nærmeste årene som følge av tiltakene.

## 7 Referanser

---

[1] Inndatafil basis

[2] Petersen T., Myhre L., Dokka T.H., Wigenstad T. (June 2005) *Energimerking av boliger*, Byggforsk Report O20461