



**SINTEF Bygg og miljø**  
Arkitektur og byggteknikk

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: Alfred Getz vei 3  
Telefon: 73 59 26 20  
Telefaks: 73 59 82 85

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

Energiøkonomisk analyse av mulige tiltak i forbindelse med rehabilitering av Husby Terrasse.

FORFATTER(E)

Bjørn J. Wachenfeldt og Tor Helge Dokka

OPPDRAGSGIVER(E)

Husby Terrasses Borettslag

RAPPORTNR. STF22 A04506	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Bjørn Breivik	
GRADER. DENNE	ISBN 82-14-03081-1	PROSJEKTNR. 22415500	ANTALL SIDER OG BILAG 14
ELEKTRONISK ARKIVKODE	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Bjørn J. Wachenfeldt	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Inger Andresen	
ARKIVKODE	DATO 2004-02-24	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Siri H Blakstad, Forskningsjef	

## SAMMENDRAG

Denne rapporten beskriver en energiøkonomisk analyse av mulige tiltak i forbindelse med rehabilitering av Husby Terrasse. Tiltakene som er vurdert, er etterisolering av gavlvegg for hjørneleiligheter, innføring av balansert mekanisk ventilasjon med effektiv varmegjenvinning, styrings systemer for behovsstyring av lys, utstyr og ventilasjon, utskifting av balkongdør og vinduer, samt innvendig etterisolering av gulv og tak. Tiltakene er vurdert individuelt for de to hoved-typene av leiligheter i leilighetskomplekset, nemlig de større hjørneleilighetene med en grunnflate på ca. 105 m<sup>2</sup> og de mindre, sentrale leilighetene med en grunnflate på ca. 67 m<sup>2</sup>.

Det er blant annet beregnet hvor stor andel av den totale tiltakspakken som vil kunne betales av sparte energiutgifter for de to leilighetstypene. Denne beregningen viser at dersom den totale investeringen er under ca. 100 000 kr for de store hjørneleilighetene, og 47 000 kr for de sentrale små leilighetene, vil en oppnå økonomisk lønnsomhet (positiv nåverdi) med en tilbakebetalingstid på 14-15 år. Dette betyr med andre ord at 100 000 kr av totalinvesteringen for de store hjørneleilighetene, og 47 000 kr av totalinvesteringen for de små sentrale leilighetene vil tilbakebetales i form av reduserte energiutgifter. Det resterende må begrunnes ut fra andre hensyn som økt komfort, estetikk og generell kvalitetsheving av leilighetene.

Realisering av den totale tiltakspakken for samtlige leiligheter vil medføre en total reduksjon i energiforbruket på ca 1,25 GWh/år, noe som gjør den meget interessant også i forhold til ytre miljøbelastning.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Energi	Energy
GRUPPE 2	Bygg	Building
EGENVALGTE	Rehabilitering	Rehabilitation
	Økonomi	Economy



## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Introduksjon</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Hjørneleilighet (105 m<sup>2</sup>)</b> .....	<b>4</b>
	2.1 Ventilasjon og infiltrasjon .....	4
	2.2 Bygningskropp .....	4
	2.3 Øvrig beregningsgrunnlag .....	6
	2.4 Energiforbruk før tiltak .....	6
	2.5 Reduksjon i energiforbruk og lønnsomhet av tiltak .....	7
	2.5.1 Innvendig etterisolering av gavlvegg .....	7
	2.5.2 Installasjon av ventilasjonsanlegg .....	7
	2.5.3 Styring .....	8
	2.5.4 Bytte av vinduer/balkongdør samt etterisolering av gulv/tak .....	9
	2.6 Energiforbruk etter tiltak .....	10
<b>3</b>	<b>Sentral leilighet (67 m<sup>2</sup>)</b> .....	<b>11</b>
	3.1 Ventilasjon og infiltrasjon .....	11
	3.2 Bygningskropp .....	11
	3.3 Øvrig beregningsgrunnlag .....	11
	3.4 Energiforbruk før tiltak .....	11
	3.5 Reduksjon i energiforbruk og lønnsomhet av tiltak .....	11
	3.6 Energiforbruk etter tiltak .....	12
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>14</b>

## 1 Introduksjon

Denne rapporten beskriver en energiøkonomisk analyse av mulige tiltak i forbindelse med rehabilitering av Husby Terrasse.

Energimessig er det naturlig å skille mellom to typer leiligheter i leilighetskomplekset Husby Terrasse. Forskjellen er størrelsen, samt at de største leilighetene har en yttervegg mot vest eller øst i tillegg til sør fasaden. I tillegg har leilighetene som ligger i tilknytning til tunnel en ekstra yttervegg mot nord. For de øvrige leiligheter grenser denne veggen mot blindkjeller (hulrommet mot grunnen bak leilighetskomplekset), og beregningene presentert her gjelder hovedsakelig for disse leiligheter. Selv om leilighetene med yttervegg mot nord normalt vil ha et noe høyere energiforbruk, kan en imidlertid regne med at lønnsomhetsbetraktningene presentert her også gjelder for disse.

Timebaserte års simuleringer er gjennomført for de to leilighetstypene med programmet Energibruk i Bygninger, Versjon 3.5<sup>1</sup>. Programmet er utviklet for beregning av energibruk og effektbehov på bygningsnivå, samt lønnsomhet for enøktiltak og evaluering mot byggeforskrifter.

De to leilighetstypene er behandlet hver for seg. Grunnlaget for beregningsmodellen for hver av dem blir først grundig diskutert før beregningsresultatene med hensyn til årlig energibruk før og etter tiltak, samt lønnsomhetsbetraktninger blir presentert. Rapporten avslutter med konklusjoner og anbefalinger på bakgrunn av analysen.

## 2 Hjørneleilighet (105 m<sup>2</sup>)

Hjørneleilighetene har en total indre grunnflate på 105m<sup>2</sup> (bredde X dybde=10,9m X 9,6m), og en indre takhøyde på 2.47m. Ca 1/3 av både gulvet og taket grenser mot naboileiligheter, mens det øvrige gulvareal grenser mot blindkjeller, og det øvrige tak-areal utgjør balkonggulvet til leiligheten over og derfor grenser mot utendørs. Mot nord grenser leiligheten mot blindkjeller. Veggen mot øst eller vest utgjør gavlveggen. Veggen på motsatt side av gavlveggen grenser mot trappeoppgang.

### 2.1 Ventilasjon og infiltrasjon

Leilighetene har avtrekksventilasjon uten varmegjenvinning. Avtrekksventiler er plassert på soverom, bad, kjøkken og bod, og luften strømmer hovedsakelig inn via vinduer og vinduspalter. Ventilasjonsluftmengdene er vurdert fra egne feltmålinger og energimessige vurderinger i forhold til rapportert energiforbruk i leilighetene, i tillegg til feltmålinger utført av Enøk-Senteret Nord Trøndelag [1]. Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde er satt til 165 m<sup>3</sup>/h, noe som tilsvarer ca. 0,71 luftskifter pr. time. I tillegg er det antatt infiltrasjon tilsvarende 0,04 luftskifter pr. time, slik at det totale luftskiftet blir 0,75 pr. time.

### 2.2 Bygningskropp

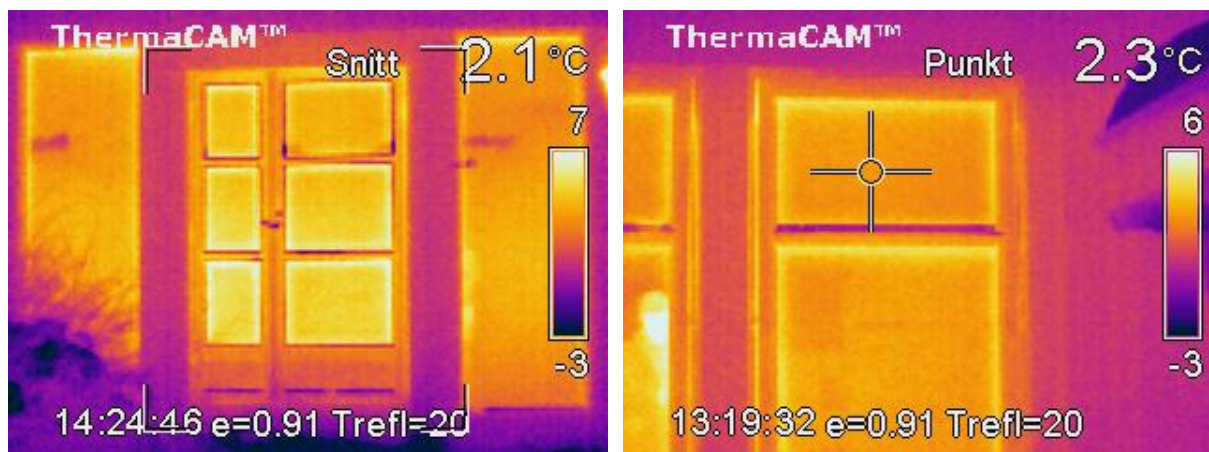
Både kvalitative og kvantitative vurderinger ligger til grunn for beregninger av U-verdier og kuldebroer for bygningskroppen.

---

<sup>1</sup> <http://www.programbyggerne.no>

### Termografering og kuldebrovurderinger

Det ble gjennomført termografering under befaring 7.1.2004. Temperaturen utendørs lå rundt nullpunktet. Utvendig termografering indikerte at varmetapet gjennom sør fasaden hovedsakelig skjer gjennom balkongdøren og vinduene, se Figur 1. Innvendig termografering indikerte betydelig kuldebro i overgangen mellom tak og yttervegg, og tildels i skjæringspunktet mellom gulv, yttervegg og innervegg. I tillegg ble det registrert betydelig infiltrasjon i forbindelse med elektriske koblinger, se Figur 2.



Figur 1. Utvendig termografering av sør fasaden indikerer at balkongdøren har dårlige termiske egenskaper som sammen med vinduene dominerer varmetapet fra fasaden (jo lysere farge, jo varmere overflatetemperatur og følgelig større varmetap).



Figur 2 Innvendig termografering indikerer betydelig kuldebro i overgangen mellom taket og sør fasaden (venstre). I overgang mellom gulv og yttervegg ble det også registrert svært lave overflatetemperaturer, spesielt i forbindelse med elektriske koblingsbokser/brytere (midten). Disse lave temperaturene kan ha sin årsak i en kombinasjon mellom kuldebroer og utettheter i forbindelse med innspenn mellom innervegg-yttervegg/gulv-yttervegg, samt de elektriske installasjonene.

### Beregning av U-verdier og fastsetting av kuldebroverdier

Feltundersøkelser ble gjennomført av Arkideco AS for å undersøke sammensetningen av ytterkonstruksjonen. Dette, sammen med termografering, gav et bra grunnlag for beregning av U-verdier og fastsetting av kuldebroverdier. De beregnede U-verdiene i den ytre konstruksjonen er gitt i Tabell 1 under. Videre er det antatt en moderat kuldebro tilsvarende 0,1 W/mK for overgangen mellom tak og yttervegg mot sør, samt i innspenn mellom etasjeskiller og gavlvegg. Det er også antatt en kuldebro på 0,15 W/mK langs perimeteren mot blindkjeller.

Tabell 1 U-verdier [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ], bygningskropp

Konstruksjon og beskrivelse fra ytterst til innerst	U-verdi [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]	U-verdi etter tiltak
Tak (balkongdekke): 120 mm betong, 50 mm iso, 130 mm betong	0,48	0,30
Gulv: 130 mm betong, oppført 120 mm og isolert med 15 mm isolasjon	0,94	0,32
Yttervegg – sør: isolert med dels 100 mm dels tilleggisolert med 50 mm (ikke tatt hensyn til i beregningene) ved siden av hoved vindusfelt på midten	0,35	0,35
Gavelvegg: stålplater, asfaltplater, betong og inv. plater	1,56	0,53
Yttervegg mot nord Betong og 100 mm pusset treullplate	0,76	0,76
Vinduer	2,5	0,95
Balkongdør	3,0	0,95

### 2.3 Øvrig beregningsgrunnlag

Typiske erfaringstall er benyttet for beregning av tappevannsoppvarming og internlast (personer, teknisk utstyr og belysning). Klimadataene brukt i beregningene er fra Steinkjer, med en årsmiddeltemperatur på  $5,2^{\circ}\text{C}$ .<sup>1</sup> Grensetemperaturen for oppvarming er satt til  $20^{\circ}\text{C}$ . Det er forøvrig antatt at hele energibehovet dekkes av elektrisitet med effektfaktor 1, dvs. intet systemtap. For blindkjeller er temperaturen antatt å svinge som en sinuskurve over året fra  $10^{\circ}\text{C}$  midtvinters til  $20^{\circ}\text{C}$  midt på sommeren. I trappeoppgangen antas tilsvarende svingning med amplituder på  $15^{\circ}\text{C}$  og  $20^{\circ}\text{C}$ . Energiprisen er satt til 0,65 øre/kWh, og kalkulasjonsrenten er satt til 4 % i lønnsomhetsberegninger.

### 2.4 Energiforbruk før tiltak

Årlig energibudsjett (netto energibehov) er presentert i Tabell 2 under. Det totale energibehovet for leiligheten er beregnet til 26862 kWh, hvilket tilsvarer  $256 \text{ kWh}/\text{m}^2$ . Nøyaktige data for målt energiforbruk var ikke kjent på beregningstidspunktet, men udokumenterte opplysninger tyder på at det beregnede forbruk ligger noe lavere enn det virkelige. Det kan være mange grunner til dette. Det har vært antydning at temperaturen i blindkjelleren er høyere enn det som er antatt i beregningene p.g.a. at avtrekksluften går via denne. Dette gjør at varmetapet til denne er noe overestimert. Dette vil imidlertid endres dersom avtrekksventilasjonen blir erstattet med balansert mekanisk ventilasjon, noe som vil resultere i kaldere forhold i blindkjelleren. En annen mulig årsak til overestimert energiforbruk kan være at noen av leilighetene ikke har alle avtrekksventilene åpne til enhver tid, slik at ventilasjonsluftmengdene i realiteten er noe lavere enn det som er antatt. Likevel ser det ut til at beregningene stemmer så bra overens med det observerte forbruk at beregningsmodellen danner et godt grunnlag for å gjøre vurderinger av forskjellige tiltak i forbindelse med rehabilitering.

Tabell 2

Energibudsjett (netto energibehov) [kWh]		
Beskrivelse	Før tiltak	Før tiltak/gulvareal
1. Romoppvarming	17925 kWh	171 kWh/m <sup>2</sup>
2. Varmebatterier	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
3. Vannoppvarming	3434 kWh	33 kWh/m <sup>2</sup>
4. Vifter og pumper	438 kWh	4 kWh/m <sup>2</sup>
5. Belysning	2533 kWh	24 kWh/m <sup>2</sup>
6. Teknisk utstyr	2533 kWh	24 kWh/m <sup>2</sup>
7. Romkjøling	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
8. Kjølebatterier	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt energibehov	26862 kWh	256 kWh/m <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Årsaken til at klimadata fra Værnes ikke ble benyttet er at disse foreløpig ikke er lagt inn i klimadatabasen til Energibruk i bygninger. Bruk av Værnes data ville derfor medført betydelig merarbeid i form av databehandling. Klimaforskjellen mellom Værnes og Steinkjer er imidlertid neglisjerbar for denne typen beregninger.

## 2.5 Reduksjon i energiforbruk og lønnsomhet av tiltak

Når tiltakene vurderes, er det slik at rekkefølgen får relativt stor betydning. Et tiltak får størst effekt når det vurderes alene, mens virkningen typisk avtar når det kombineres med en rekke andre tiltak som gjør at energiforbruket går ned.

En kalkulasjonsrente på 4% er antatt i beregningene, og tiltakene sorteres etter nåverdi. Positiv nåverdi viser lønnsomhet fra et rent energiøkonomisk synspunkt. Andre positive effekter av rehabiliteringstiltakene, f.eks. økt komfort og estetiske aspekter, er ikke tatt hensyn til.

### 2.5.1 Innvendig etterisolering av gavlvegg

Ut fra gitte kostnadsdata, viser det seg at det eneste tiltaket med positiv nåverdi er 5 cm innvendig etterisolering av gavlveggen, se

Tabell 4 under. Dette tiltaket har følgelig fått høyeste prioritet. I beregningene er det forutsatt at U-verdien forbedres fra 1,56 til 0,53, men at kuldebroen ikke påvirkes. Beregningene viser at det årlige energiforbruket for leiligheten blir redusert med 2584 kWh.

### 2.5.2 Installasjon av ventilasjonsanlegg

Det neste tiltaket som er vurdert, er installasjon av et Varmegjenvinningsanlegg VX 400 EV /B B 80% for balansert mekanisk ventilasjon (CAV). Det er regnet med reduksjon av ventilasjonsluftmengden fra 175 til 125 m<sup>3</sup>/h, samt 78% temperaturvirkningsgrad da denne normalt vil reduseres noe fra de opprinnelige 80% over tid<sup>1</sup>. Dette tiltaket medfører en ytterligere reduksjon av årlig energiforbruk på 5247 kWh/år. Med prisen for anlegg inklusive montering angitt av Elnan til 65120 kr inkl. mva pr. leilighet er dette tiltaket likevel ikke lønnsomt, se Tabell 3 og Tabell 4.

Tabell 3

Økonomiske data for prioriterte enøktiltak med gjeldende pristilbud

Enøktiltak	Investeringskostnad inkl. mva.	Økonomisk levetid	Vedlikeholdsutgifter
Etterisolering gavlvegg m.vest	15800 kr	20,0 år	0 kr
Balansert ventilasjon	65120 kr	15,0 år	200 kr
Sum enøktiltak	80920 kr	16,0 år	200 kr

Tabell 4

Lønnsomhet prioriterte enøktiltak

Enøktiltak	Nåverdi	Internrente	Inntjeningstid	Spart energi	Spart beløp
Etterisolering gavlvegg m.vest	7026 kr	8,53 %	12,0 år	2584 kWh/år	1680 kr/år
Balansert ventilasjon	-29426 kr	-3,58 %	42,5 år	5247 kWh/år	3210 kr/år
Sum enøktiltak	-22400 kr	-0,45 %	27,7 år	7831 kWh/år	4890 kr/år

Det er følgelig gjort en beregning for å finne maksimal pris for installasjon av balansert ventilasjon med tanke på lønnsomhet. Dersom prisen for anlegg med montering inkl. mva. er 35 000 kr pr. leilighet, vil inntjeningstiden bli i underkant av 15 år med de antatte økonomiske betingelser, se Tabell 5 og Tabell 6.

Ettersom det her er snakk om leveranse av totalt ca 110 anlegg, er det ikke utenkelig at prisen inkl. montering kan forhandles ned til lønnsomt nivå, dvs. under 35 000 kr inkl. mva. I fortsettelsen er det likevel regnet med gjeldende pristilbud.

<sup>1</sup> NB: Vi har mistanke om at den angitte varmeveksler VX 400 EV/B B en kryssvarmeveksler, og har i så tilfelle betydelig lavere virkningsgrad enn 80 %. Kryssvarmeveksler vil ikke gi en god nok varmegjenvinning over året, og anbefales derfor ikke. Vi har imidlertid valgt å forholde oss til den oppgitte virkningsgrad på 80%.

Tabell 5

Økonomiske data for prioriterte enøktiltak

Enøktiltak	Investeringskostnad inkl mva.	Økonomisk levetid	Vedlikeholdsutgifter
Etterisolering gavlvegg m.vest	15800 kr	20,0 år	0 kr
Balansert ventilasjon	35000 kr	15,0 år	200 kr
Sum enøktiltak	50800 kr	16,6 år	200 kr

Tabell 6

Lønnsomhet prioriterte enøktiltak

Enøktiltak	Nåverdi	Internrente	Inntjeningstid	Spart energi	Spart beløp
Etterisolering gavlvegg m.vest	7026 kr	8,53 %	12,0 år	2584 kWh/år	1680 kr/år
Balansert ventilasjon	694 kr	4,23 %	14,6 år	5247 kWh/år	3210 kr/år
Sum enøktiltak	7720 kr	5,88 %	13,7 år	7831 kWh/år	4890 kr/år

### 2.5.3 Styring

På bakgrunn av tilbud fra CTM utvikling as, er det gjort beregninger av lønnsomheten for styring av lys, utstyr og ventilasjon. Siden styring av ventilasjon er et viktig moment, er det i disse beregninger antatt at ventilasjonsanlegget har blitt installert under gjeldende prisforutsetninger gitt av Tabell 3 og Tabell 4.

Det finnes flere muligheter for optimalisering av styringen, men i denne beregning antas den å inneha følgende viktige momenter med hensyn til energibruk:

- Styring av lys og utstyr via hjemme/bortefunksjon medfører 90 % reduksjon i forbruk til disse formål mellom 08:00 og 16:00, ellers uforandret.
- Innføring av temperatursenkning ned mot 16 °C midt på natten.
- Halvering av ventilasjonsluftmengene dagtid mellom 08:00 og 16:00.

Resultatene er gitt av Tabell 7 og Tabell 8. Resultatene bør sammenlignes med resultatene i Tabell 3 og Tabell 4 over. Styringen medfører en ekstra årlig reduksjon i energiforbruket på 1625 kWh, og tilbakebetalingstiden for styringstiltaket alene er beregnet til 22,4 år. Styringstiltaket er følgelig ikke lønnsomt om en kun legger energiøkonomiske hensyn til grunn.

Tabell 7

Økonomiske data for prioriterte enøktiltak

Enøktiltak	Investeringskostnad	Økonomisk levetid	Vedlikeholdsutgifter
Etterisolering gavlvegg m.vest	15800 kr	20,0 år	0 kr
Balansert ventilasjon	65120 kr	15,0 år	200 kr
Styring	15430 kr	10,0 år	0 kr
Sum enøktiltak	96350 kr	11,6 år	200 kr

Tabell 8

Lønnsomhet prioriterte enøktiltak

Enøktiltak	Nåverdi	Internrente	Inntjeningstid	Spart energi	Spart beløp
Etterisolering gavlvegg m.vest	7026 kr	8,53 %	12,0 år	2584 kWh/år	1680 kr/år
Balansert ventilasjon	-29426 kr	-3,58 %	42,5 år	5247 kWh/år	3210 kr/år
Styring	-3678 kr	0,33 %	22,4 år	1625 kWh/år	1057 kr/år
Sum enøktiltak	-38912 kr	-4,91 %	26,6 år	9456 kWh/år	5947 kr/år

Ytterligere reduksjon i energibruk kan oppnåes ved temperatursenking dagtid, reduksjon av luftmengder på natten e.l. Det siste kan gjøres uten negative konsekvenser for komfort dersom ventilasjon på soverom prioriteres på natten, men dette nødvendiggjør styring av ventilasjons spjeld.

Når det gjelder temperatursenking, er det forøvrig viktig å være oppmerksom på at dette vil medføre høyere effektbehov visse tider på døgnet, noe som ikke er ønskelig dersom maksimal effekt kommer til å brukes som grunnlag for energiprisen. Dette kan imidlertid tildels kompenseres gjennom styring av pådrag på varmtvannstanken, varmekabler eller liknende systemer med stor treghet.

#### 2.5.4 Bytte av vinduer/balkongdør samt etterisolering av gulv/tak

Det er vurdert å bytte ut samtlige vinduer, samt balkongdør, til høykvalitets vinduer/balkongdør med gjennomsnittlig U-verdi på 0,95. (De nåværende vindu er antatt å ha en gjennomsnittlig U-verdi på 2,5, mens balkongdøra er antatt å ha en gjennomsnittlig U-verdi på 3,0).

De gitte prisdata omhandler imidlertid totalrenovering av sør fasaden. Data er trukket ut fra dette tallmaterialet for å beregne kost/nytte effekten av vindusbytte alene.

De neste tiltakene som er vurdert, er etterisolering av gulv gjennom innblåsning av 9 cm ull, og dernest etterisolering av tak med 5 cm Glava eller tilsvarende isolasjon. Det er regnet med at disse tiltak vil forbedre U-verdien i taket fra 0,48 til 0,30, og i gulvet fra 0,94 til 0,32, som angitt i Tabell 4, se side 7. I tillegg er det antatt at disse tiltakene vil eliminere kuldebroene i gulvet mot blindkjeller, samt i taket mot sørfasaden.

Pris inkl. mva. og beregningsresultater er gitt av Tabell 9 og Tabell 10 under.

Tabell 9

Økonomiske data for prioriterte enøktiltak

Enøktiltak	Enøkinvesteringskostnad	Økonomisk levetid	Vedlikeholdsutgifter
Etterisolering gavlvegg m.vest	15800 kr	20,0 år	0 kr
Balansert ventilasjon	65120 kr	15,0 år	200 kr
Styring	15430 kr	10,0 år	0 kr
Bytte av vinduer	41820 kr	20,0 år	0 kr
Etterisolering gulv	31488 kr	20,0 år	0 kr
Etterisolering yttertak	87330 kr	20,0 år	0 kr
Sum enøktiltak	256988 kr	16,9 år	200 kr

Tabell 10

Lønnsomhet prioriterte enøktiltak

Enøktiltak	Nåverdi	Internrente	Inntjeningstid	Spart energi	Spart beløp
Etterisolering gavlvegg m.vest	7026 kr	8,53 %	12,0 år	2584 kWh/år	1680 kr/år
Balansert ventilasjon	-29426 kr	-3,58 %	42,5 år	5247 kWh/år	3210 kr/år
Styring	-3678 kr	0,33 %	22,4 år	1625 kWh/år	1057 kr/år
Bytte av vinduer	-25729 kr	-4,91 %	Uendelig	1821 kWh/år	1184 kr/år
Etterisolering gulv	-18995 kr	-4,67 %	Uendelig	1414 kWh/år	919 kr/år
Etterisolering yttertak	-74547 kr	-11,62 %	Uendelig	1447 kWh/år	941 kr/år
Sum enøktiltak	-158183 kr	-5,38 %	Uendelig	14139 kWh/år	8991 kr/år

Det fremgår at verken vindusbytte eller etterisolering av gulv/tak er lønnsomme tiltak rent energiøkonomisk, selv om hvert av tiltakene reduserer energiforbruket med ytterligere 1400-1900 kWh/år. Imidlertid gjentaes det at disse tiltakene ikke bør sees på som enøk tiltak alene, men i sammenheng med økt komfort, estetikk samt annen aktuell funksjonalitet som eksempelvis lyd demping og eventuell integrasjon av lyssystemer i taket. Selv om ikke de sparte energiutgiftene alene kan betale for tiltakene, kan de derfor likevel være anbefalelsesverdige pga. den generelle kvalitetshevingen. Dersom f.eks. vinduene vurderes skiftet likevel pga. slitasje eller lignende, vil merinvesteringen for å få vinduer med bedre termiske egenskaper være særdeles lønnsom da det er snakk om rundt 1000 kr/år i sparte energiutgifter.

Det er gjort en beregning for å finne ut hvor stor andel av den totale tiltakspakken som vil kunne betales av sparte energiutgifter. Denne beregningen viser at dersom den totale investeringen er under ca. 100 000 kr, vil en oppnå økonomisk lønnsomhet (positiv nåverdi) med en tilbakebetalingstid på ca. 15 år. Dette betyr at 100 000 kr av totalinvesteringen vil tilbakebetales i form av reduserte energiutgifter, mens det resterende må begrunnes ut fra andre hensyn som økt komfort, estetikk og generell kvalitetsheving av leilighetene.

## 2.6 Energiforbruk etter tiltak

Dersom alle tiltak blir gjennomført, er den energimessige besparelsen beregnet til 14139 kWh/år pr leilighet, se Tabell 10. Dette tilsvarer en reduksjon i energiforbruket på 53 % fra dagens nivå, se Tabell 11.

Det går tydelig frem av Tabell 11 at energibruken til romoppvarming (omfatter også forvarming av ventilasjonsluft) er kraftig redusert. Det viktigste bidrag i denne forbindelse er varmegjenvinning av ventilasjonsluften. En kan også se at energibruken til belysning og utstyr er betydelig redusert pga. styringstiltaket.

Tabell 11

Energibudsjett (netto energibehov) [kWh]				
Beskrivelse	Før tiltak	Før tiltak/gulvareal	Etter tiltak	Etter tiltak/gulvareal
1. Romoppvarming	17925 kWh	171 kWh/m <sup>2</sup>	5219 kWh	50 kWh/m <sup>2</sup>
2. Varmebatterier	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>	635 kWh	6 kWh/m <sup>2</sup>
3. Vannoppvarming	3434 kWh	33 kWh/m <sup>2</sup>	3434 kWh	33 kWh/m <sup>2</sup>
4. Vifter og pumper	438 kWh	4 kWh/m <sup>2</sup>	430 kWh	4 kWh/m <sup>2</sup>
5. Belysning	2533 kWh	24 kWh/m <sup>2</sup>	1502 kWh	14 kWh/m <sup>2</sup>
6. Teknisk utstyr	2533 kWh	24 kWh/m <sup>2</sup>	1502 kWh	14 kWh/m <sup>2</sup>
7. Romkjøling	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
8. Kjølebatterier	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt energibehov	26862 kWh	256 kWh/m <sup>2</sup>	12722 kWh	121 kWh/m <sup>2</sup>

### 3 Sentral leilighet (67 m<sup>2</sup>)

De sentrale leilighetene har en total indre grunnflate på 67m<sup>2</sup> (bredde X dybde=7m X 9,6m), og en indre takhøyde på 2.47m. I likhet med hjørneleilighetene, grenser 1/3 av både gulvet og taket mot naboileiligheter, mens det øvrige gulvareal grenser mot blindkjeller, og det øvrige tak areal utgjør balkonggulvet til leiligheten over og derfor grenser mot utendørs. Mot nord grenser leiligheten mot blindkjeller. Veggene mot øst og vest grenser mot oppgang og naboileilighet.

#### 3.1 Ventilasjon og infiltrasjon

Ut fra vurderinger tilsvarende de som er gjort for hjørneleilighetene, se avsnitt 2.1 side 4, er gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde satt til 105 m<sup>3</sup>/h for de små leilighetene, noe som tilsvarer ca. 0,71 luftskifter pr. time. I tillegg er det også her antatt infiltrasjon tilsvarende 0,04 luftskifter pr. time, slik at det totale luftskiftet blir 0,75 pr. time, dvs. det samme som for de store leilighetene.

#### 3.2 Bygningskropp

Bortsett fra fraværet av gavlvegg, er bygningskonstruksjonen antatt lik som for de store leilighetene, se avsnitt 2.2.

#### 3.3 Øvrig beregningsgrunnlag

Det øvrige beregningsgrunnlag er helt likt det som ble brukt for de store leilighetene, se avsnitt 2.3.

#### 3.4 Energiforbruk før tiltak

Årlig energibudsjet (netto energibehov) er presentert i Tabell 12 under. Det totale energibehovet er beregnet til 14771 kWh, hvilket tilsvarer 220 kWh/m<sup>2</sup>. Nøyaktige data for målt energiforbruk var heller ikke for de små leilighetene kjent på beregningstidspunktet.

Tabell 12

Energibudsjet (netto energibehov) [kWh]		
Beskrivelse	Før tiltak	Før tiltak/gulvareal
1. Romoppvarming	9071 kWh	135 kWh/m <sup>2</sup>
2. Varmebatterier	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
3. Vannoppvarming	2190 kWh	33 kWh/m <sup>2</sup>
4. Vifter og pumper	280 kWh	4 kWh/m <sup>2</sup>
5. Belysning	1615 kWh	24 kWh/m <sup>2</sup>
6. Teknisk utstyr	1615 kWh	24 kWh/m <sup>2</sup>
7. Romkjøling	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
8. Kjølebatterier	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt energibehov</b>	<b>14771 kWh</b>	<b>220 kWh/m<sup>2</sup></b>

#### 3.5 Reduksjon i energiforbruk og lønnsomhet av tiltak

Samme fremgangsmåte som beskrevet for hjørneleilighetene i avsnitt 2.5 er benyttet. Balansert ventilasjon med styring er det første tiltaket som er vurdert siden de små leilighetene ikke har gavlvegg. Deretter er bytte av vinduer, samt etterisolering av henholdsvis gulv og tak vurdert.

Merk at de økonomiske dataene er svært usikre ettersom de opprinnelig er spesifisert for de større hjørneleilighetene. Den eneste kjente spesifikasjonen for de mindre leilighetene gjelder ventilasjonsanlegget av type VR250 EH /B 80%, som er noe rimeligere enn anlegget foreslått for de store leilighetene. De øvrige kostnadsdataene er skjønnsmessig vurdert med bakgrunn i prisantydningen for de større leilighetene.

Tabell 13

Økonomiske data for prioriterte enøktiltak

Enøktiltak	Investeringskostnad	Økonomisk levetid	Vedlikeholdsutgifter
Balansert ventilasjon	54698 kr	15,0 år	200 kr
Styring	15430 kr	10,0 år	0 kr
Bytte av vinduer	35000 kr	20,0 år	0 kr
Etterisolering gulv	25000 kr	20,0 år	0 kr
Etterisolering yttertak	60000 kr	20,0 år	0 kr
Sum enøktiltak	190135 kr	16,3 år	200 kr

Tabell 14

Lønnsomhet prioriterte enøktiltak

Enøktiltak	Nåverdi	Internrente	Inntjeningstid	Spart energi	Spart beløp
Balansert ventilasjon	-33140 kr	-7,09 %	1000,0 år	3290 kWh/år	1939 kr/år
Styring	-9784 kr	-12,72 %	60,5 år	1034 kWh/år	672 kr/år
Bytte av vinduer	-24923 kr	-7,09 %	Uendelig	1141 kWh/år	741 kr/år
Etterisolering gulv	-17087 kr	-6,39 %	Uendelig	896 kWh/år	582 kr/år
Etterisolering yttertak	-52290 kr	-12,41 %	Uendelig	873 kWh/år	567 kr/år
Sum enøktiltak	-143257 kr	-9,36 %	Uendelig	7233 kWh/år	4502 kr/år

Som en ser av Tabell 13 og Tabell 14, er ingen av tiltakene lønnsomme rent energiøkonomisk for de små leilighetene. Dette på tross av betydelige reduksjoner i energiforbruk. Også i dette tilfellet er det gjort en beregning for å finne ut hvor andel av den totale tiltakspakken som vil kunne betales av sparte energiutgifter. Beregningen viser at dersom den totale investeringen er under ca. 47 000 kr for de små leilighetene, vil en oppnå økonomisk lønnsomhet (positiv nåverdi) med en tilbakebetalingstid på ca. 14 år.

Dette betyr at 47 000 kr av totalinvesteringen vil tilbakebetales i form av reduserte energiutgifter for de små leilighetene, mens det resterende må begrunnes ut fra andre hensyn som økt komfort, estetikk og generell kvalitetsheving av leilighetene.

### 3.6 Energiforbruk etter tiltak

Dersom alle tiltak blir gjennomført, er den energimessige besparelsen beregnet til 7233 kWh/år, se Tabell 14. Dette tilsvarer en reduksjon i energiforbruket på 49 % fra dagens nivå, se Tabell 15.

Slik som for hjørneleiligheten, går det tydelig frem av Tabell 15 at energibruken til romoppvarming (omfatter også forvarming av ventilasjonsluft) er kraftig redusert. Det viktigste bidrag i denne forbindelse er varmegjenvinning av ventilasjonsluften. En kan også se at energibruken til belysning og utstyr er betydelig redusert pga. styringstiltaket.

Tabell 15

Energibudsjet (netto energibehov) [kWh]

Beskrivelse	Før tiltak	Før tiltak/gulvareal	Etter tiltak	Etter tiltak/gulvareal
1. Romoppvarming	9071 kWh	135 kWh/m <sup>2</sup>	2759 kWh	41 kWh/m <sup>2</sup>
2. Varmebatterier	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>	397 kWh	6 kWh/m <sup>2</sup>
3. Vannoppvarming	2190 kWh	33 kWh/m <sup>2</sup>	2190 kWh	33 kWh/m <sup>2</sup>
4. Vifter og pumper	280 kWh	4 kWh/m <sup>2</sup>	276 kWh	4 kWh/m <sup>2</sup>
5. Belysning	1615 kWh	24 kWh/m <sup>2</sup>	958 kWh	14 kWh/m <sup>2</sup>
6. Teknisk utstyr	1615 kWh	24 kWh/m <sup>2</sup>	958 kWh	14 kWh/m <sup>2</sup>
7. Romkjøling	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
8. Kjølebatterier	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>	0 kWh	0 kWh/m <sup>2</sup>
Totalt energibehov	14771 kWh	220 kWh/m <sup>2</sup>	7538 kWh	113 kWh/m <sup>2</sup>

## 4 Konklusjoner

Det er gjort årssimuleringer og tilhørende energiøkonomisk analyse av tiltak for de to hovedtypene av leiligheter ved Husby Terrasse, nærmere bestemt for en typisk hjørneleilighet med grunnflate på 105 m<sup>2</sup>, samt en typisk sentral leilighet med grunnflate på 67 m<sup>2</sup>.

Beregningene viser at den foreslåtte tiltakspakken vil redusere leilighetenes energiforbruk til omtrent det halve av dagens nivå. Totalt vil den foreslåtte tiltakspakke redusere energiforbruket til leilighetskomplekset, som består av ca 66 større hjørneleiligheter på ca 105 m<sup>2</sup>, og 44 mindre leiligheter på ca 67 m<sup>2</sup>, med ca. 1,25 GWh.

Med unntak av innvendig isolering av gavlveggene i hjørneleilighetene er ingen tiltak lønnsomme dersom en kun tar energiøkonomiske forhold i betraktning gitt en netto energipris (inklusive alle avgifter) på 0,65 kr/kWh.

Et av de mest interessante tiltakene i forhold til å redusere energibruken, er imidlertid innføring av balansert mekanisk ventilasjon med effektiv varmegjenvinning. I beregningene er det regnet med en motstrøms eller roterende gjenvinner med virkningsgrad på ca 80 %. Kryssvarmeveksler vil ikke gi en god nok varmegjenvinning over året, og anbefales derfor ikke. For hjørneleilighetene er det estimert at prisen på det foreslåtte ventilasjonsanlegg inkl. montering må reduseres fra 65 000 kr inkl. mva. til 35 000 kr inkl. mva. før tiltaket medfører energiøkonomisk lønnsomhet. Ettersom det er snakk om leveranse av så mange anlegg som 110, bør det følgelig kunne forhandles om å redusere gjeldende prisforslag betydelig, eller evt. vurdere anbud fra andre leverandører. Forøvrig kan en god roterende gjenvinner eliminere behovet for ettervarmebatteri i klima som på Stjørdal, og dermed redusere kostnadene noe. I tillegg blir trykkfallet redusert dersom en unngår ettervarmebatteri, og dette er gunstig i forhold til viftedriften.

Et alternativ som muligens kan medføre besparelser på investerings siden er å satse på et sentralt ventilasjonsaggregat med varmegjenvinning. Dette vil imidlertid medføre andre utfordringer, bla. i forhold til styring og føringsveier for ventilasjonskanaler.

Andre tiltak som er vurdert, er styrings systemer for behovsstyring av både lys, utstyr og ventilasjon, utskifting av vindu og balkongdører til høykvalitets vinduer med gjennomsnittlig U-verdi på 0,95 W/m<sup>2</sup>K, samt etterisolering av både tak og gulv. Heller ikke disse tiltak er imidlertid lønnsomme rent energiøkonomisk. Imidlertid må faktorer som forbedret termisk komfort både vinter og sommer, estetikk og andre hensyn taes med i vurderingen av disse tiltak. Dessuten bør prisforslagene på de øvrige tiltakspakkene, i likhet med for ventilasjonsaggregatet, kunne være gjenstand for forhandling siden det er snakk om såpass mange leiligheter.

Dersom for eksempel vinduene ønskes utskiftet av slitagemessige årsaker, vil det være svært lønnsomt å velge høy kvalitets vinduer med gjennomsnittlig U-verdi lavere enn 1,0 W/m<sup>2</sup>K fremfor vinduer med termiske egenskaper tilsvarende, eller noe bedre enn de eksisterende. Dette vil også gi betydelig bedre komfort som følge av varmere vindusoverflate innvendig. Varmere vindusoverflater innvendig vil høyne den operative (følte) temperaturen i rommet<sup>1</sup>, samt redusere problemer med kaldras og tilhørende følelse av trekk ved gulvet. Dersom det blir installert balansert ventilasjon, anbefales det forøvrig at en benytter vindu uten ventilasjonsspalter.

---

<sup>1</sup> Den operative (følte) temperaturen i et rom vil omtrentlig være middelet av lufttemperaturen og den gjennomsnittlige overflatetemperaturen til rommets indre overflater. Grunnen til at overflatetemperaturen har så mye å si, har å gjøre med varmestrålingsutveksling å gjøre (f.eks. varmestråling fra en varm vedovn eller tilsvarende strålingstap mot en kald vindusoverflate).

Etterisolering av både gulv og tak vil også medføre forbedret termisk komfort pga. høyere innvendig overflatetemperatur.

Det er også beregnet hvor stor andel av den totale tiltakspakken som vil kunne betales av sparte energiutgifter for de to leilighetstypene. Denne beregningen viser at dersom den totale investeringen er under ca. 100 000 kr for de store hjørneleilighetene, og ca. 47 000 kr for de sentrale små leilighetene, vil en oppnå økonomisk lønnsomhet (positiv nåverdi) med en tilbakebetalingstid på 14-15 år. Dette betyr at ca. 100 000 kr av totalinvesteringen for de store hjørneleilighetene, og ca. 47 000 kr av totalinvesteringen for de små sentrale leilighetene vil tilbakebetales i form av reduserte energiutgifter. Det resterende må begrunnes ut fra andre hensyn som økt komfort, estetikk og generell kvalitetsheving av leilighetene.

## 5 Referanser

---

1 Enøk Senteret i Nord Trøndelag (2001) *Ventilasjonsvurdering ved Husby Borettslag AL*