

Anna Svensson • Anders-Johan Almås (Multiconsult)
Peter Blom • Mads Mysen

Syv energiambisiøse oppgraderinger av yrkesbygg

RESULTATER FRA UPGRADE SOLUTIONS-PROSJEKTET



SINTEF Fag

Anna Svensson, Anders-Johan Almås (Multiconsult), Peter Blom, Mads Mysen

Syv energiambisiøse oppgraderinger av yrkesbygg

Resultater fra arbeidspakke 1 i forskningsprosjektet UPGRADE Solutions

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Fag 2

Anna Svensson , Anders-Johan Almås (Multiconsult), Peter Blom og Mads Mysen

Syv energiambisiøse oppgraderinger av yrkesbygg

Resultater fra arbeidspakke 1 i forskningsprosjektet UPGRADE Solutions

Emneord:

Etterisolering, energibruk, kontorbygninger

ISSN 1894-1583

ISBN 978-82-536-1328-4 (pdf)

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2013

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

www.sintefbok.no

Forord

UPGRADE Solutions er et innovasjonsprosjekt i næringslivet som skal identifisere, utvikle og formidle løsninger som er avgjørende for å oppgradere yrkesbygg mot passivhusnivå. Prosjektet deltar også i det internasjonale forskningsprosjektet IEA SHC task 47 "Renovation of Non-residential Buildings towards Sustainable Standards". Prosjektet retter seg mot næringsbygg og skoler og omfatter også oppgradering av bygg med verneverdige hensyn.

UPGRADE Solutions startet i januar 2012 og strekker seg over 3 år og er det første av tre planlagte UPGRADE-prosjekter som i sum skal bidra sterkt til gjennombrudd for energiambisiøs oppgradering av eksisterende yrkesbygg. I UPGRADE Decisions skal vi identifisere hva som hindrer og fremmer energiambisiøs oppgradering, bryte ned barrierer og gjøre slike oppgraderinger attraktive. I UPGRADE Models skal vi demonstrere integrerte løsninger med arkitektonisk kvalitet som gir en helhetlig energiambisiøs oppgradering gjennom forbildeprosjekt.

UPGRADE Solutions er finansiert av 21 partnere (37%), Norges forskningsråd (37%) og Enova (26%). Asplan Viak er prosjektansvarlig, SINTEF Byggforsk leder prosjekter og følgende partnere deltar i UPGRADE Solutions:



Oslo, 01.08.2013,

Halvard Høiland-Kaupang
Forskningsleder
SINTEF Byggforsk

Peter Blom
Prosjektleder
SINTEF Byggforsk

Sammendrag

Regjeringens arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg (Arnstad, 2010) slår fast at det største potensialet for energieffektivisering finnes i den eksisterende bygningsmassen. Gode forbildeprosjekter vil vise hva som faktisk er mulig, og stimulere bransjen til å ta i bruk de nye løsningene.

Prosjektet UPGRADE Solutions starter med å identifisere innovasjonsbehov og muligheter ved energiambisiøse rehabiliteringer. Arbeidspakke 1 kartlegger og analyserer energiambisiøse rehabiliteringsprosjekter som er realisert og identifiserer "Best practice" for oppgradering samt synliggjør utfordringer og innovasjonsbehov for å løse energiambisiøs oppgradering mot passivhusnivå. Også verneverdige bygg som er oppgradert er analysert.

Utfordringene og valg av tiltak ved en rehabilitering er mange. Hvert bygg krever spesiell omtanke i forhold til utforming, plassering, verneverdighet og bruk. Originaliteten krever at man ser mulighetene blant utfordringene for å få en så energiambisiøs rehabilitering som mulig. Det er helhetskonseptet som fører til en energieffektiv rehabilitering, men det er detaljene som danner et godt og robust bygg.

De beskrevne eksempelprosjektene i rapporten viser at energiambisiøse rehabiliteringer er mulig. Fredrik Selmers vei 4 skal tilfredsstillende passivhusnivå og energiklasse A, og Malm-skriverveien 4 og Solbråveien Kontorsenter tilfredsstillende lavenerginivå samt energimerke B. Verneverdige bygninger går også å energieffektivisere. Kampen skole og NVE-bygget, med en energiklasse B på sistnevnte, er gode forbilder. Minimering av riving gjennom gjenbruk av eksisterende kanalnett for ventilasjonen er utført i både Kampen skole og Solbråveien Kontorsenter med godt resultat.

Å tilstrebe en så god U-verdi på bygningskroppen som mulig, er en av grunnpilarene for å redusere energibruken. Kuldebroer og utettheter har en stor innvirkning på energibehovet og kan være spesielt utfordrende ved eksisterende bygninger.

Gode tekniske systemer i en bygning er essensielt for et godt inneklima og et lavt energibehov. Optimalisering av de tekniske systemene med hjelp av behovsstyring, effektiv varmegjenvinner og lav SFP (vifteenergi) er viktige tiltak. Det kan være mulighet å gjenbruke eksisterende kanalnett i nytt moderne behovsstyrt anlegg hvis det er hensiktsmessig og miljøriktig. Passive tiltak, som solavskjerming, energieffektiv belysning og utstyr samt gode løsninger for dagslys, reduserer også bygningens totale energibruk.

Til tross for gode gjennomførte prosjekter trenger vi mer kunnskap om energiambisiøs rehabilitering med god og robust bygning som resultat. Nye produkter, analyse av eksisterende produkter, samt utfordringen med tiltak på verneverdige bygninger er noen av innovasjonsbehovene denne rapporten har trukket fram. Formidling av eksisterende og ny kunnskap trenger å bli bedre. I UPGRADE Solutions arbeidspakke 2 skal prosjektet arbeide videre med utvalgte innovasjonsbehov.

Innhold

FORORD.....	3
SAMMENDRAG.....	4
1 INNLEDNING.....	6
1.1 BAKGRUNN	6
1.2 KORT OM PROSJEKTET UPGRADE SOLUTIONS.....	7
2 PRESENTASJON AV EKSEMPELBYGNINGER.....	8
2.1 FREDRIK SELMERS VEI 4, OSLO	8
2.2 MALMSKRIVERVEIEN 4	10
2.3 NVE-BYGGET – MIDDELTHUNSGATE 29, OSLO	12
2.4 KAMPEN SKOLE, OSLO	14
2.5 SOLBRÅVEIEN KONTORSENTER - SOLBRÅVEIEN 23, ASKER.....	16
2.6 HETLAND VIDEREGÅENDE SKOLE, STAVANGER	19
2.7 FN-HUSET I ARENDAL	21
3 UTFORDRINGER OG INNOVASJONSBEHOV	23
3.1 KARTLEGGING AV TILSTAND OG BYGNINGSKONSEPT	23
3.2 KLIMASKALLET.....	24
3.3 TEKNISKE SYSTEM.....	25
3.4 MILJØ OG LIVSSYKLUSANALYSE	25
3.5 BESLUTNINGSPROSESS OG KOSTNADER	26

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Bygninger står for 35–40 % av energibruken i Europa. Våren 2010 vedtok EU et revidert bygningsenergidirektiv (EU, 2002¹). I følge artikkel 9 skal hvert medlemsland utvikle strategier og sette seg et mål for oppgradering av eksisterende bygninger til ”nesten nullenergibygge”. Det offentlige skal gå foran og støtte oppgraderingen av eksisterende bygninger slik at de netto, nesten ikke har behov for tilført energi, regnet over et helt år – og uttrykt i primærenergi behov for oppvarming, kjøling og varmtvannsberedning.

Regjeringens arbeidsgruppe for energieffektivisering av bygg (Arnstad, 2010) har et særlig fokus på *eksisterende bygningsmasse*. De slår fast at det største potensialet for energieffektivisering finnes her, og går inn for økte tilskudd for å oppnå dette. Arbeidsgruppen anbefaler krav om passivhusnivå for totalrehabiliteringer innen 2020. Gode forbildeprosjekter vil vise hva som faktisk er mulig, og stimulere bransjen til å ta i bruk de nye løsningene. Forbildeprosjekter er avgjørende for at byggebransjen skal akseptere suksessivt høyere energistandard i framtiden. Forbildeprosjekter vil også være nødvendige læringsarenaer og en drivkraft for utvikling av komponenter, systemer og konsepter. Det ligger et betydelig potensial i verdiskapning og utvikling av arbeidsplasser gjennom produkter, prosesser og tjenester relatert til rehabilitering av yrkesbygg (Dokka et al., 2009; Sveriges byggeindustri, 2010²; Andresen et al., 2010³). Samtidig er det en kjensgjerning at det eksisterer lite informasjon om energitiltak som løser de særegne utfordringene man står ovenfor ved energiambisiøs oppgradering av eksisterende bygg.

Oppgradering etter passivhuskonseptet er blitt gjennomført i en del boligprosjekter, spesielt i Tyskland og Østerrike. Det første store rehabiliteringsprosjektet opp mot passivhusnivå i Norge er under bygging. Erfaringer og resultater er blitt drøftet og samlet i det norske forskningsprosjektet EKSBO (ledet av SINTEF Byggforsk) og i IEA SHC Task 37. Det eksisterer også rapporter og veiledninger om rehabilitering av boliger med passivhuskomponenter utgitt av Passivhusinstituttet i Tyskland. Når det gjelder energiteknisk oppgradering av yrkesbygg, finnes det adskillig mindre erfaring og kunnskap enn for boliger. Bygninger som oppgraderes etter en middelmådig standard vil representere en tapt mulighet for flere tiår.

Et snarlig gjennombrudd for oppgradering av eksisterende yrkesbygg etter passivhuskonseptet er nødvendig. Dette betyr et stort løft for næringen som mangler erfaring med nye energiløsninger. Prosjektet vil bidra til kompetanseheving og bedre miljøprestasjoner i deltakende bedrifter. Den viktigste kunnskapshevingen skjer gjennom arbeidet med utvikling og evaluering av løsninger, samt senere gjennom implementering i nye pilotbygg. Dette er den sikreste måten å få til et gjennombrudd for høyambisiøse oppgraderinger av yrkesbygg etter passivhuskonseptet.

Oppgradering av verneverdige bygg er ofte en særlig utfordring fordi det i mindre grad tillates endringer av primært fasader, men i en del tilfeller også konstruksjoner og interiør. I tillegg kan dette representere spesielle bygningsfysiske utfordringer. Samtidig er det viktig å sikre at også disse byggene blir oppgradert energimessig. Dette krever ofte spesielle løsninger og tiltak.

¹ Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council (2002)

² Sveriges Byggeindustri (2010). *Hur når vi de samhälleliga energimålen?* www.bygg.org.

³ Andresen, I., Thomsen, K.E. & Whalstrøm, Å. (2010). *Nordic Analysis of Climate friendly buildings – summary report*. Nordic Council of Ministers. In press.

1.2 Kort om prosjektet Upgrade Solutions

UPGRADE Solutions starter med å identifisere innovasjonsbehov og markedsmessig interessante muligheter for næringslivspartnerne i prosjektet. Prosjektet blir organisert i 4 arbeidspakker, med koblinger mellom arbeidspakkene som vist på figur 2.

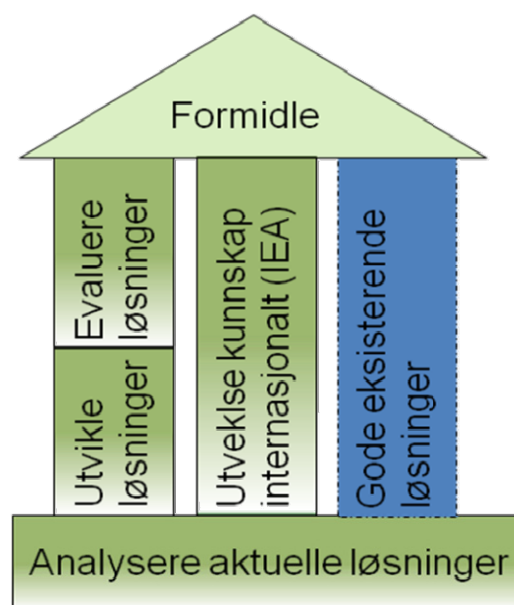
Denne rapporten oppsummerer arbeidet fra arbeidspakke 1.

Arbeidspakke 1 – Analysere aktuelle løsninger

Kartlegge og analysere energiambisiøs rehabilitering/-oppgradering som er realisert gjennom egnede produkter, prosesser og tjenester som er særegne ved oppgradering, og derved identifisere ”Best practice” energiambisiøs oppgradering mot passivhusnivå. Både gjennomførte og pågående energiambisiøse oppgraderingsprosjekter vil være viktige for datainnsamlingen. Også verneverdige bygg som er oppgradert er analysert.

Arbeidspakke 2 – Utvikle og evaluere

Dekke deler av innovasjonsbehovet gjennom å utvikle, teste og evaluere forbedrede eller nye produkter, prosesser, tjenester i samarbeid med næringslivspartnerne og dermed realisere økt verdiskapningspotensiale for næringslivspartnerne og bidra til å muliggjøre oppgradering av eksisterende yrkesbygg mot passivhusnivå. Løsninger som er egnet for oppgradering av verneverdige bygg blir sett på spesielt.



Figur 2. Prosjektgjennomføring

Arbeidspakke 3 – Utveksle kunnskap internasjonalt i samarbeid med Asplan Viak og Segel

Innhente og utveksle relevant kunnskap fra internasjonal forskning gjennom prosjektledelse og aktiv deltagelse i IEA SHC task 47 ”Renovation of Non-residential Buildings towards Sustainable Standards”.

Den sammenvevde organisering av den nasjonale delen UPGRADE Solutions og den internasjonale delen er valgt for å få aktiv kunnskapsutveksling, størst mulig involvering av norske partnerbedrifter og størst mulig synergieffekt.

Arbeidspakke 4 – Samle og formidle kunnskap nasjonalt i samarbeid med SINTEF Byggeforsk

Heve kompetansenivået i norsk byggenæringen gjennom å formidle kunnskap om aktuelle produkter, prosesser og tjenester, både de som er utviklet i prosjektet og de som man har fått kunnskap om gjennom prosjektet. Formidlingen vil skje gjennom prosjektinterne forum, åpne seminarer, nye veiledere og anvisninger, nye og oppdaterte Byggdetaljer, hyppig publisering i nasjonale medier og vitenskapelig publisering.

2 Presentasjon av eksempelbygninger

Syv rehabiliteringsprosjekter ble studert i regi av arbeidspakke 1. I denne rapporten blir hvert enkelt prosjekt presentert med informasjon om bygningen, hovedtiltak, spesifikke bygnings-tekniske og tekniske tiltak samt resultatet i energiytelse av rehabiliteringen. Informasjonen av prosjektene er konsentrert på hvilke tiltak som er blitt lagt vekt på under rehabiliteringen. De syv bygningene er:

- Skattedirektoratet – Fredrik Selmers vei 4, Oslo
- Malmskriverveien 4, Sandvika
- NVE-bygget – Middelthuns gate 29, Oslo
- Kampen Skole – Oslo
- Solbråveien Kontorsenter – Solbråveien 23, Asker
- FN-huset, Arendal
- Hetland Videregående Skole, Stavanger

2.1 Fredrik Selmers vei 4, Oslo



Bilde 1 Fredrik Selmers vei før og etter rehabilitering

Om bygningen

Fredrik Selmers vei 4 ble oppført 1980. Eiendommen består av fem kontorblokker på mellom 7 og 11 etasjer med et totalt oppvarmet areal på 34 832 m². Kontorbygningene fra 1982 skal totalrehabiliteres til passivhusnivå og energiklasse A, og ivareta universell utforming. Rehabiliteringen skal etter planen være ferdig i 2013, og bygget vil da romme 1250 kontorplasser hvor Skattedirektoratet blir største leietaker. Bygningen er programmert for 1 500 personer, som gir et gjennomsnittlig areal på 23 m² pr. person.

Prosjektdeltakere:

Byggherre:	Entra Eiendom AS
Arkitekt:	LPO arkitekter
Hovedentreprenør:	AF Gruppen/YIT
Prosjektledelse:	Optimo Prosjekt AS
Konsulenter:	Energetica (Energi), Rambøll /Bracon (RIB), Sweco (RIV & RIE), Neas Consulting (RIBr), Multiconsult / Rieber Prosjekt (RIAku), Hambra (Miljø)

Hovedtiltak

- Høyisolerte, prefabrikkerte fasadelementer
- Redusert ytre overflate i forhold til bygningens volum
- Gjenvinning av varme fra datasentraler i underetasje
- Tilknytning til fjernvarme
- Høyeffektive tekniske systemer (kjølesystemer, varmegjenvinning, pumper og vifter)

- Lav-energi utstyr, som tynnklient maskin- og programvare i alle arbeidsstasjoner.
- Vannsparende utstyr

Tynnklient maskin- og programvare betyr at personlige datamaskiner kan settes opp uten platelager, vifte for kjøling og DVD-stasjon.

Støtte

Enovas program for passivhus og lavenergibygg.

Bygningstekniske tiltak

Kontorblokkene var opprinnelig oppført med tegl og fasadeplater i aluminium. Eksisterende fasader er demontert og erstattet med fasadeelementer med vinduer ferdig montert. Elementene består av 250 mm limtrestendere og 100 mm påføring, totalt 350 mm mineralull. Elementene med bredde 2,4 m og høyde opp til 2 etasjer ble heist på plass med kran. Elementene ble levert med utvendig GU gipsplate og innvendig platekledning med dampspærre. På byggeplass ble det lagt på vindsperre på rull, sløyfer en sinus-plate som ekstra regnskjerm og en ytterkledning av perforert aluminiumsplate med 85 % resirkulert materiale. Vinduer er tilpasset passivhuskrav.

Tabell 1 U-verdier Fredrik Selmers vei før og etter rehabilitering

Bygningsdel	Før rehabilitering (U-verdi)	Etter rehabilitering (U-verdi)
	W/m ² K	W/m ² K
Tak	0,2-1,0	0,12
Gulv	0,1	0,07
Yttervegg	0,2-0,4	0,16
Vinduer/dører	1,8	0,8

Ventilasjon

Det nye ventilasjonsanlegget er behovsstyrt (VAV), med styring etter temperatur og CO₂-nivå. Virkningsgrad varmegjenvinner er 85 %, SFP-faktor 1,5 kW/(m³/s).

Oppvarming og kjøling

Den opprinnelige bygningen hadde direkte elektrisk oppvarming. Dette er nå lagt om til vannbåret varme. Romoppvarmingsbehovet dekkes av fjernvarme (30 %) samt utnyttelse av overskuddsvarme fra datahall via varmepumpe. Disse varmekildene benyttes også til oppvarming av varmt tappevann.

Bygningen har sentral luftkjøling. I tillegg har enkelte kontorer og møterom med høye internlaster kjølebafler i himling. Byggets komfortkjøling henter energi fra returvann fra kjøling av datahall, dette dekker kjølebehovet opp til 25 grader.

Belysning

Det benyttes belysning med beregnet energieffektivitet (LENI-tall) på 14 kWh/m² pr. år, beregnet etter EN 15193. Belysningen styres av bevegelse og dagslys.

Energiytelse

Beregnet levert energi er 68,7 kWh/m²år, og bygget tilfredsstillende krav til A-merke i energi-merkeordningen.

Bygningen tilfredsstillende også kravene for passivhusnivå.

Tabell 2. Energiforbruk på Fredrik Selmers vei før og etter rehabilitering

	Før kWh/m ²	Etter kWh/m ²
Beregnet netto energibehov	174	88
Beregnet levert energi	170	69*
Målt levert energi	190	-

* 84 kWh/m² hvis varmegjenvinning fra datahall tas med.

2.2 Malmskriverveien 4



Bilde 2 Malmskriverveien 4 – før og etter rehabilitering

Om bygningen

Malmskriverveien 4 ble bygd i 1971 for Sandvika politikammer, som flyttet ut i 2009. Etter oppgradering i 2009–2011 er leietaker Asker og Bærum Tingrett og Høgskolen i Oslo og Akershus. Forrige oppgradering av bygningen var i 1995, da det ble skiftet vinduer. Bygningen er i 6 etasjer, inkl. kjeller. Oppvarmet bruksareal (BRA) er 4560 m². Oppgraderingen er definert som et pilotprosjekt innen miljø og energi hos Entra Eiendom. Målet var å løfte bygget opp til energimerke B.

Hovedtiltak

- Utvendig tilleggisolering som reduserer kuldebroer i fasade
- Nye vinduer med passivhusstandard
- Alle tekniske installasjoner skiftes ut til energieffektivt utstyr
- Arealeffektivisering (fra cellekontor til kontorlandskap)

Prosjektdeltakere

Arkitekt: Dyrvik Arkitekter

Konsulenter: Norconsult (RIV, RIBR), Multiconsult (RIA og Miljørådgiver), Bjørn Jørgensen (RIE), Rambøll (RIBfys), Berg og Dyring (LARK), Erichsen & Horgen (LECO gruppe).

Prosjektledelse: Optimo Prosjekt AS

Byggherre: Entra Eiendom AS

Støtte

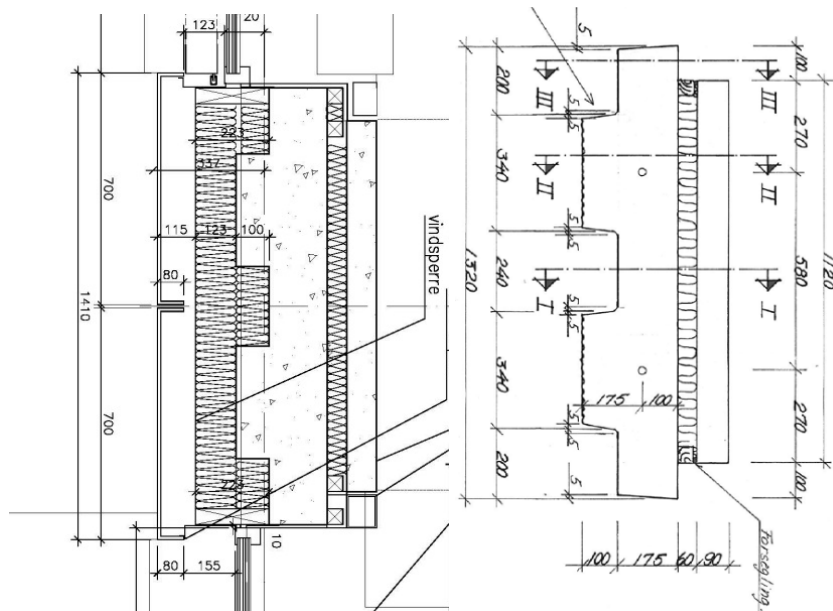
Støttet av Enova gjennom programmet ”Investeringsstøtte til nye bygg og omfattende rehabilitering”

Bygningstekniske tiltak

Før oppgradering hadde bygningen eksponerte, bærende betongelementer i fasadene. For så godt som mulig å redusere kuldebroverdier ble ytterveggene isolert utvendig med 125 mm mineralull, se bilde 3. Det ble montert ny utvendig, luftet kledning av plater i fiberarmert

betong. Gavlvegger ble isolert med 250mm utvendig og 100mm innvendig. Gulv mot det fri ble etterisolert med 300mm. Yttertak ble etterisolert med 400mm.

Vinduer er skiftet ut med nye trelags vinduer med argongass, som gav den laveste U-verdien og samtidig tilfredstilte krav til sikkerhetsglass, brann og lyd.



Bilde 3 Til venstre: Utvendig etterisolering av fasadelementer. Til høyre: Opprinnelige elementer.

Opprinnelig hadde bygget utvendige persiener på solutsatte fasader som var manuelt betjent fra hvert kontor, samt mørke gardiner. Ved oppgraderingen ble det montert utvendig solavskjerming i form av en mørk duk/screen. Disse styres automatisk i forhold til sol og vindensorer.

Ventilasjon

Nye ventilasjonsaggregater har høyeffektive roterende varmegjenvinnere. Det er trykkstyrte vifter som gir variable luftmengder i møterom og kontorer (VAV). Luftmengde blir styrt med tilstedeværelsesfølere.

Bygget har kjølebatterier i ventilasjonsanlegget (kjøleeffekt 65,8 kW). VAV i ventilasjonsanlegget samt god utvendig solavskjerming eliminerer behovet for romkjøling. Det er kun lokal kjøling i datarom.

Belysning

I samarbeid med byggherre ble det besluttet at lysnivået reduseres fra standard 500lux til ca. 300lux i kontorer og landskap. Gjennomsnittlig belysningseffekt er redusert fra 12 W/m² til 5 W/m². Det er i møterom og kontorer installert lavenergi T5 armaturer og PL downlight med tilstedeværelsesdetektorer, samt med dagslyssensorer i rom med vinduer. I møterom og rettsaler er det beregnet 500 lux jevn belysningsstyrke. Lys i korridorer og trapperom reduseres til 50% når det ikke er bevegelse, og slås helt av utenfor driftstid.

Energiytelse

Før rehabiliteringen hadde bygningen et målt energibruk på 299 kWh/m²/år (graddagskorrigert). Beregnet netto energibehov¹: 207,5 kWh/m²/år. Beregnet levert energi etter rehabiliteringen ble 76,4 kWh/m²/år med fjernvarme som oppvarmingssystem. Bygningen tilfredsstiller da kravene til energimerke B.

2.3 NVE-bygget – Middelthunsgate 29, Oslo



Bilde 4. Middelthuns gate 29, før (t.v) og etter (t.h.) rehabilitering

Om bygningen

Middelthuns gate 29 ble bygd i årene 1962-1964 for Norges Vassdrags- og energivesen (NVE). Bygningen har et areal på 16900 m² oppdelt i kjeller, en underetasje, 6 kontoretasjer og et mindre areal i 7. etasje. "NVE-bygget" er en monumental bygning som er delvis fredet. Bygget synliggjør etterkrigstidens satsing på kraftutbygging, og har en spennende arkitektur og kunst. En hovedutfordring med prosjektet var å få til en totalrehabilitering og bedre energieffektivitet samtidig som bygningens arkitektoniske og kunstneriske kvaliteter ble bevart.

Bevaringshensynene

NVE-bygget ble fredet etter kulturminneloven gjennom forskrift i 2011. Fredningssaken ble gjennomført parallelt med istandsettingen og ombyggingen. Formålet med fredningen er å bevare Norges vassdrags- og elektrisitetsvesens administrasjonsbygg fra 1964 som eksempel på et representativt offentlig kontorbygg med tilhørende parkanlegg fra samme periode. Formålet med fredningen er videre å bevare bygningens arkitektoniske uttrykk og særpreg. Fredningen innebærer at bygningens eksteriør skal opprettholdes. Både det arkitektoniske uttrykket, materialbruk og detaljering som fasadeløsning, eldre dører og vinduer, overflater og eventuell dekor skal bevares intakt. Innvendig hovedstruktur, herunder overordnet og opprinnelig eller eldre romstruktur, etasjeskiller og øvrige konstruktive elementer skal bestå. Fredet interiør skal bevares tilsvarende med arkitektoniske detaljer. I prosessen var det tett dialog med Riksantikvaren.

Det ble lagt vekt på å tilrettelegge for moderne kontorer også i de fredete kontorarealene. Riksantikvaren var positiv til tiltak for å redusere behov for energi. Mange av løsningene kom fram gjennom diskusjon mellom de involverte. En stor utfordring har vært å finne gode løsninger for materialer og produkter som *ikke* kan erstattes (teak, asbest, pcb).

Prosjektdeltakere

Eier: Entra Eiendom
 Arkitekt: Dark arkitekter as
 Konsulenter: Erichsen & Horgen AS (VVS), Multiconsult AS (Bygg), Riksantikvaren

Støtte

ENOVA ga finansiell støtte til omlegging fra direkte elektrisk oppvarming til fjernvarme.

Hovedtiltak

Hovedtrekk i oppgraderingen er full innvendig renovering med nye innvendige skillevegger, utvidelse og ombygging av 7. etasje, nye tekniske anlegg, oppgraderte heiser, utskifting av vindusglass og ny utvendig solavskjerming.

Bygningstekniske tiltak

Over 7. etasje ble det isolert med 100 mm isolasjon over opprinnelig betongdekke. På undersiden av dekket lå det fra før 125 mm lettbetong. Takkonstruksjonen fikk da en U-verdi 0,26 W/m²K. Over 6. etasje ble eksisterende lettklinker erstattet med polystyren (EPS). Total isolasjonstykkelse 260 mm, U = 0,13 W/m²K. I 7. etasje ble det montert nye yttervegger, U = 0,11 W/m²K. I øvrige etasjer ble det fuget og tettet rundt vinduene. I tillegg ble hulrom i eksisterende søylekasser mellom vinduene fylt med isolasjon. Gavlvegger er isolert innvendig. Rutene i alle vinduer ble skiftet, mens ramme og karm i eik ble beholdt, U = 1,3 W/m²K. Nye utvendige persienner til erstatning for gamle interne persienner reduserer kjølebehovet i bygningen.



Bilde 5. Fasade før og etter ombygging. Eksisterende, utvendige persienner er skiftet. Karm og ramme i vinduer er beholdt, mens ruten er skiftet. Siden fasaden er fredet er det ikke gjort andre endringer.

Ventilasjon

Nytt VAV ventilasjonsanlegg med 81–82 % varmegjenvinning. Spesielt designet luftinntak og kulvert i hagen reduserer oppvarmings- og kjølebehovet. Ventilasjonsanlegget har lav spesifikk vifteeffekt (SFP = 1,57 kW/(m³/s). Ventilasjonskanaler er plassert i sentrale korridorer.

Oppvarming og kjøling

Nye radiatorer med vannbåret varme har erstattet elektriske ovner. Radiatorene får varme fra fjernvarmeanlegget i Oslo. Varmt tappevann fås fra desentraliserte vannvarmere i hver etasje. Bygningen har kjølebatterier i ventilasjonsanlegg i tillegg til kjøling i enkelte kontorer. For å redusere kjølebehovet er klimakravene revurdert slik at det aksepteres flere timer med temperaturer over 26 grader i sommersesongen.

Dagslys

Sentrale områder inne bygningen fikk bedre dagslystilgang ved at innvendige skillevegger og kontorfronter ble skiftet ut med mer åpen og fleksibel innredning. Det ble montert energieffektiv belysning med dagslyskontroll.

Energiytelse

Bygget hadde opprinnelig et målt energibehov på 213 kWh/m²år. Beregnet levert energibehov er 120 kWh/ m²år., hvilket innebærer at bygningen oppfyller kravene til Energiklasse B i NVEs energimerkeordning.

Miljøhensyn

Ved oppgraderingen er det lagt stor vekt på miljøhensyn:

- Gjenbruk av eksisterende teak dører
- Sjekk av miljøprofil på alle nye materialer
- Bruk av minimum 30 % resirkulert aluminium og 50 % resirkulert stål
- Vannsparende sanitærutstyr
- Universell utforming i henhold til TEK 10s krav for nye bygninger.

2.4 Kampen skole, Oslo



Bilde 7. Kampen skole før (t.v.) og etter (t.h.) oppgradering

Om bygningen

Kampen skole ble bygd i 1887. I 1902 ble skolen utvidet med en ny bygning på nabotomt. Senere oppgraderinger av skolen skjedde i 1978 og 1998, da det ble skiftet vinduer. I 2001–2003 ble de to gamle hovedbygningene renovert fra topp til bunn. I tillegg ble det ført opp et nytt midtbygg som bandt de to hovedbygningene sammen. Før ombyggingen i 2003 hadde skolen et relativt høy energiforbruk. I tillegg hadde de gamle bygningene et ventilasjonsanlegg med ca. 50 % av anbefalt luftmengde (120 l/s pr. klasserom). Luftinntaket var nær forurensningskilder (trafikk). Energi- og klimamessige hovedgrep ved oppgraderingen var et bygningsintegret, hybrid ventilasjonsanlegg og et dagslys- og bevegelsesstyrt belyningsanlegg.

Vernehensynene

Anlegget inngår i Kampen bevaringsområde og er oppført på Byantikvarens Gule liste som bevaringsverdig. Skolen er i Undervisningsbygg Oslo KFs «Verneplan for Osloskolene» registrert som verneverdig Verneklasse 2. Det heter i beskrivelsen: «Skolen har høy miljøverdi og aldersverdi. Skolen var i sin tid modellskole for andre skoler i Christiania.» Formålet med bevaring er å bevare et helhetlig skoleanlegg.

Ved oppføring av mellombygget og den tekniske oppgraderingen ble dette vurdert av Byantikvaren som uttalte: «I utgangspunktet ville det beste sett fra et bevaringssynspunkt være å unngå en slik sammenbygging, men Byantikvaren har forståelse for behovet for en slik mellombygning som kan lette kommunikasjonen innad i skoleanlegget og som frigjør tiltrengt areal for undervisningsformål. Forslaget lar samtidig eksisterende bygninger få dominere i miljøet.» Byantikvaren har ingen kommentarer til endringer i interiøret, men dette samt de tekniske løsningene ble diskutert i møter. Dette er vanlig i saker for bygninger registrert som bevaringsverdig. Løsningen med å legge en del funksjoner ut i tilbygg gjør at inngrepene i de gamle interiørene kan reduseres. Byggets egenskaper og muligheter ble utnyttet ved å bruke opprinnelig infrastruktur (kanaler og kulvert).

Prosjektdeltakere:

Arkitekt: Richard Engelbrektsen

Konsulent: Bakke, Søderblom og Tønsberg AS, Norges byggforskningsinstitutt (NBI)

Hovedtiltak

- Energieffektivisering av ventilasjonssystemet med hjelp av eksisterende kanalnett
- Hybrid ventilasjonsanlegget basert på vifteassistert naturlig ventilasjon
- Behovsstyrt belysning
- Forbedring av inneklimate

Støtte

Prosjektet inngikk i et forskningsprosjekt støttet av NVEs byggoperatør.

Bygningstekniske tiltak

Det er ikke blitt utført noen tiltak på klimaskallet på de opprinnelige bygningene. Et tilbygg mellom de to eksisterende bygningene er oppført.

Ventilasjon

Det nye ventilasjonsanlegget er basert på det gamle bygningsintegrerte ventilasjonsanlegget fra 1889. Det er montert et nytt friskluftinntak på toppen av det nye midtbygget. Tilluften går gjennom et filter, en væskekoblet varmeveksler med lavt trykktap, en betongkanal under bygningen og videre til hvert klasserom via separate, vertikale sjakter. Avtrekksluften passerer en varmeveksler.

Det hybride ventilasjonsanlegget er basert på vifteassistert naturlig ventilasjon. Utnyttelse av termiske og vindinduserte drivkrefter medfører 40 000 kWh/år i spart vifteenergi.

I hvert klasserom tilføres luften inn i en installasjonsvegg og videre ut i rommet via en perforert sone den nederste 1 m i hele veggens lengde. Prinsippet gjør at frisklufttilførselen ikke setter noen begrensninger på møblering eller bruk av rommet. Den store tilluftsflaten sikrer svært lite støy og trekk.

Den store termiske massen i inntakstårn, betongkulvert og vertikale sjakter sikrer en viss kjøling av romklimaet på varme dager i sommerhalvåret.



Bilde 8 Betongkulvert med vifter til venstre, installasjonsvegg i klasserom til høyre

Belysning

Belysningen er basert på armaturer der 70 % av lyset distribueres oppover, og 30 % nedover. Dette gir et blendingsfritt lysmiljø. Belysningen er utstyrt med IR-baserte bevegelsessensorer, som slår av den kunstige belysningen når det ikke er bevegelse i rommet.

Læringsmiljø og inneklimate

Spørreundersøkelser, prestasjonstester og målinger av temperatur og CO₂ samt dagslys, ble utført før og etter rehabiliteringen for å dokumentere læringsmiljøet og inneklimate. Det ble en signifikant forbedring av prestasjoner og oppfattet inneklimate etter oppgradering.

Energiytelse

Temperaturkorrigert energibruk ble redusert fra 281 kWh/ m²år til 151 kWh/ m²år.

Reduksjonen skyldes behovsstyrt ventilasjon med varmegjenvinning og utnyttelse av naturlige drivkrefter, behovsstyrt belysning og bedre styring av oppvarmingssystemet.

2.5 Solbråveien Kontorsenter – Solbråveien 23, Asker



Bilde 9 Solbråveien 23 før og etter oppgradering. Utvendig kledning på fasadene er skiftet ut.

Om bygningen

Solbråveien kontorsenter ble bygget på begynnelsen av 1980-tallet og har ikke gjennomført noen tidligere prosjekter relatert til reduksjon av energiforbruk. I forbindelse med ny leietaker i bygningen ønsket eier å oppgradere bygningen til så god som mulig, i praksis Energiklasse B og Enovas krav til lavenergistandard.

Tiltak på ventilasjon er blitt utført under 2012, mens en mer omfattende rehabilitering på bygningskroppen skal utføres i 2013.

Hovedtiltak

- Gjenbruk av eksisterende kanalnett
- Behovsstyrt ventilasjon, vekk fra CAV
- Kommunikasjon mot SD-anlegg kan gjøres via Internett
- Intelligente, aktive ventiler
- Nye, godt isolerte fasadeelementer
- Utskifting av vindusapparater ga bedre plassutnyttelse i kontorene

Bruk av aktive tilluftsventiler muliggjør gjenbruk av eksisterende kanalnett og relativt rask oppgradering fra CAV til velfungerende behovsstyring fordi:

- Det meste av styringen skjer i de aktive ventilene som monteres og kontrolleres fra rommet
- Kommunikasjon mot SD-anlegget/toppsystemet kan gjøres via internett
- Det meste av automatikken er prefabrikkert og integrert i tilluftsventilene

Prosjektdeltakere

GK Norge AS

Moderne Byggfornyelse AS

Støtte

Prosjektet har fått tilsagn på investeringsstøtte fra Enova.

Bygningstekniske tiltak

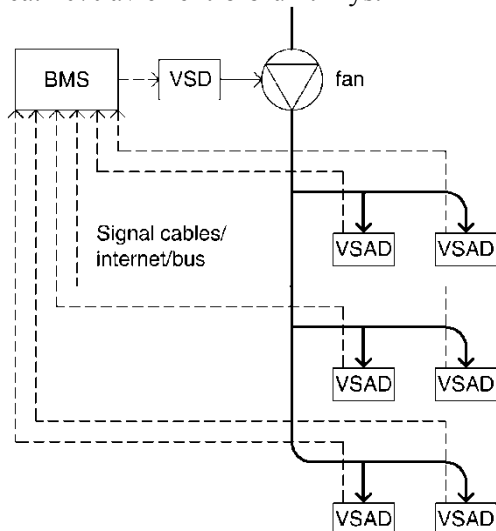
Ved en helhetlig rehabilitering skal yttertak med oppforet tretak rives og betongdekket isoleres med i gjennomsnitt 300 mm mineralull. Ytterveggene skal få ny fasade med Schüco system.

Nye vinduer monteres med $U=0,8$ W/m²K. Vindusutskifting og tetting forbedret lekkasjetallet fra 2,5 l/h til 1,5 l/h. Trappehus og sokkeletasje isoleres med 120 mm polystyren med gjennomfarget akrylpuss som overflatebehandling. Ny seksjonering av kontorer øker utnyttelsen av lokalene, med mindre energibruk pr. ansatt.

Ventilasjon

Eksisterende sjakter for ventilasjon ble benyttet. 90-95 % av kanalnett ble rengjort og beholdt. Nytt ventilasjonsaggregat og behovsstyrt ventilasjon med aktive tilluftsventiler gir reduksjon i viftdrift, kjøling og ettervarme. SFP er redusert fra 3,5 til 1,8 kW/m³/s.

Temperaturvirkningsgraden er økt fra 70% til 85%. Ventilasjon og lys er styrt av temperatur- og bevegelsessensor per arbeidsplass. Dette gir ca. 40% mindre snittluftmengde og reduksjon på ca. 40% av effektforbruk til lys.



Figur 3. Prinsippskisse av tilluftsiden med aktive tilluftsventiler (VSAD - Variable Supply Air Devices), Hver ventil sender signal om åpningsgrad til BMS (Building Management System). Hvis ingen ventil har maksimal åpningsgrad, reduseres viftepådraget. Hvis en ventil har for stor åpningsgrad, øker viftepådraget.

Med aktive tilluftsventiler er mye av styringen integrert i tilluftsventilen som i praksis er en komplett VAV-enhet. Produktet som er valgt i Solbråveien kan kommunisere via buss eller internett og også styre lys og varme-/kjølepådrag. Den aktive tilluftsventilen har integrert tilstedeværelsesdetektor, og temperaturføler for rom temperatur og kanaltemperatur. Trykk- og mengdemåling og motorstyrt ventilåpning gjør at ventilene gir konstant innblåshastighet uavhengig av trykk og temperatur. Flere ventiler kan kobles sammen og styres av en "master", ev. basert på gjennomsnittsverdier. Ventilene kan kobles til ekstern sensor, for eksempel CO₂.

Ventilene arbeider innenfor et trykkområde. Viftepådraget må være stort nok for å bygge opp tilstrekkelig trykk foran den mest ugunstige plasserte ventilen (kritisk vei). Verdier for levert luftmengde, ønsket luftmengde og spjeldets åpningsgrad registreres sentralt, for eksempel i SD-anlegget eller en hovedstyringsenhet/undersentral. Hvis en ventil (ev. noen flere) ikke oppnår ønsket luftmengde og har maksimal ventilåpning, økes viftepådraget inntil den meste kritiske ventilen leverer ønsket luftmengde med maksimal forsvarlig åpningsgrad. Hvis trykket i kanalen er for stort i forhold til ventilenes trykkområde, må det strupes foran ventilen. Dette kan gjøres med faste spjeld der man vet at trykket alltid blir for høyt, eller med en trykkstyrt VAV grenspjeld. Dette er det normalt aktuelt å ha på de første grenene etter vifta hvor det statiske trykket er høyest. Disse VAV'ene skal strupe ved for høyt trykk. Trykk giver kan her stå rett etter VAV'en og før første ventilavgrening.

De aktive tilluftsventilene kombineres ofte med overstrømming til korridor/fellesrom og sentralt plasserte avtrekk styrt av ordinær VAV, eller som "slave, med avtrekksmengde i forhold til tilhørende tilluftsventiler. Dette har gitt et moderne og energioptimalt behovsstyrt ventilasjonsanlegg. Forutsetningene er redusert oppvarmingsbehov gjennom nye vinduer og tilleggs-isolering av fasade og tak.

Oppvarmingssystem

Luft-vann varmepumpe dimensjonert for å dekke 90–95 % av energien til nødvendig ettervarme i ventilasjonsaggregatet, og 70–75 % av energien til oppvarmingen av bygget (transmisjonstapet). I fyringssesongen økes tilluftstemperaturen (opp til 24–25 °C) etter behov og ventilasjonsanlegget fungerer da også som et varmluftsoppvarmingssystem. Elektriske panelovner styrt av ventilasjonsanlegget dekker spisslast. Utenom arbeidstid startes tilluftsviften og et resirkulasjonsspjeld åpnes, dersom den gjennomsnittlige romtemperaturen i huset er under ønsket verdi. Varmepumpen vil på denne måten levere energi til bygget hele døgnet.

Energiytelse

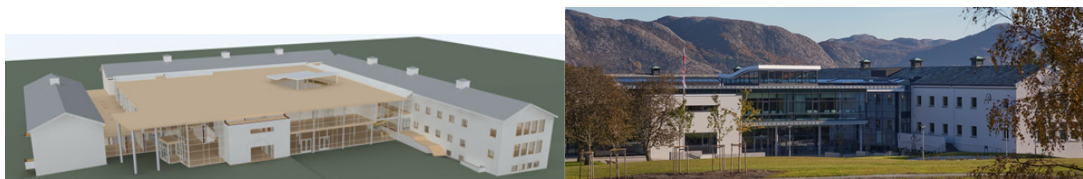
Beregnet reduksjon i levert energi er fra 250 kWh/m² til 80 kWh/m². Økt nyttbart kontorareal ved at brede vindusaggregater ble skiftet ut. Det totale netto energibehovet på de første tiltakene i bygningen er 100 kWh/m² pr. år, en ny energiberegning for den totale rehabiliteringen er ikke blitt utført.

Resultatet etter rehabiliteringen på de tekniske systemene er godt inneklima i forhold til dagens standard. Det er ikke registrert driftsproblemer i Solbråveien 23. Det var relativt kort tid fra igangkjøring til anlegget var i ordinær drift. Ny luft/vann varmepumpe er en viktig årsak til den store reduksjonen av levert energi. Dette er en installasjon som krever relativt liten plass og som det ofte er mulig å sette inn i forbindelse med en oppgradering der hvor det ikke er andre fornybare energikilder som er bedre egnet. En luft/vann varmepumpe vil ha en relativ lav investering i forhold til andre varmepumpeløsninger og kort nedbetalingstid. Andre varmepumpeløsninger kan få lavere livsløpskostnader der hvor forutsetningene er tilstede (eksempel: kort vei til sjøvann, det eksisterer grunnvannsbrønner som kan benyttes o.l.). En utfordring med luft/vann varmepumpe er nærhet til boliger på grunn av utstrålt lydeffekt fra varmepumpen.



Bilde 10 Utskifting av vindusapparater ga bedre plassutnyttelse i kontorene

2.6 Hetland Videregående Skole, Stavanger



Bilde 11. Modell av Hetland videregående skole samt etter tilbygg var ferdig.

Om bygningen

Videregående skole har 600 elever og 100 arbeidsplasser innenfor studiespesialisering og media/kommunikasjon. Den eksisterende delen er på 4.500 m², mens den nye delen er på 4.700 m² BTA, totalt 9 200 m² BTA. Skolen ble bygd i 1957. Omfattende oppgradering i 2010 av bygningskropp og tekniske installasjoner, i tillegg til fokus på dagslystilgang og universell utforming.

Skolen har fått et nytt tilbygg, plassert inne mellom eksisterende bygninger (se bilde 11). Tilbygget gir skolen en mer kompakt overflate, og dermed mindre transmisjonstap i forhold til bygningsvolumet. Tilbygget har også store glasspartier orientert mot nordvest for god dagslystilgang uten for mye direkte solinnfall.

Hovedtiltak

- Etterisolering av eksisterende bygning
- Behovsstyrt ventilasjon (CO₂, bevegelse)
- Vannbåren varme fra gassfyrt kjel erstatter el-ovner
- Mer kompakt bygningskropp

Prosjektdeltakere

Eier: Stavanger kommune

Arkitekt: LINK Arkitektur

Konsulenter: Multiconsult (Bygg)

Bygningstekniske tiltak

Fasadene i de gamle bygningene ble etterisolert utvendig med 150 mm Glava A og Sto tynnpuss-system på en luftet kledningsplate. se bilde 12. U-verdi ca. 0,23 W/m²K. Nye vinduer med U-verdi 1,2 W/m²K. Isolasjonstykkelse i tak i ny del er 300 mm.

Ventilasjon

I to av de eksisterende bygningene er ventilasjonsaggregatene beholdt, men bygget om med varmebatteri for vannbåret varme. I de andre byggene er det nye aggregater med varmegjenvinning. De fleste rommene i skolen har behovsstyrt ventilasjon med VAV-spjeld, styrt av sensorer basert på CO₂ og bevegelse. SD-anlegg styrer varme, luft, lys og solskjerming.

Oppvarming

Skolen har vannbåret varme fra gassfyrt kjel. Elektriske ovner i eksisterende bygninger er erstattet med radiatorer.

Belysning

Skolen har fått ny belysning med lavenergi-armaturer som styres med bevegelses-sensor samt tidsstyring via SD-anlegg. LED - armaturer i rømningsvei.

Energiytelse

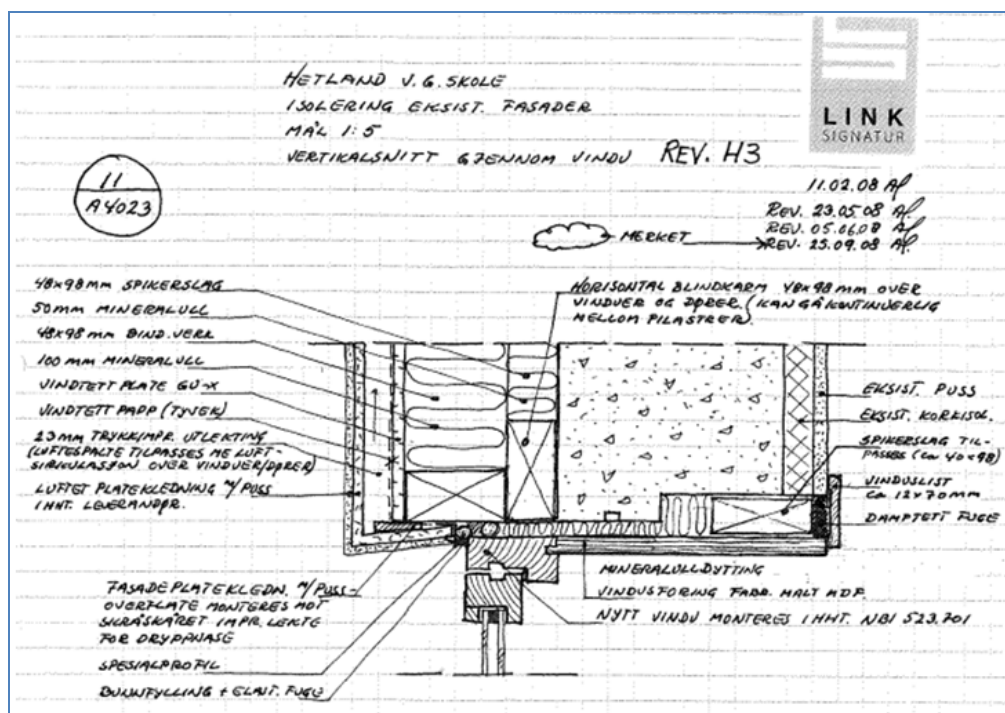
Ambisjonene ved rehabiliteringen av Hetlandskole var ikke veldig høye og tiltakene på den gamle bygningen inkluderte kun tiltak på yttervegg, gjeldende de bygningstekniske systemene. Beregnet netto energibehov, målt energi og levert energi før og etter oppgradering er vist i Tabell 6.3.

Tabell 3 Energiforbruk i Hetland vgs. før og etter rehabilitering

	Før kWh/m ²	Etter kWh/m ²
Beregnet netto energibehov	129	104
Beregnet levert energi	163	126
Målt levert energi	147 (1975-1980) 137 (1980-1990) 153 (1991-1996)	92

Skolen er idag en av de skoler med minst energiforbruk i kommunen og de har fått en god nedgang i energiforbruket.

Denne rehabilitering kan være et godt eksempel på hvordan man kan forbedre den gamle bygningen med hjelp av et tilbygg gjennom å øke kompaktheten på en bygning. Det som må beaktes i slike prosjekter er at dette ikke går ut over andre viktige faktorer såsom tilstrekkelig med dagslys in i lokalene.



Bilde 12 Utvendig etterisolering av yttervegg på Hetland skole

2.7 FN-huset i Arendal

Om bygningen

FN-huset i Arendal ble bygd i 1965 og oppgradert i 2004–2006. Opprinnelig var bygningen administrasjonsbygg for et kraftselskap. Den transformerte kraftverkgården inneholder nå Miljø- og FN-organisasjonen GRID-Arendal, en internasjonal skole i 1. og 2. etg. og en helsestasjon i 3. etg.



Bilde 13 FN-bygget i Arendal før og etter rehabilitering

GRID initierte renovering etter å ha kjøpt bygget i 2004. Organisasjonen satte høye krav til bærekraftighet og energieffektivitet.

Hovedtiltak

- Synlige miljømessige løsninger
- Energibruk ("Boksvinduer", vannbåret varme og varmepumpe sjøvann, solfangere)
- Sortering (92 %) av alt avfall i rive- og byggefasen
- Miljødeklarasjon for alle materialer
- Fleksibilitet ved innredning

Eier: Teaterplassen 1 AS

Entreprenør: Totalentreprise, entreprenør Skanska Norge AS

ARK: A7 arkitekter AS

Konsulenter Stærk & Co AS (RiB/ RiBR), Siv.ing. Øyvind Berntsen AS (RiV), Multiconsult AS (RiE),

Totalentreprise 2300 m²: ca. 37 mill. eks. mva. (kjøp av huset ikke medberegnert).

Prosjektert kapasitet kontorarealer 19,5 m² pr. person, utenom helsestasjon og skole.

Bygningstekniske tiltak

Boksvinduer er en dobbeltkonstruksjon der hulrommet mellom to rutesjikt kan ventileres med uteluft om sommeren. Hvert felt i boksfasaden utgjør sin egen individuelle fasade. Automatisk elektrisk styrte elementer skal sørge for 20 C° i den 30 cm dype spalten mellom glassene. Indre vindu er en to-lags rute med senter U-verdi 1,1 W/m²K. Boksvinduer er montert på sør- og østfasade.

Ytterveggene i bygningen ble tilleggsisolert med 10 cm mineralull, til totalt 20 cm.

Takkonstruksjonen er isolert med 30 cm.

Ventilasjon

Ventilasjonsanlegget (CAV), med luftmengde $7,2 \text{ m}^3/\text{h}$ pr. m^2 og temperaturvirkningsgrad 49 % er skiftet til behovsstyrt ventilasjon (VAV), med 85 % temperaturvirkningsgrad og gjennomsnittlig luftmengde i driftstid $6 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ samt med nattkjølingsfunksjon. SFP-faktoren er redusert fra 3.0 til $1,58 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$.

Oppvarming

Ved oppgraderingen ble elektrisk oppvarming byttet ut med vannbåret varme til radiatorer. Bygningen tilføres varme fra en 1 500 m lang sløyfe i sjøvann. 30 m^2 solfangere utenpå gesimsbånd dekker 50 % av årlig varmtvannsbehov. Det er kjøling med kjølebafler i kontordel. Kjølebafler i kontordel til venstre, solpaneler i gesimsbånd til høyre. Panelene dekker 50 % av årlig varmtvannsbehov.

Bygningen har som før fjernvarme. Romoppvarming med radiatorer og konvektorer som samkjøres med kjøling ventilasjonsanlegget. Varmt tappevann varmes også opp av fjernvarme.

Dagslys

De nye vinduene økte lysinnfallet i bygningen. Åpnere arealløsninger gir et lysere miljø. Belysningen er behovsstyrt med bevegelsessensorer.

Energiytelse

Før oppgradering hadde bygningen et energibehov på ca. $300 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Prosjektert netto energibehov etter oppgradering var $135 \text{ kWh}/\text{m}^2$. Det er målt $105 \text{ kWh}/\text{m}^2$.

Miljøhensyn

- Synlige miljømessige løsninger
- Energibruk ("Boksvinduer", vannbåret varme og varmepumpe sjøvann, solfangere)
- Sortering (92 %) av alt avfall i rive- og byggefasen
- Miljødeklarasjon for alle materialer

3 utfordringer og innovasjonsbehov

I dette kapitlet presenteres hovedprinsipper, utfordringer og innovasjonsbehov for energieffektiv oppgradering. For hvert delkapittel (for eksempel bygningskonsept, yttervegg, ventilasjon etc.) har vi utarbeidet en punktliste som viser hva som er spesielt viktig å fokusere på for de ulike komponentene. Noen av problemstillingene i kapitlet vil bli behandlet nærmere i andre Upgrade-rapporter.

3.1 Kartlegging av tilstand og bygningskonsept

Bygningens plassering og geometri har mye å si for å oppnå et energieffektivt bygg. Men når det gjelder oppgradering av eksisterende bygninger er det begrenset hva man kan gjøre. Plassering og geometri er likevel viktige forutsetninger for valg av tiltak. Følgende punkter er spesielt viktige for bygningskonsept og kartlegging av tilstand:

Tilstand:

- Den tekniske tilstanden og bygningshistorikken gir rammen for hvilke tiltak som kan gjennomføres på et eksisterende bygg og må kartlegges før ambisjonsnivå settes og prosjektering kan starte. Gjennomfør en grundig tilstandsanalyse etter NS3424⁴ samt NS EN 16096⁵.
- For bygg fredet gjennom kulturminneloven vil det være redegjort for kulturminneverdiene og omfanget av fredningen i fredningsvedtaket. For bygg vernet gjennom plan- og bygningsloven vil kulturminneverdiene og omfanget av vernet være redegjort for i reguleringsbestemmelsene eller i andre kommunale vedtak. Det er viktig å kontakte kulturminneforvaltningen eller kommunen for veiledning og for spørsmål. Bygningsår og tidligere rehabiliteringer er til stor hjelp for å kartlegge tekniske konstruksjoner og typiske skader⁶. Man må også være observant på sekundære effekter av de planlagte tiltakene som kan gi skader på de kulturhistoriske verdiene.
- På grunnlag av tilstandsanalysen kan det settes opp en tiltaksliste som kan rangeres etter økonomi, energibesparelse og ambisjoner for energibruk.

Bygningskonsept:

- Se potensialet i tomten. Hvilke energikilder kan utnyttes? Vann, jord, fjell, sol, vind, luft etc.
- Se potensialet i å kombinere bevaring og tilbygg. Et energieffektivt tilbygg med en energisentral som også kan forsyne eksisterende bygg kan være en god vei å gå ved strenge vernehensyn.
- Se på potensialet i å fortsatt bruke eksisterende bygningsdeler, som for eksempel eksisterende kanalnett
- Se på potensialet i å utnytte byggets egenskaper og muligheter som ligger i både bygningskropp og infrastruktur
- Tilstreb å bygge bærekonstruksjonene inne – etterisoler utvendig. Dette gir best varme- og fuktforhold i ytterkonstruksjonene, blant annet ved at kuldebroene blir brutt.
- Tilstreb høy kompaktet. For påbygg/tilbygg er det muligheter for å velge en energioptimal geometri. Gjennom å kombinere tilbygg og eksisterende bygg kan man oppnå en mer kompakt bygning med mindre overflate i forhold til volumet, noe som kan redusere det totale varmetapet. Det må likevel sørges for at dagslysbehovet er tilfredsstillt.
- Dersom det er u hensiktsmessig store vindusarealer, kan det være mulig å erstatte deler av vindusarealene med tette, isolerte veggfelt.

⁴ NS 3424:2012 Tilstandsanalyse av byggverk

⁵ NS-EN 16096:2012 Bevaring av kulturminner – Tilstandsanalyse av fredete og verneverdige bygninger

⁶ BFS 620.016 Større tiltak i eksisterende bygninger

- Vedlikehold- og fremtidsplan bør utføres. Hvis ikke en ambisiøs rehabilitering blir valgt bør i hvilket fall rehabiliteringen ikke hindre for en fremtidig ambisiøs rehabilitering.

3.2 Klimaskallet

Takkonstruksjoner

Etterisolering av tak kan i mange tilfeller være et godt tiltak ved energieffektivisering og for å forbedre det opprinnelige klimaskallet. Ofte er etterisolering av tak et relativt billig tiltak og enkelt å gjennomføre. Det er likevel en del utfordringer ved etterisolering av takkonstruksjoner:

- Etterisolering i oppførede tretak og kalde loftsetasjer kan skape kondensproblemer. Spesielt for oppførede tretak er det viktig å utvikle fuktsikre metoder for etterisolering.
- Potensial, detaljløsninger og konsekvenser ved bruk av grønne tak
- Gesimsløsninger ved utvendig etterisolering av fasader
- For å redusere gesimshøyde bygges mange tak som et tilnærmet flatt tak, men likevel med et utvendig nedløp. Spesielt på store tak kan dette skape isingsproblemer ved takfot.
- Utvikle fuktsikre, kompakte takkonstruksjoner med organiske komponenter. Eksempler på mulige tiltak kan være bruk av "smart" dampsperre eller mulighet for utlufting i isolasjonssjiktet.

Yttervegger

For å oppnå energieffektive og levedyktige yttervegger må man oppnå høy grad av både robusthet og energieffektivitet. For energieffektiv oppgradering av yttervegg er følgende punkter spesielt viktige:

- Videreutvikling av ytterveggselementer. Gode detaljer for lufttetthet og fuktsikkerhet i elementskjøter.
- Gode detaljer ved bruk av nye, kuldebrofrie utvendige isolasjonsløsninger (f.eks. puss på isolasjon)
- Robuste løsninger for innvendig isolering. Retningslinjer for vurdering av kondensfare og frostskafer i utvendig kledning
- Behovet for impregnering av tegl- og betongfasader ved innvendig isolering
- Gode detaljer for luft- og fuktsikring ved materialoverganger (som betong og lettvegger)
- Bruk av to-trinns regntetting utvendig
- Fuktsikring i byggetiden – værbeskyttet bygging, ev. bruk av dobbel vindsperre (plate + duk)
- Utvikling av nye isolasjonsmaterialer med lavere varmekonduktivitet som gjør det mulig å bygge slankere veggkonstruksjoner (VIP, aerogel, nano etc.).

Vinduer

Det helt sentrale for å oppnå energieffektive og levedyktige vinduer er en lav U-verdi på hele vinduskonstruksjonen, samt tettetdetaljer rundt vinduet. For å oppnå en energieffektiv oppgradering av vinduer er følgende punkter spesielt ser vi følgende utfordringer og innovasjonsbehov:

- God sikkerhet mot inntrengning av slagregn ved dyptliggende vinduer
- Løsninger og tilrettelegging for vinduslufting
- Intelligente solavskjermingsystemer
- Optimal tilgang på dagslys
- Muligheter for utskifting av rute, og beholde karm og ramme
- To-trinns tetting av fuger mellom karm og vegg

Golv

Ved etterisolering av golv er det som oftest romhøyden som setter begrensninger. Det enkleste tiltaket er å føre opp eksisterende golv. Vi ser følgende utfordringer og innovasjonsbehov:

- Reduksjon av kuldebroer i overgangen mellom golv og yttervegg
- Rasjonelle og gode løsninger for radon- og fuktsperre.
- Prinsipper for isolering av oppførede golvkonstruksjoner mot grunnen.

Lufttetthet

For å klare dagens strenge energikrav i både forskrifter og standarder er det helt sentralt å oppnå tette detaljer. For det første må bygningsdelene være tette i seg selv, men det mest utfordrende er å oppnå tette overganger mellom bygningsdeler. Utfordringer og innovasjonsbehov:

- Videreutvikling av metoder for måling og dokumentasjon av lufttetthet i yrkesbygninger.
- Dokumentasjon av levetid for nye tettemetoder (tape, klebebånd, fugebånd, fugeskum, mansjetter for rørgjennomføringer)
- Fokus på tradisjonell metode for omleggskjøter, med mekanisk klemming mellom plane flater
- Krav til dampåpenhet for vindsperre og dampsperre i ulike typer konstruksjoner. Bruksområde for "smarte" dampsperrer.
- Unngå kompliserte konstruksjoner/utstikk som øker risikoen for utettheter.

Kuldebroer

Når bygningen isoleres bedre, får kuldebroene relativt sett større betydning. Kuldebroer er spesielt en utfordring ved innvendig etterisolering og i overganger mellom konstruksjonsdeler og materialer. For å oppnå en energieffektiv oppgradering av kuldebroer er følgende punkter spesielt viktige:

- Videreutvikling av systemer for utvendig etterisolering
- Sørg for at beregninger av U-verdier tar hensyn til kuldebroer i konstruksjonene
- Spesielle tiltak ved innvendig isolering av eldre og verneverdige bygg med utsatt bjelkelag i yttervegger
- Identifisering av vanlige og viktige kuldebroer i yrkesbygninger. Vurdering av akseptabelt nivå for kuldebrotap.
- Videreutvikling av kuldebro-beregninger og kuldebro-biblioteker for flere typer kuldebroer

3.3 Tekniske system

Oppgradering av de tekniske systemene kan gi betydelige innsparinger i energibruk. Utfordringer og innovasjonsbehov:

- Systemer for skjerming av direkte sollys på kalde dager og utvendig solavskjerming på varmedager
- Videreutvikling av systemer for behovsstyring av ventilasjon, lys, varme og kjøling
- Gjenbruk av kanalnett med nye styringskomponenter. Dette kan være spesielt viktig i verneverdige bygg hvor synlige endringer er uønsket.
- Bruk av løsninger og styringskomponenter som gjør at regulerbare enheter er tilgjengelig for inspeksjon og kontroll fra romsiden.
- Gjenbruk av varme og kjøledistribusjon (rør) og gjenbruk av varme- og kjøleenheter med nye termostatventiler
- Utvikle veileder for kartlegging og utbedring og kontroll av rør- og ventilasjonsanlegg slik at anleggene blir egnet for gjenbruk.
- Utvikle kunnskap om tekniske muligheter og økonomiske og kvalitative konsekvenser av gjenbruk av tekniske installasjoner.
- Utvikle retningslinjer for miljøanalyse av gjenbruk kontra nyinstallasjoner for tekniske anlegg.
- Videreutvikle ventilasjonssystemer som muliggjør gjenbruk av kanalnett ved oppgradering.

3.4 Miljø og livssyklusanalyse

En del av energibruken over en bygnings livsløp ligger bundet i de byggematerialene som blir brukt til selve konstruksjonen og teknisk utstyr. Med mer energieffektivitet i driftsfasen øker

den relative andelen energibruk til materialer over livsløpet. Parallelt med dette bruker energieffektive bygninger ofte mer materialer for eksempel til isolasjon og tekniske installasjoner. Disse to faktorene kan bidra til å øke andelen energi som ligger i materialer over levetiden.

Ved rehabilitering er det viktig å ha fokus på å redusere energibruk til nye materialer:

- Konkretisering av tiltak for materialgjenvinning og økt gjenbruk av byggavfall
- Konkretisering av tiltak for avfallsreduksjon og avfallsforebygging
- Konkretisering av tiltak for å sikre at miljøgifter håndteres forsvarlig og leveres til godkjente mottak
- Finne nye anvendelser for restprodukter
- Se etter miljødata – for eksempel miljødeklarasjoner (Environmental product declaration) på de nye materialene som skal brukes og sammenlign alternativer.
- I bygninger med lavt energibehov, er det hensiktsmessig å bruke så mye resurser på ett nytt energisystem som eksempelvis vannbåren varme, i stedet for å bruke elektrisk oppvarming og eller luftbåren varme?
- Hvor store muligheter er det å gjenbruke materialer i eksisterende bygninger og hva utgjør det av det totale regnestykket?

3.5 Beslutningsprosess og kostnader

Ved å fokusere på totaløkonomi over hele byggets levetid, og ikke bare på investeringskostnad, får man et mye bedre beslutningsgrunnlag. Kostnader for energisparetiltak bør beregnes etter denne metoden. Årskostnader beregnes etter NS 3454 – Livssyklusanalyser Prinsipper og struktur. Modellen setter kapitalkostnader og årlige FDVU-kostnader på felles sammenlignbar form, og danner til sammen den totale årlige kostnaden for bygningen. Kapitalkostnadene (investeringskostnadene) er kun en del av de årlige kostnadene forbundet med å eie, drive og vedlikeholde en bygning. FDVU-kostnadene (Forvaltning, Drift, Vedlikehold og Utvikling) utgjør typisk 35–50 % av de totale årskostnadene for våre bygninger, og bidrar derfor vesentlig til husleien. Det er derfor like viktig å beregne korrekte FDVU-kostnader som korrekte investeringskostnader.

Syv energiambisiøse oppgraderinger av yrkesbygg

RESULTATER FRA UPGRADE SOLUTIONS-prosjektet

Det største potensialet for energieffektivisering finnes i den eksisterende bygningsmassen. Gode forbildeprosjekter vil vise hva som faktisk er mulig, og stimulere bransjen til å ta i bruk nye løsninger.

Denne rapporten viser hvordan 7 eksisterende bygninger er gjennomgått en ambisiøs energimessig oppgradering.

Fredrik Selmers vei 4 skal tilfredsstillende passivhusnivå og energiklasse A, og Malmskriverveien 4 og Solbråveien Kontorsenter tilfredsstillende lavenerginivå samt energimerke B. Verneverdige bygninger går også å energieffektivisere. Kampen skole og NVE-bygget, med en energiklasse B på sistnevnte, er gode forbilder.

Minimering av riving gjennom gjenbruk av eksisterende kanalnett for ventilasjonen er utført i både Kampen skole og Solbråveien Kontorsenter med godt resultat.

Gode tekniske systemer i en bygning er essensielt for et godt inn klima og et lavt energibehov. Optimalisering av de tekniske systemene med hjelp av behovsstyring, effektiv varmegjenvinner og lav SFP (vifteenergi) er viktige tiltak. Det kan være mulighet å gjenbruke eksisterende kanalnett i nytt moderne behovsstyrt anlegg hvis det er hensiktsmessig og miljøriktig. Passive tiltak, som solavskjerming, energieffektive belysning og utstyr samt gode løsninger for dagslys, reduserer også bygningens totale energibruk.