



TRONDHEIM, OCTOBER 21-23

FROM LOW ENERGY BUILDINGS TO
PLUS ENERGY DEVELOPMENTS



PAPERS PRESENTED AT THE CONFERENCE PASSIVHUSNORDEN 2012

TABLE OF CONTENTS

DAY 1

MAIN CONFERENCE HALL	5
THE SKARPNES RESIDENTIAL DEVELOPMENT - A ZERO ENERGY PILOT PROJECT.....	5
NET ZEB OFFICE IN SWEDEN - A CASE STUDY, TESTING THE SWEDISH NET ZEB DEFINITION.....	6
DESIGN OF A ZERO ENERGY OFFICE BUILDING AT HAAKONSVERN, BERGEN	7
PASSIVE- AND PLUS ENERGY ROW HOUSES IN NEAR-ARCTIC CONTINENTAL CLIMATE.....	8
POWERHOUSE ONE: THE FIRST PLUS-ENERGY COMMERCIAL BUILDING IN NORWAY.....	9
 SMALL CONFERENCE HALL A.....	 10
RETROFITTING OF EXISTING BUILDING STOCK – AN ARCHITECTURAL CHALLENGE ON ALL SCALES.....	10
DESIGN OF A PASSIVE HOUSE OFFICE BUILDING IN TRONDHEIM.....	11
PASSIVE HOUSE WITH TIMBER FRAME OF WOOD I-BEAMS – MOISTURE MONITORING IN THE BUILDING PROCESS.....	12
TIMBER FRAME CONSTRUCTIONS SUITABLE FOR PASSIVE HOUSES	13
 SMALL CONFERENCE HALL B.....	 14
IMPROVEMENT OF TRADITIONAL CLAMPED JOINTS IN VAPOUR- AND WIND BARRIER LAYER FOR PASSIVE HOUSE DESIGN.....	14
PASSIVE DYNAMIC INSULATION SYSTEMS FOR COLD CLIMATES.....	15
POSSIBILITIES FOR CHARACTERIZATION OF A PCM WINDOW SYSTEM USING LARGE SCALE MEASUREMENTS	16
ENERGY DESIGN OF SANDWICH ELEMENT BLOCKS WITH AGGREGATED CLAY.....	17
HEATING AND COOLING WITH CAPILLARY MICRO TUBES INTEGRATED IN A THIN-SHALE CONCRETE SANDWICH ELEMENT.....	18
 SMALL CONFERENCE HALL C.....	 19
GUIDELINES FOR DEVELOPING ONE-STOP-SHOP BUSINESS MODELS FOR ENERGY EFFICIENT RENOVATION OF SINGLE FAMILY HOUSES.....	19
OPPORTUNITIES AND BARRIERS FOR BUSINESS MODELLING OF INTEGRATED ENERGY RENOVATION SERVICES	20
PROMOTION OF ONE-STOP-SHOP BUSINESS FOR ENERGY EFFICIENCY RENOVATION OF DETACHED HOUSES IN NORDIC COUNTRIES	21
AMBITIOUS UPGRADING OF POST-WAR MULTI-RESIDENTIAL BUILDINGS: PARTICIPATION AS A DRIVER FOR ENERGY EFFICIENCY AND UNIVERSAL DESIGN.	22

DAY 2 - MORNING SESSION

MAIN CONFERENCE HALL	23
DEVELOPMENT OF ENERGY EFFICIENT WALL FOR RETROFITTING	23
ENERGIKONSEPT FOR OPPGRADERING AV NORDRE GRAN BORETTSLAG I OSLO	24
KAMPEN SCHOOL - RETROFITTING OF AN HISTORIC SCHOOL BUILDING WITH ENERGY EFFICIENT VENTILATION AND LIGHTING SYSTEM.....	25
REDUCING ENERGY CONSUMPTION IN A HISTORICAL SCHOOL BUILDING	26
EXAMPLES OF NEARLY NET ZERO ENERGY BUILDINGS THROUGH ONE-STEP AND STEPWISE RETROFITS .	27
 SMALL CONFERENCE HALL A.....	28
OPTIMAL SPACE HEATING SYSTEM FOR LOW-ENERGY SINGLE.FAMILY HOUSE SUPPLIED BY LOW- TEMPERATURE DISTRICT HEATING.....	28
PERFORMANCE EVALUATION OF A COMBINED SOLAR-THERMAL AND HEAT PUMP TECHNOLOGY IN A NET-ZEB UNDER STOCHASTIC USER-LOADS.....	29
HEAT PUMP SYSTEMS FOR HEATING AND COOLING OF PASSIVE HOUSES	30
UTFORDRINGER MED INNREGULERING AV VAV ANLEGG I PASSIVHUS.....	31
THE POTENTIAL OF FAÇADE-INTEGRATED VENTILATION (FIV) SYSTEMS IN NORDIC CLIMATE.....	32
 SMALL CONFERENCE HALL B.....	34
MARIENLYST SCHOOL – COMPARISON OF SIMULATED AND MEASURED ENERGY USE IN A PASSIVE HOUSE SCHOOL.....	34
VERIFICATION OF ENERGY CONSUMPTION IN 8 DANISH PASSIVE HOUSES.....	35
A PASSIVE HOUSE BASED ON CONVENTIONAL SOLUTIONS ON THE MARKET	36
MEASUREMENTS OF INDOOR THERMAL CONDITIONS IN A PASSIVE HOUSE DURING WINTER CONDITIONS.....	37
 SMALL CONFERENCE HALL C.....	38
FROM PASSIVE HOUSE TO ZERO EMISSION BUILDING FROM AN EMISSION ACCOUNTING PERSPECTIVE	38
LIFECYCLE PRIMARY ENERGY USE AND CARBON FOOTPRINT FOR CONVENTIONAL AND PASSIVE HOUSE VERSIONS OF AN EIGHT-STORY WOOD-FRAMED APARTMENT BUILDING.....	39
COST EFFECTIVENESS OF NEARLY ZERO AND NET ZERO ENERGY BUILDINGS.....	40
ARCHITECTURAL FREEDOM AND INDUSTRIALIZED ARCHITECTURE - RETROFIT DESIGN TO PASSIVE HOUSE LEVEL.....	41
ARCHITECTURAL QUALITIES IN PASSIVE HOUSES.....	42
SUSTAINABLE VENTILATION.....	43

DAY 2 - AFTER LUNCH SESSION

MAIN CONFERENCE HALL	44
ERFARINGER MED PASSIVHUS – ET SYSTEMATISK OVERBLIKK	44
LIVING IN SOME OF THE FIRST DANISH PASSIVE HOUSES.....	45
EVALUATION OF THE INDOOR ENVIRONMENT IN 8 DANISH PASSIVE HOUSES.....	46
LESSONS FROM POST OCCUPANCY EVALUATION AND MONITORING OF THE 1 ST CERTIFIED PASSIVE HOUSE IN SCOTLAND.....	47
OVERHEATING IN PASSIVE HOUSES COMPARED TO HOUSES OF FORMER ENERGY STANDARDS.....	48
 SMALL CONFERENCE HALL A	 49
BOLIGPRODUSENTENES BIM-MANUAL FOR PASSIVHUSPROSJEKTERING	49
SIMULATION OF A LOW ENERGY BUILDING IN SWEDEN WITH A HIGH SOLAR ENERGY FRACTION.	50
SS 24 300: A SWEDISH STANDARD FOR ENERGY CLASSIFICATION OF BUILDINGS.....	51
NS3701: A NORWEGIAN STANDARD FOR NON-RESIDENTIAL PASSIVE HOUSES	52
 SMALL CONFERENCE HALL B.....	 53
GEOMETRISKE KULDEBROERS INNVIRKNING PÅ NORMALISERT KULDEBROVERDI	53
HAM AND MOULD GROWTH ANALYSIS OF A WOODEN WALL	54
HYGROTHERMAL CONDITIONS IN EXTERIOR WALLS FOR PASSIVE HOUSES IN COLD CLIMATE CONSIDERING FUTURE CLIMATE SCENARIO.....	55
PERFORMANCE OF 8 COLD-CLIMATE ENVELOPES FOR PASSIVE HOUSES	56
LABORATORY INVESTIGATION OF TIMBER FRAME WALLS WITH VARIOUS WEATHER BARRIERS	57
 SMALL CONFERENCE HALL C.....	 58
VAD BEHÖVS FÖR ETT MARKNADSGENOMBROTT AV NYBYGGNATION OCH RENOVERING TILL PASSIVHUS - ANALYS FRÅN SEMINARIESERIE	58
KOMMUNERS MÖJLIGHETER ATT STYRA UTVECKLINGEN MOT PASSIVHUS I SVERIGE OCH UTBILDNING AV BESTÄLLARE INOM KOMMUNAL SEKTOR	59
PASSIVHUSCENTRA I NORDEN	60
BUILD UP SKILLS NORWAY: COMPETENCE LEVEL ON ENERGY EFFICIENCY AMONG BUILDING WORKERS	61

Energikonsept for oppgradering av Nordre Gran borettslag i Oslo

Michael Klinski, Peter G. Schild, Karine Denizou

SINTEF Byggforsk, Postboks 124 Blindern, N-0314 Oslo, +47 22 96 55 53, michael.klinski@sintef.no

Sammendrag

SINTEF Byggforsk har gjennomført en tilstandsvurdering av 7 blokker fra 1970-tallet i Nordre Gran borettslag i Oslo. Basert på denne, ble det utviklet et energikonsept for oppgradering med fokus på energieffektiv varmtvannsberedning. Bakgrunnen er et stort behov for fasaderehabilitering og et energiforbruk til varmt tappevann som ligger langt over gjennomsnittet av sammenlignbar blokkbebyggelse.

I tilstandsanalysen ble det bl.a. gjennomført en spørreundersøkelse, beboerintervjuer og målinger av lufttetthet. Dessuten ble det analysert kvaliteter og potensial relatert til universell utforming. Resultatene viser svært god lufttetthet med lekkasjetall mellom 0,5 og 1,1 – noe som er langt bedre enn i de fleste eldre og nye boligblokker. Samtidig viste undersøkelsen at jo flere som bor i en leilighet, desto dårligere blir inneklimate opplevd. Ventilasjonsanlegget med bare mekanisk avtrekk klarer ikke å sørge for god luftkvalitet, spesielt ikke i leiligheter med mange beboere.

På bakgrunn av tilstandsvurderingen ble det vurdert ulike alternativer for energieffektiv oppgradering. Som første skritt ble tiltak for å redusere netto energibehov for romoppvarming og varmtvann undersøkt. Basert på redusert netto energibehov, ble alternativer for energiforsyning med effektive tekniske installasjoner for varmtvannsberedning, romoppvarming og ventilasjon analysert. På grunnlag av dette ble det foreslått et konsept med følgende elementer:

20 cm etterisolering av fasaden, passivhusvinduer, tiltak for å minske kuldebroer (spesielt ved balkonger og sokkel), etterisolering av tak og takterrasser, balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning, individuell måling og avregning av varmtvannsforbruk, tidsstyring av sirkulasjonspumpene, varmtvannsberedere med uteluft/vann-varmepumpe, tørkeromsavfuktere og – som opsjon – luft/luft-varmepumper for romoppvarming med felles utedel.

Det ble gjennomført lønnsomhetsberegninger som viser at totale månedlige kostnader etter rehabilitering med en slik ambisiøs tiltakspakke vil bli lavere enn etter en mer konvensjonell, mindre ambisiøs rehabilitering. Dette gjelder uten romoppvarming med luft-luft-varmepumpe; denne opsjonen vil bare bli lønnsom med forholdsvis høye strømpriser. En rehabilitering som foreslått med balansert ventilasjon, vil antakelig kvalifisere for et høyt støttebeløp fra Enova.

Utredningene er blitt gjennomført innefor REBO, et fireårig forskningsprogram om bærekraftig oppgradering av etterkrigstidens boligblokker. REBO er finansiert av Husbanken, og Husbanken ga i tillegg tilskudd til tilstandsvurdering samt kompetansetilskudd til utvikling av energikonseptet. Per i dag er ambisjonsnivået for rehabiliteringen av borettslaget ikke endelig bestemt.

Innledning

SINTEF Byggforsk har gjennomført en tilstandsvurdering av 7 blokker fra 1970-tallet i Nordre Gran borettslag i Oslo. Basert på denne, ble det utviklet et energikonsept for oppgradering med fokus på energieffektiv varmtvannsberedning. Utredningene er blitt gjennomført innefor REBO, et fireårig forskningsprogram om bærekraftig oppgradering av etterkrigstidens boligblokker. REBO er finansiert av Husbanken, og Husbanken ga i tillegg tilskudd til tilstandsvurdering samt kompetansetilskudd til utvikling av energikonseptet. Bakgrunnen er at blokkene har et lavere energisparepotensial for romoppvarming enn mange andre bygninger fra etterkrigstida, mens borettslaget har et betydelig høyere energiforbruk til varmtvann enn tilsvarende bygg.

Nordre Gran borettslag ligger på Furuset i bydel Alna i Oslo og ble oppført i 1977-1979. Bebyggelsen består av 3 frittstående og 4 kjedete blokker på 4 til 8 etasjer med totalt 263 leiligheter, fordelt på 19 oppganger. De er parkeringskjeller i 1 og 2 plan under bebyggelsen mot nord (Granstangen 16-20). Granstangen 10 har 1. etasje

med gulv på grunnen, uten kjeller; nr. 12 og 22 har henholdsvis 1 og 2 underetasjer, mens nr. 14 har uoppvarmet kjeller under 1. etasje. Borettslaget omfatter alle leilighetsstørrelser fra ettroms til femroms samt 29 trygdeboliger med oppvarmet midtkorridor og fellesareal.

Bærekonstruksjonen er av betong, med 18 cm dekker og 20 cm skillevegger mellom leiligheter og mot trapperom. Lettveggene i boligene har stålstendere og gips. Yttervegger er i 2"×4" bindingsverk, med innvendig kledning av gips. Utvendig kledning med hhv. trepanel og plater. Oppforet, luftet tretak. Takterrasser og takareal ved siden av har uluftet isolasjon. Det er i hovedsak 10 cm isolasjon i yttervegger samt under kjeller/garasjedekke og 17 cm på tak. Store balkonger er festet i tverrvegger. Det er 3 cm kuldebrytere mellom balkongplater og etasjeskillere, samt i fasaden i forkant av innbindende dekker og vegger. Vinduene er innadslående trevinduer med isolerglass. Fasadekledning og vinduer er modne for utskifting, store betongskader i garasjene og på balkongplatene. Elektrisk oppvarming med panelovner. Borettslaget har sentral varmtvannsberedning med berederrom enten per blokk eller i mellombygg. Varmtvannsforbruket inngår i felleskostnader. Leilighetene har mekanisk avtrekksventilasjon, og det er fellesvaskerier med høyt energiforbruk til tørking.

Resultater fra tilstandsvurderingen

SINTEF Byggforsk har i høst 2011 gjennomført en tilstandsvurdering av bygningsmassen og utomhusarealet. Tilstandsvurderingen bygget på følgende tiltak:

- Analyse av eksisterende tegninger, beskrivelser, tilstandsrapporter og energimålinger
- Beboerundersøkelse med spørreskjema og intervju av utvalgte beboere
- Befaring av boliger og annet areal, måling av lufttetthet og termografering i seks leiligheter.

Tilstandsanalysen omfattet både energi, sanitær, bomiljø, inneklime, komfort, brukskvalitet og universell utforming [Denizou et al. 2011].

14 ordinære leiligheter er spesielt tilrettelagt for bevegelseshemmede. En tidlig, grov analyse hadde allerede vist at ca. to tredeler av de øvrige ordinære (ikke trygde-) leilighetene med relativt enkle grep kan tilpasses Husbankens livsløpsstandard. Imidlertid ligger ikke alle disse i oppganger med heis. Tilstandsvurderingen konkluderer med at boligområdet har en rekke iboende kvaliteter som er sentrale i forhold til universell utforming. De fleste boligene kan relativt enkelt oppgraderes til boliger som er fullt brukbare for personer med funksjonsnedsettelse, eller i det minste oppfyller besøksstandard. Lavere terskler til balkonger og private uteplasser på inngangsnivå er viktige tiltak i alle blokkene, som ikke behøver å føre til merkostnader. Det er i utearealene det største potensialet for å oppnå universell utforming ligger på kort sikt. Dette gjelder bl.a. inngangspartier, møteplasser tilpasset flere aldersgrupper og identitetsskapende elementer, samt egenskaper ved overflater, stigninger, beplantning, kantmarkeringer og belysning. Fellesarealer inne trenger oppgradering både av overflater og belysning. Det vil være spesielt viktig med oppgradering av slusene mellom garasje og heis/trapperom, inkl. dørene.

I tilstandsvurderingen ble målte tall i et tidligere energiregnskap nærmere analysert, befaringer ble gjennomført, beboervanene ble undersøkt og lufttettheten ble målt. Det ble ikke funnet indikasjoner på at det høye energiforbruket til varmtvannsberedning er forårsaket av helt spesielle brukervaner. Likevel ble det pekt på at individuell måling og avregning vil innebære et stort sparepotensial. OBOS Prosjekt hadde tidligere laget et "Energiregnskap for Nordre Gran borettslag". Energiregnskapet skiller ikke mellom forbruk til oppvarming og annen privat strømbruk og gir derfor bare en indikasjon på oppvarmingsforbruk, som etter antatt fordelingsnøkkel ligger på forholdsvis moderat nivå i alle blokker, i hovedsak mellom 61 og 78 kWh per m² oppvarmet bruttoareal i 2008 (tallene ville være noe høyere per m² netto bruksareal). Strømforbruk til varmt tappevann var i gjennomsnittet 55 kWh/m² i 2008. Dette ligger betydelig over gjennomsnittet for tilsvarende boligblokker, som ifølge OBOS Prosjekt er 40 kWh/m². Sparepotensialet for energi til varmtvann ligger derfor høyere enn for energi til romoppvarming. Det er også avdekket sparepotensial i fellesvaskerier.

Beboerundersøkelsen avdekket svært dårlig inneklime, spesielt i leiligheter med mange beboere, antakelig på grunn av lavt luftskifte med det eksisterende ventilasjonsanlegget, samtidig som ventiler stenges for å unngå trekk. Trykktester viste at blokkene har bedre lufttetthet enn nybygg etter gjeldende byggt teknisk forskrift. Målte lekkasjetall (n_{50}) ligger mellom 0,5 og 1,1 h⁻¹ (enkelte leiligheter, målt uten støttettrykk). Begge disse faktorene medfører mindre varmetap enn en kunne forvente i boliger fra slutten av 1970-tallet. Dette betyr at energisparepotensialet til romoppvarming er lavere enn i sammenliknbare blokker. Samtidig indikerer

resultatene at det er svært viktig å utvikle et konsept for god ventilasjon og godt inneklima, uten at dette medfører store varmetap. Tabell 1 med resultater fra spørreskjemaet viser at mange beboere er misfornøyd med inneklimaet i boligen sin. Jo flere som bor i en leilighet, desto dårligere oppleves luftkvalitet og temperatur. Også problemer med trekk og fukt øker, hvis det bor flere personer i samme leilighet.

Andel svar: ja/misfornøyd	1-persons husstand	2-3 personer	4 personer og flere
Misfornøyd med luftkvaliteten i leiligheten	15 %	43 %	52 %
Misfornøyd med temperaturen i boligen	29 %	43 %	55 %
Plages du av trekk?	56 %	57 %	79 %
Har det vært fuktproblemer i din bolig?	21 %	55 %	58 %
Føles luften innestengt/støvete?	18 %	36 %	64 %
Er det dugg på vinduene om vinteren?	15 %	61 %	82 %
Plages du av lukt utenfra?	47 %	39 %	64 %

Tabell 1 Andel misfornøyde med inneklima. Fra beboerundersøkelsen, 95 husstander har svart.

Energikonseptet

Basert på konklusjonene i tilstandsvurderingen, har SINTEF Byggforsk utviklet et energikonsept for oppgradering av borettslaget etter passivhusprinsippet. Elementer i konseptet ble underveis diskutert med styret i borettslaget og med flere rådgivere i OBOS Prosjekt. Noe tidligere, og delvis parallelt hadde OBOS Prosjekt utarbeidet et kostnadsestimat for uansett nødvendige tiltak, fasadeisolering med 10 cm, skifte av vinduer, flere Enøktiltak samt noen alternativer for hvordan balkongene kunne rehabiliteres og innglasses.

Lønnsomhetsbetraktninger i rapporten om energikonseptet kunne bygge på disse kostnadsestimater. Rapporten med energikonseptet ble ikke ferdig i tide, og styret vedtok derfor å invitere beboerne til et informasjonsmøte uten å avvete rapporten. Det enkleste alternativet til OBOS Prosjekt ble presentert på et informasjonsmøte og vedtatt med enkelt flertall på ekstraordinær generalforsamling 11. april 2012. Det vedtatte, mindre ambisiøse konseptet, kalt OBOS Prosjekt, omfatter 10 cm tilleggsisolering på fasadene (samt eventuelt noe på taket), nye vinduer, luft-vann-varmepumper til varmtvannsberedning, individuell måling og fakturering av varmtvannsforbruk samt installering av tørkeromsavfuktere istedenfor varmevifter på fellesvaskeriene. Det ambisiøse oppgraderingsforslaget til SINTEF Byggforsk bygger på disse tiltakene, optimaliserer dem og supplerer dem med noen flere [Klinski et al. 2012].

Reduksjon av netto energibehov til romoppvarming og varmtvann

Energi behovet til varmtvann vil med begge konsepter kunne reduseres med nesten 40 prosent til et ”normalt” nivå, omtrent som i andre, sammenliknbare borettslag. Dette skyldes i hovedsak individuell fakturering og bruk av varmepumper. For energi til romoppvarming er bildet annerledes. Dagens bygninger bruker betydelig mindre energi til romoppvarming enn standardiserte beregninger forutsetter. Grunnen er at ventilasjonssystemet er så dårlig at luftkvaliteten ikke er tilfredsstillende, og at det med de lave luftmengdene også er mindre varmetap enn normalt. Bygninger med luftskifte etter teknisk forskrift vil ha bedre luftkvalitet, men også større varmetap. Netto energibehov til romoppvarming vil derfor øke betydelig.

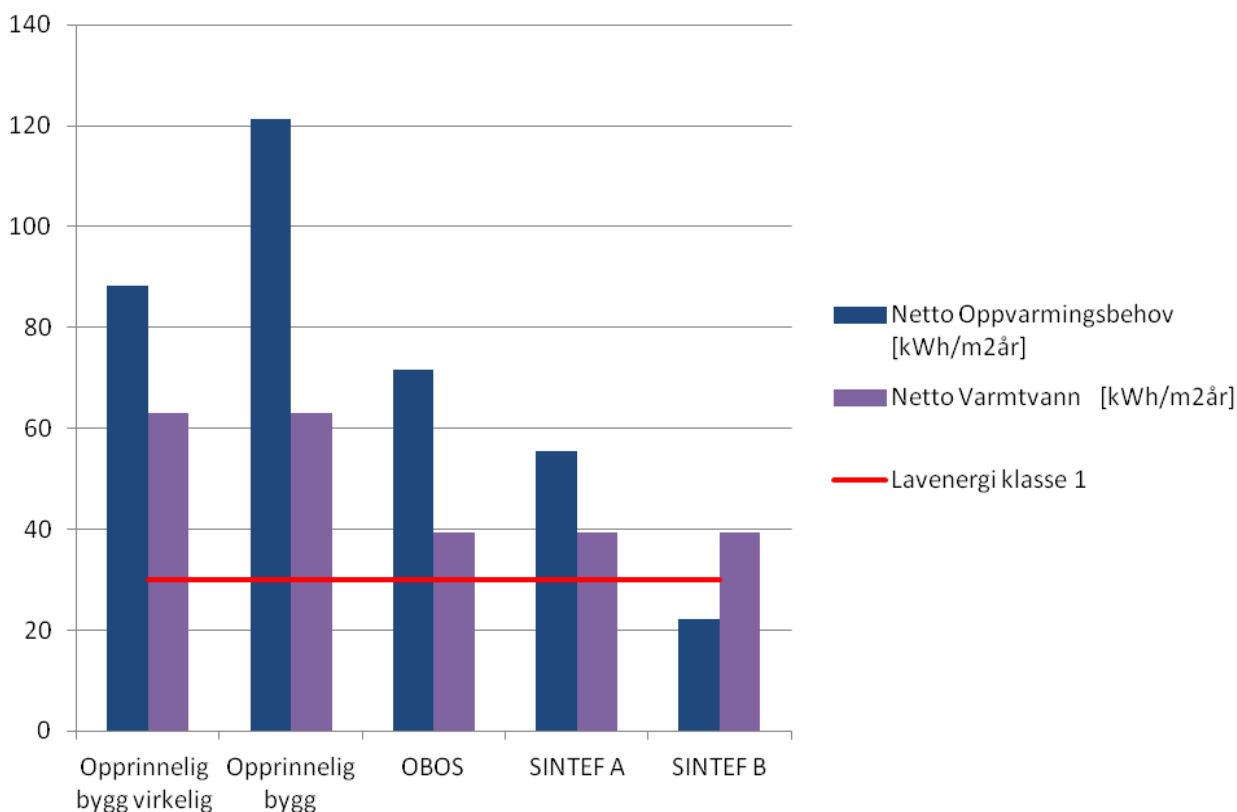
Tiltakene på bygningskroppen i det ambisiøse konseptet går i første rekke ut på å velge tykkere isolasjon og bedre vinduer enn det som inngår i det opprinnelige konsept (tilsvarende de tiltak som ligger til grunn for kostnadsoverslaget til OBOS Prosjekt). I tillegg anbefales å vurdere etterisolering overalt hvor det er planlagt rehabiliteringstiltak, dvs. også på tak og takterrasser. Videre er det noen forslag hvor tiltak med etterisolering er et alternativ til ren overflatebehandling, eller hvor betongsaneringen kan utføres i en enklere form fordi overflatene vil beskyttes gjennom foreslåtte tiltak. Disse tiltak vil bidra til ytterligere reduksjon av kuldebroer rundt sokkel og balkonger. Foreslåtte nye tiltak på sanitæranlegg og tekniske installasjoner er tidsstyring av ventilasjonspumpene, vannsparende armaturer (som opsjon for beboerne) og balansert ventilasjon med varmegjenvinning.

Tabell 2 oppsummerer de viktigste tiltakene med tilhørende U-verdier. ”SINTEF A” er et alternativ som er lik det endelig foreslåtte konsept, men uten balansert ventilasjon.

Tiltakspakke	Opprinnelig bygg	OBOS Prosjekt	SINTEF A	SINTEF B
Isolasjon fasader	10 cm, U=0,41	+ 10 cm, U= 0,19	+ 20 cm, U=0,13	+ 20 cm, U=0,13
Vinduer [W/m ² K]	U=2,8	U=1,20	U=0,80	U=0,8
Normalisert kuldebroverdi (Ψ'')	Antatt 0,15	Antatt 0,09	Antatt 0,07	Antatt 0,07
Isolasjon tak	17 cm, U=0,21	17 cm, U=0,21	Utblåst, U=0,08	Utblåst, U=0,08
Ventilasjon	Avtrekk, luftmengder virkelig/etter TEK	Forbedret avtrekk, luftmengder etter TEK	Forbedret avtrekk, luftmengder etter TEK	Balansert, 80 % varmegjenvinning, luftmengder etter TEK
Avregning varmtvann	Felles	Individuell	Individuell	Individuell

Tabell 2 Oppsummering av opprinnelig bygg og alternative tiltakspakker

Figur 1 nedenfor viser hvordan *netto energibehov i en eksempelblokk* først økes med forskriftsmessig ventilasjon, for så å kunne senkes med ulike tiltakspakker. Alle tre alternativer forutsetter individuell varmtvannsmåling og tilsvarende lik spareeffekt. Foreslåtte tiltak i SINTEF Byggforsk sitt alternativ A reduserer netto energibehov tydelig utover det nivået som oppnås etter tiltakspakken i kostnadsanslaget til OBOS Prosjekt. Det avgjørende for å oppnå lavenergi klasse 1 etter Norsk standard NS 3700 er imidlertid å installere balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning, slik det gjøres i alternativ B. Dette tiltaket er mer effektivt enn enda tykkere isolasjon og øker også komforten betraktelig. Sammenliknet med det opprinnelige bygget og ventilasjon etter Byggteknisk forskrift, vil ambisjonsnivået til OBOS Prosjekt redusere netto oppvarmingsbehov med ca. 40 prosent, mens ambisjonsnivået foreslått i SINTEF Byggforsk sitt alternativ B vil redusere behovet med 80 prosent.



Figur 1 Netto oppvarmingsbehov samt netto energibehov til varmtvann per år for blokk 14 (Granstangen 14 A, B og C). Fra venstre: opprinnelig bygg med virkelige luftmengder – opprinnelig bygg korrigert for ventilasjon med luftmengder etter Byggteknisk forskrift – rehabilitert bygg etter tre ulike tiltakspakker tilsvarende tabell 1 ovenfor. Søylen viser energibehov per kvadratmeter oppvarmet bruksareal, uten andre energiposter enn oppvarming og varmtvann. Horisontal linje viser maks oppvarmingsbehov for lavenergi klasse 1 etter Norsk standard NS 3700.

Reduksjon av behov for levert energi totalt

På basis av redusert netto energibehov i alternativ ”SINTEF B” har Byggforsk undersøkt forskjellige alternativer for tekniske installasjoner og simulert hvor mye disse vil bidra til å redusere behovet for levert energi. Disse alternativer er betegnet med bokstav B foran. Det ble også undersøkt alternativer for tekniske installasjoner hvor det er beholdt forbedret avtrekksventilasjon. Disse alternativer er betegnet med bokstav A. Følgende alternativer ble nærmere vurdert (alle inkluderer individuell måling og nye beredere):

- A1p: Montere avtrekksvarmepumpe for å levere forbruksvann, og tiltak for å redusere trekkubehag (bedre friskluftventiler og bedre isolerte vinduer).
- A0v: Montere uteluft/luft-varmepumpe (”multisplit”) for romoppvarming. Panelovn beholdes for spisslast.
- A1v: Kombinasjon av de to tiltakene over.
- B0p: Balansert ventilasjon og beholde panelovner for oppvarming, ved rehabilitering til lavenerginivå.
- B2p: Som over, men også montere uteluft/vann-varmepumpe for varmtvann.
- B2v: Balansert ventilasjon i kombinasjon med uteluft/luft-varmepumpe (”multisplit”) for romoppvarming. Panelovn beholdes for spisslast.

Alternativer for varmtvannsberedning: Hvis det beholdes avtrekksventilasjon for boligene, kan det monteres varmepumper som varmer opp varmt forbruksvann med varme tatt fra avtrekksluft på tak.

Avtrekksvarmepumpene kan dekke hele behovet for varmt bruksvann. Tiltaket vil være mer effektivt enn å benytte uteluft til oppvarming av forbruksvann fordi avtrekksluft har jevnlig høy temperatur over hele året. Dette vil også gi mindre slitasje i anlegget siden det blir en mye mer jevnlig drift utover året enn ved bruk av uteluft-vann-varmepumper. Balansert ventilasjon utelukker bruk av avtrekksvarmepumpe, men det kan alternativt monteres uteluft/vann-varmepumpe som tar varmen fra uteluft, tilsvarende forslaget fra OBOS Prosjekt. Dette kan dekke ca 70 % av behovet for varmt bruksvann.

Alternativer for romoppvarming: Siden Nordre Gran borettslag ikke har vannbåren oppvarming, er det ikke mulig å utnytte en løsning for energifleksibel oppvarming (sol, fjernvarme, bio osv.). Et alternativ er luft/luft-varmepumper, men med en innedel montert i stuen i hver leilighet. Felles takmonterte utedeler for hver oppgang kobles til flere innedeler (”multisplit-varmepumper”). I alternativer med forbedret avtrekksventilasjon vil dette tiltaket øke oppvarmingskapasiteten, slik at manglende kapasitet av panelovn ikke lenger er et stort problem; varmepumpen kan dekke 67 % av årlig behov for romoppvarming. I alternativer med balansert ventilasjon vil varmen fra den ene innedelen fordeles til hele leiligheten, også soverom, slik at panelovn kan være slått av over store deler av året; varmepumpen kan dekke 93 % av årlig behov for romoppvarming.

Alternativ	Ventilasjon		Varmtvann				Romoppvarming		Levert energi, kWh/m ² år		
	Balansert ventilasjon	Avtreks- ventilasjon	Elektrisk (i bereder)	Avtreks- varmepumpe	Luft/vann- varmepumpe	Solpaneler	Elektriske panelovner	Luft/luft- varmepumpe	Opprinnelig bygning (nåværende inneklima)	Opprinnelig bygning (TEK10- inneklima)	SINTEF fasadetiltak (TEK10- inneklima)
basis		•	•				•		185	223	131
A1p		•	○	•			•		-	-	110
A0v		•	•				○	•	-	-	107
A1v		•	○	•			○	•	-	-	84
B0p	•		•				•		-	189	102
B2p	•		○		•		•		-	-	88
B2v	•		○		•		○	•	-	-	75

Tabell 3 Tilstand etter rehabilitering – Beregnet behov for levert energi per år med forskjellige alternativer for ventilasjon, varmtvann og romoppvarming. Summen i kWh per kvm er et gjennomsnitt for hele borettslaget og omfatter alle energiposter, inkludert privat strøm og vifter og pumper, men ikke annen fellesstrøm.

Tegnene betyr: • = er med i alternativet, ○ = er beholdt for spisslast i alternativet, - = ikke beregnet

Alle alternativer er beregnet for blokk 14. Etterpå ble det estimert hva dette betyr for hele borettslaget. Tabell 3 ovenfor viser beregnet årlig behov for totalt levert energi per kvadratmeter oppvarmet areal som gjennomsnittstall for hele borettslaget. Basisalternativet (første linje i tabellen) viser levert energi for

borettslaget uten endring av tekniske installasjoner. Under ”levert energi” til høyre i tabellen vises først tall for opprinnelige bygg uten endring, så opprinnelige bygg med luftmengder etter Byggteknisk forskrift og til slutt rehabiliterte bygg etter foreslåtte tiltak.

Alternativ B2v er det beste alternativet både av energi- og komforthensyn. Multisplit-varmepumper vil imidlertid ha lavere lønnsomhet i dette alternativet. Grunnen er at varmegjenvinning i ventilasjonsaggregatet reduserer romoppvarmingsbehovet så mye at energispareeffekten av varmepumpen er lavere enn i alternativer med avtrekksventilasjon, som har høyere oppvarmingsbehov. Hvis multisplit-varmepumpen velges bort på grunn av manglende lønnsomhet, er B2p det anbefalte alternativet. Bortsett fra varmepumper til romoppvarming, omfatter dette alternativet de samme installasjoner som B2v. Energibehovet er så vidt større enn i alternativ A1v, men sistnevnte beholder avtrekksventilasjon og kan derfor ikke levere tilsvarende komfort og luftkvalitet som alternativer med balansert ventilasjon. Dersom det likevel ikke ønskes balansert ventilasjon, så vil alternativ A1v ha laveste behov for levert energi.

Både A1v og det anbefalte B2p vil kunne redusere totalt behov for levert energi med ca. 60 prosent, sammenliknet med opprinnelige bygg som får ventilasjonsmengder etter Teknisk forskrift. I virkeligheten vil det imidlertid bare spares ca. 55 prosent fordi eksisterende blokker ikke får tilstrekkelig ventilasjonsluft og derfor har mindre oppvarmingsbehov enn med god ventilasjon.

Lønnsomhet

På basis av kostnadsoverslaget til OBOS Prosjekt, erfaringstall fra andre prosjekter og innhentede priser har SINTEF Byggforsk estimert merkostnader for alternativene og også tatt hensyn til at alternativene med balansert ventilasjon vil kvalifisere for et stort tilskudd fra Enova. Oppsummeringen er vist i Tabell 4.

Tiltakspakke	Basis: OBOS	SINTEF B2v	SINTEF A1v	SINTEF B2p
Forventet prosjektkostnad	132	179	161	165
Enøktstilskudd	-1	-0,5	0	-0,5
Enovatilskudd	0	-13,7	-1,6	-13,7
Netto totale kostnader	131	164,8	159,4	150,8
Lånebehov uten egenkapital	131	165	159	151

Tabell 4 Estimerte totale kostnader i millioner kroner for hele prosjektet og avrundet lånebehov for ulike alternativer.

I neste skritt ble det sammenliknet månedlige kostnader for alternativene, det vil si summen av kostnader for nedbetaling av lån, andre kostnader som er inkludert i husleien samt felles og private energikostnader. SINTEF sine alternativer vil kvalifisere for grunnlån i Husbanken. Det ble derfor regnet med effektiv rente på 3,6 prosent i disse, mens effektiv rente i alternativet til OBOS Prosjekt ble anslått til 4,6 % (vanlig banklån).

Gjennomsnittlig strømpris ble anslått til 0,90 kroner per kilowattime. *Til forenkling ble hele investeringsbehovet regnet som lånebehov.* Når det tas hensyn til egenkapital, vil kostnadene bli mindre i alle alternativer, men relasjonene vil ikke endre seg vesentlig. Månedlige totale kostnader er oppsummert i Tabell 5 og Tabell 6.

30 års løpetid	Basis: OBOS	SINTEF B2v	SINTEF A1v	SINTEF B2p
Lånekostnader	670.534	750.391	723.104	686.721
Skattefradrag (snitt)	85.861	81.776	78.803	74.838
Spart energi	113.073	215.821	200.409	193.559
Sum økt kost ift. i dag	471.601	452.794	443.893	418.324
Økt/ redusert kost ift. basis	0	-18.807	-27.708	-53.276

Tabell 5 Månedlige totale kostnader for hele borettslaget og ulike alternativer, løpetid 30 år. Beløp i norske kroner beregnet med Husbankens lånekalkulator. Forutsetninger: Se teksten over.

20 års løpetid	Basis: OBOS	SINTEF B2v	SINTEF A1v	SINTEF B2p
Lånekostnader	837.058	967.684	932.496	885.578
Skattefradrag (snitt)	81.543	78.452	75.599	71.795
Spart energi	113.073	215.821	200.409	193.559
Sum økt kost ift. i dag	642.442	673.411	656.488	620.224
Økt/reduisert kost ift. basis	0	+30.969	+14.046	-22.218

Tabell 6 Månedlige totale kostnader for hele borettslaget og ulike alternativer, løpetid 20 år. Beløp i norske kroner beregnet med Husbankens lånekalkulator. Forutsetninger: Se teksten over.

Beregningene viser at alle alternativer i henhold til SINTEF tiltakspakke A eller B har lavere månedlige totale kostnader enn mindre ambisiøs rehabilitering, hvis en opererer med 30 års løpetid. Dette er ikke helt realistisk fordi noen tekniske installasjoner har mindre levetid enn 30 år. Det ble derfor laget en tilleggsberegning med 20 års løpetid. Her viser det seg at alternativer med varmepumper for både varmtvannsberedning og romoppvarming er mindre lønnsomme enn tiltakspakken fra OBOS Prosjekt. Forskjellen mot SINTEF A1v er imidlertid ikke stor og kan antakelig minskes gjennom god prosjektering og optimering. Alternativet SINTEF B2p kommer i alle tilfeller best ut.

Anbefalt alternativ

På bakgrunn av tekniske vurderinger, energiberegninger og kostnadsvurderinger anbefales at følgende tiltak inngår i et høyambisiøst energikonsept: 20 cm etterisolering av fasaden, passivhusvinduer, tiltak for å minske kuldebroer (spesielt ved balkonger og sokkel), etterisolering av tak og takterrasser, balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinning, individuell måling og avregning av varmtvannsforbruk, tidsstyring av sirkulasjonspumpene, varmtvannsberedere med uteluft/vann-varmepumpe, tørkeromsavfuktere og – som opsjon – luft/luft-varmepumper for romoppvarming med felles utedel.

I sum vil et slikt optimalisert energikonsept sikre god inneluft, eliminere trekk og kaldras samt redusere energibehovet betydelig utover det som kan forventes av tiltakene i den tidlige beboerinformasjonen. Strømregningene vil derfor bli enda lavere. Med det foreslåtte energikonseptet vil bygningene i borettslaget med god margin oppfylle hovedkriteriet for lavenergiboliger klasse 1 i henhold til Norsk standard NS 3700. Borettslaget kan derfor få et svært høyt tilskudd fra Enova. Tilskuddet er omtrent like høyt som kostnadene for balansert ventilasjon. Uten balansert ventilasjon vil man ikke spare så mye energi at man kan få et så stort tilskudd. I tillegg vil borettslaget kunne få grunnlån fra Husbanken med mye lavere rentesats enn i vanlige banker.

Tilleggsopsjon: installering av solceller

Oslo kommune og SINTEF Byggforsk deltar i EU-prosjektet ZenN, og Oslo kommune ønsker her å bruke Nordre Gran som pilotprosjekt. I forberedelsen av ZenN ble det undersøkt om Nordre Gran kan være egnet for produksjon av elektrisk strøm med solceller. Det foreslås å installere solcellepaneler på takene. Solcelleanlegget vil bli fullfinansiert av ZenN-prosjektet og gi borettslaget inntekter fra strømproduksjon. Takarealet er godt egnet for solceller; dimensjonering og utforming vil bli utredet nærmere i prosjektet, og optimalisert med hensyn til øvrige tiltak.

Lønnsomhet for den enkelte husstand, inkludert solceller på tak

På bakgrunn av justerte kostnads- og inntektsoverslag og borettslagets økonomi har OBOS Lån og Spar foretatt en ny likviditetsanalyse for å vurdere nødvendige justeringer av fellesutgiftene for borettslaget. På basis av denne analysen, samt beregning av spart energi per leilighet, har SINTEF Byggforsk stilt sammen utviklingen av fellesutgiftene for de ulike leiligheter, sparte energikostnader og summen sparte kroner – se Tabell 7. Med ambisiøs oppgradering vil det bli lavere husleieøkning enn i det vedtatte mindre ambisiøse alternativet. I det vedtatte ”alternativ 1” vil det bli en husleieøkning på 15 prosent i 2013, mens økningen bare blir 11 prosent med ambisiøs oppgradering. I 2014 er det i ”alternativ 1” behov for 10 % økning, mens det blir 11 % økning med det ambisiøse alternativet. Husleien vil fortsatt være lavere enn i ”alternativ 1”. Differansen mellom begge alternativer vises i kolonnene ”Spart leie” for 2013 og 2014. Ambisiøs oppgradering medfører også betydelig høyere energisparing utover det som kan forventes av ”alternativ 1”. Dette vises i kolonnen ”Spart energikostnad”. Med ambisiøs oppgradering vil hver husstand betale mindre husleie og i tillegg spare

energikostnader på egen strømregning. Summen av disse innsparinger vises i kolonnen ”Sum sparte kroner” til høyre i tabellen [Klinski 2012].

Ambisiøs oppgradering		Tiltak som i Alternativ 1 (se beboerinformasjonen til informasjonsmøtet 15. mars 2012), med disse forbedringer: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bedre isolasjon på fasader og tak ▪ Flere tiltak mot kuldebroer ▪ Bedre vinduer og balkongdører ▪ Balansert ventilasjon med varmegjenvinning ▪ Installasjon av solceller ▪ ENØK-støtte kr 500.000,- (reduisert fra 1 mill.) ▪ ENOVA-støtte kr 13.700.000,- ▪ EU-støtte kr 8.000.000,- ▪ Inntekter fra strømproduksjon kr 92.000,- per år 								
Budsjett:		Kr 173.231.625,- inkl. finanskostnader						Budsjettert rente: 3,2 %		
Låneoptak:		Kr 151.700.000,- (Husbanken, fastrente 20 år)						Nedbetalingstid: 30 år		
Leilighet		Grunnleie hver måned per 1.3. i norske kroner							Spart energikostnad	Sum sparte kroner
An-tall rom	Areal i kvm	I dag	Etter husleieøkning 2013			Etter husleieøkning 2014				
				Alternativ 1 + 15 %	Ambisiøs + 11 %	Spart leie	Alternativ 1 + 10 %	Ambisiøs + 11 %	Spart leie	Fra 1.7.2014
1	30,3	1947	2239	2161	-78	2463	2399	-64	-158	-222
2	60,4	3379	3866	3751	-115	4275	4163	-112	-315	-426
3	79,5	4415	5078	4901	-177	5585	5440	-145	-414	-559
4	104,2	5214	5996	5788	-208	6596	6424	-172	-543	-715
5	114,1	5731	6591	6361	-230	7250	7061	-189	-594	-783

Tabell 7 Husleie og sparte energikostnader for typiske leiligheter etter oppgradering

Konklusjon og veien videre

Boligblokker som er allerede svært lufttette og som har mindre varmetap på grunn av dårlig ventilasjon, kan i utgangspunktet ha mindre potensial for energisparing. Samtidig kan tiltak for bedre inneklime være spesielt viktig i nettopp slike boliger. Høyambisiøs oppgradering kan være lønnsom også her, men marginene kan være små. Potensialet som ligger i effektiv energiforsyning, bør derfor undersøkes, utnyttes og ses i sammenheng med bygningsmessige tiltak for å få en best mulig helhetlig løsning. Tiltak for bedre inneklime kan være essensielt i argumentasjonen siden disse medfører høyere komfort som ”bonus”.

I tilfelle Nordre Gran ville høyambisiøs oppgradering ikke være lønnsom uten gunstig Husbanklån og uten tilskudd fra Enova. På den andre siden viser prosjektet at et konsept som kan oppnå lavenergi klasse 1 iht. NS 3700, vil kunne utløse et så høyt tilskudd at balansert ventilasjon – og dermed mye bedre inneklime – vil være mulig uten store merkostnader. Inntekter fra strømproduksjon kan forbedre lønnsomheten betydelig, men i mangel av generelle støtteordninger gjelder dette foreløpig kun spesielle utvalgte prosjekter.

Det viste seg som svært krevende å presentere summen av økte/sparte felleskostnader og sparte private energikostnader som helhet. Styremedlemmer i borettslag og rådgivere i boligbyggelag er ikke vant til en slik presentasjonsmåte, som er absolutt nødvendig for å kunne overbevise beboere. Styret i Nordre Gran borettslag er positiv til konseptet for høyambisiøs oppgradering og diskuterer å foreslå et tilsvarende framlegg som tilleggsvedtak på generalforsamling i høst. Per 12.9.2012 er den endelige avgjørelsen ikke tatt.

Referanser

- [Denizou et al. 2011] Denizou, Karine, Michael Klinski, Pål Harstad og Morten Lian. *Tilstandsvurdering Nordre Gran borettslag*. Rapport. Oslo: SINTEF Byggforsk (2011)
- [Klinski et al. 2012] Klinski, Michael, Peter Schild, Bjørn Roar Krog, Pål Harstad og Anna Svensson. *Energikonsept for oppgradering av Nordre Gran borettslag*. Rapport. Oslo: SINTEF Byggforsk (2012)
- [Klinski 2012] Klinski, Michael. *Utkast: Informasjon om ambisiøs oppgradering av Nordre Gran borettslag*. Notat til styret. Oslo: SINTEF Byggforsk (2012)



TRONDHEIM, OCTOBER 21-23
FROM LOW ENERGY BUILDINGS TO
PLUS ENERGY DEVELOPMENTS

The full papers can be viewed at the conference web site www.passivhusnorden.no after the conference. Thanks to all the paper authors that have made a valuable contribution to the conference. Thanks also to the Scientific Committee for reviewing the papers.

The Scientific Committee of the Passivhus Norden 2012 conference has been:

Inger Andresen, Norwegian University of Science and Technology (NO)

Åke Blomsterberg, Lund University (SE)

Tor Helge Dokka, SINTEF Building and Infrastructure (NO)

Hans Eek, Passivhuscentrum (SE)

Per Heiselberg, University of Aalborg (DEN)

Anne Grete Hestnes, The Norwegian University of Science and Technology (NO)

Riikka Holopainen, VTT (FI)

Ulla Janson, MKB Fastighet (SE)

Timo Kalema, Tampere University (FI)

Gry Kongsli, the Norwegian State Housing Bank (NO)

Anne G. Lien, SINTEF Building and Infrastructure (NO)

Björn Marteinsson, Innovation Centre Iceland (IS)

Søren Pedersen, Passivhus.dk (DEN)

Tore Wigenstad, Enova SF (NO)

www.akademikaforlag.no



akademika
forlag