



ANNUAL REPORT 2014

NEW RESEARCH FINDINGS

Articles in English and Norwegian

- Hybrid solar energy - the best of two worlds?
- How do we put a price tag on energy efficiency?
- The consequences of expert-based media coverage
 - How smart are future windows?
- Will ZEB challenge the grid capacity?
 - Experiences from a ZEB workspace

The Research Centre on Zero Emission Buildings

ANNUAL REPORT 2014

*ZEB is the Norwegian locomotive
for sustainable architecture*



Fredrik Shetelig

Chairman ZEB | Dean NTNU

What becomes more and more evident now, when we can look back on five years of activity, is that the building industry in Norway gains substantially from the new knowledge and competence that we develop together here. The centre has demonstrated the ability to bridge basic research with applied new solutions in real live pilot projects to the satisfaction of our industry partners. As the single largest research project on sustainable buildings in Norway, ZEB represents a benchmark for the necessary research ambitions needed in the building industry to contribute to a sustainable future. With three years to go we are now approaching the harvesting phase of the project where collecting data from our pilot projects and dissemination of new knowledge becomes more and more important.

I am proud to be part of this journey as new chairman of the board.

Host institution

Faculty of architecture and fine art, NTNU -
Trondheim

Visiting address

ZEB
Alfred Getz vei 3, Sentrabygg 1, 8th floor,
7034 Trondheim

Centre Director

Arild Gustavsen, NTNU
arild.gustavsen@ntnu.no

Centre Manager

Anne Gunnarshaug Lien, SINTEF
anne.g.lien@sintef.no

Administration contact

Katrine Peck Sze Lim, NTNU
peck.lim@ntnu.no

The Board members

Fredrik Shetelig, NTNU (chair)
Arild Gustavsen, NTNU
Jonas Holme, SINTEF Byggforsk
Kim Robert Lise, Skanska
Phillipp Müller, SAPA Group
Zdena Cervenka, Statsbygg
Tine Hegli, Snøhetta
Jens Petter Burud, Caverion
Oddvar Hyrve, Weber AS

Leaders of the Work Packages

WP-1 Bjørn Petter Jelle, NTNU/SINTEF
bjorn.petter.jelle@sintef.no
WP-2 Berit Time, SINTEF
berit.time@sintef.no
WP-3 Hans Martin Mathisen, NTNU
hans.m.mathisen@ntnu.no
WP-4 Thomas Berker, NTNU
thomas.berker@hf.ntnu.no
WP-5 Birgit Risholt, SINTEF
birgit.risholt@sintef.no

CONTENTS

Summary	8
Vision and goal	10
Organization	12
Activities	14
Results	17
■ Means to achieve ZEB Hvordan oppnå ZEB	18
■ ZEB Living Lab – research with people ZEB Living Lab – forskning med mennesker	21
■ Finding form in dialogue Dialogbasert formgivning	25
■ Media coverage of low energy buildings Mediedekning av lavenergibygninger	29
■ Valuation of sustainable buildings Verdsetting av bærekraftige bygg	32
■ Too hot in the bedroom? For hett på soverommet?	34
■ Hybrid solar – best of two worlds? Hybride solfangere - det beste fra to verdener?	37
■ Can ZEB challenge the grid capacity? Kan ZEB utfordre kapasiteten i nettet?	40
■ Storing energy in the façade Lagring av energi i fasaden	43
■ Lightweight windows Lette vinduer	46
■ Slim – strong – insulating concrete? Slank – sterk – isolerende betong?	48
■ Lightweight aerogel glass Lett aerogel glass	51
■ ZEB concepts in practice Fungerer ZEB i praksis?	54
Key figures	60



Front and Reverse Page
Multikomfort. Photo: Paal A. Schwital/Metro

Layout
Erica Löffström

Editor
Anne Gunnarshaug Lien

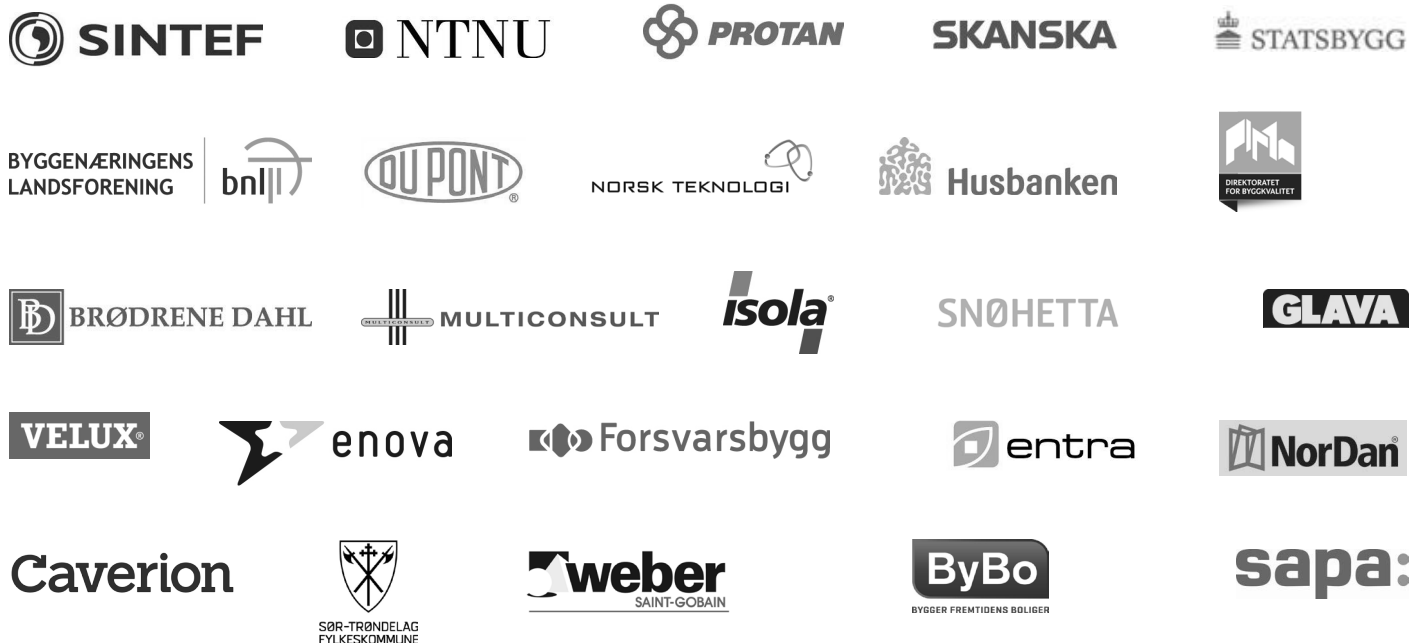
ISBN
ISBN: 978-82-536-1435-9 (pdf)
ISBN: 978-82-536-1436-6 (printed)

FME

The scheme of the Centres for Environment-friendly Energy Research (FME) seeks to develop expertise and promote innovation through focus on long-term research in selected areas of environment - friendly energy, transport and CO₂ management in close cooperation between prominent research communities and users.



The Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB) gratefully acknowledges the support from the Research Council of Norway, BNL – Federation of construction industries, Brødrene Dahl, ByBo, Caverion Norge AS, DiBK – Norwegian Building Authority, DuPont, Enova SF, Entra, Forsvarsbygg, Glava, Husbanken, Sør-Trøndelag fylkeskommune, Isola, Multiconsult, NorDan, Norsk Teknologi, Protan, Sapa, Skanska, Snøhetta, Statsbygg, VELUX and Weber.



Reference Group

Representatives from end user groups and relevant organizations

Forbrukerrådet (Norwegian Consumer Council)

NBBL (Norwegian Federation of Co-operative Housing Associations)

NVE (Norwegian Water Resources and Energy Directorate)

NAL (Norwegian Association of Architects)

Lavenergiprogrammet for bygg og anlegg (The Construction Industry Low-Energy Programme)

Norsk VVS Energi- og Miljøteknisk Forening (Driftsforum) (Forum for Building management, operation and maintenance of buildings at The Norwegian Society of HVAC)

Arkitektbedriftene (Association of Consulting Architects in Norway)

SUMMARY

In 2014 we completed the first demonstration buildings together with our partners



Arild Gustavsen

Centre Director ZEB | Professor NTNU

2014 has been a year with many important results for our Research Centre on Zero Emission Buildings (ZEB). The first demonstration buildings were completed; the new residential building Multikomfort Larvik, the renovated office building Powerhouse Kjørbo, and the first dwellings at Skarpnes. The demonstration projects show how new and existing technologies can be combined into making state-of-the-art zero emission buildings. All projects have received a lot of attention in the building community, both in Norway and internationally. Multikomfort Larvik is nominated for the Mies van der Rohe Award 2015, The European Union Prize for Contemporary Architecture, which is granted every two years to acknowledge and reward quality architectural production in Europe.

Snøhetta is the architect and Br. Dahl and Optimera are the building owners.

We have studied barriers against high environmental ambitions located on the side of the building owner and how the additional cost of an energy efficient building is framed in the Norwegian public. The main barriers against maintaining high environmental goals in large building projects were identified in internal goals that are not binding, environmental product declarations (EPDs) that are difficult to use, and transitional periods in the planning and building process. We found four dominant ways of framing additional costs of energy efficient buildings: a focus on innovation, on environmental costs, on energy efficiency measures and on direct

profitability for the construction firm. These frames influence profoundly how the numbers that are presented as “additional cost” are produced, presented and evaluated.

Optimizing the building envelope and its components is one of the key factors in order to reduce the energy demand of buildings. One study investigates the potential of using new and promising glazing technologies like thin polymer and glass films to improve the thermal performance, and another study explores the solar properties of a double glazing unit filled with a phase change material (PCM). A third study deals with the search for the optimal window-to-wall ratio (WWR) in different climates for an office building. The optimal WWR value was found

to be the one that minimizes, on an annual basis, the sum of the primary energy demand for heating, cooling and lighting. The results indicate that although there is an optimal WWR in each climate and orientation, most of the ideal values can be found in a relatively narrow range ($0.30 < \text{WWR} < 0.45$). Only south-oriented façades in very cold or very warm climates require WWR values outside this range.

Optimal energy supply and building services systems are also important. The substantial reduction of heating load in low-energy and passive house buildings has led to simplified heating systems. It is suggested that air heating should be supplemented by an extra heat source in bathrooms, and it should be possible to adjust the supply-air temperatures in the bedrooms separately from those in the other rooms. These findings are supported by questionnaires among people living in Norwegian passive houses. Furthermore, nominal power of state-of-the-art wood stoves was oversized for the needs of highly-insulated buildings. A model was developed to investigate the indoor thermal environment generated by wood stoves. A specific experimental setup has been developed to validate this modelling procedure. It was demonstrated that the model makes it possible to investigate how to accurately dimension a wood stove.

The zero emission building concept requires a new way of thinking of the energy system, as the energy flows are no longer only flowing from central energy producers to small end

consumers. Therefore, we have studied how the power market and the power system will be influenced by large scale introduction of zero emission buildings. A dynamic model with hourly time resolution has been developed, and it showed that the optimal investment decision was a combination of a bio pellets boiler, a photovoltaic system, and an electric boiler for peak load.

New materials have also been developed. Nano insulation materials (NIM) consisting of hollow silica nanospheres (HSNS) have been synthesized and we have succeeded in making hydrophobic HSNS without increasing the thermal conductivity. Furthermore, a method for the integration of life cycle assessment (LCA) in the design of NIM as HSNS has been developed. This method may also be utilized in the design and development of other new materials. The thermal resistance of concrete has been considerably increased by incorporating aerogel. However, to increase the thermal resistance more than the decrease in the mechanical strength represents a large challenge. New aerogel glass materials have been successfully prepared with a low thermal conductivity ($k \approx 0.17 - 0.18 \text{ W/(mK)}$), a high visible transparency ($T_{\text{vis}} \approx 91 - 96\%$ at 500 nm) and a low mass density ($\rho \approx 1.60 - 1.79 \text{ g/cm}^3$). Thermally insulating aerogel glazing units (AGU) have been assembled by incorporating silica aerogel granules into the cavity of double glazing units, which demonstrated that solar radiation (e.g. T_{vis} and T_{sol}) and thermal properties (e.g. U-value) are very dependent on the granulate size.

Last, but not least, in 2014 four ZEB PhD candidates defended their theses. These were;

- Liana Müller; “From Law to Turnkey: Negotiating Sustainability in Buildings”
- Usman I. Dar ; “Influence of occupants’ behavior on the performance of Net-Zero Emission Buildings”
- Krishna Bharathi; “Sustainability in Practice: Social Science Perspectives on Architectural Design, Research and the Implementation of Buildings Solutions”
- Nicola Lolli; “Life cycle analyses of CO2 emissions of alternative retrofitting measures”

VISION AND GOAL



Anne Gunnarshaug Lien
Centre Manager ZEB | Senior scientist SINTEF

*ZEB architecture is an expression
of form and energy solutions*

The vision of The Research Centre on Zero Emission Buildings, ZEB, is to eliminate the greenhouse gas emissions caused by buildings. This national research centre will place Norway in the forefront with respect to research, innovation and implementation within the field of energy efficient zero-emission buildings.

The main objective of ZEB is to develop competitive products and solutions for existing and new buildings that will lead to market penetration of buildings that have zero emissions of greenhouse gases related to their production, operation and demolition. The Centre encompasses both residential and commercial buildings, as well as public buildings.

In addition to being highly energy-efficient and carbon-neutral, the buildings and related solutions also have to fulfil a range of other criteria in order to be competitive. They need to provide a healthy and comfortable indoor environment and be flexible and adaptable to changing user demands and needs. They need to be cost-effective, i.e. give economic benefits to producers, users and the society. They need to be architecturally attractive and easy to construct, use, operate and maintain. Finally, they need to have minimum negative environmental impact during production, use and demolition, and be robust with respect to varying climate exposure and future climate changes



Multikomfort interior. Photo: Paal A. Schwital/Metro



ORGANIZATION

Organizational Structure

The Research Centre is organized as a joint NTNU/SINTEF unit, hosted by The Norwegian University of Science and Technology (NTNU). The Centre leadership is thus shared between the two organizations.

Centre Director: Professor, PhD Arild Gustavsen, NTNU, Faculty of Architecture and Fine Art, Dept. of Architectural Design, History and Technology.

Centre Manager: Senior researcher, PhD Anne Gunnarshaug Lien, SINTEF Building and Infrastructure, Architecture and Technology.

Senior Scientific Advisor: Professor Anne Grete Hestnes, NTNU, Faculty of Architecture and Fine Art, Dept. of Architectural Design, History and Technology.

Centre Industry Liaison: Vice President Terje Jacobsen, SINTEF Building and Infrastructure.

European Research Contacts: Professor Annemie Wyckmans, NTNU, Faculty of Architecture and Fine Art, Dept. of

Architectural Design, History and Technology.

The Centre has a General Assembly and an Executive Board. The General Assembly includes all partners. The General Assembly gives guidance to the Board in their decision-making on major project management issues and approval of the semi-annual implementation plans. The Board is responsible for the quality and progress of the research activities towards the Research Council of Norway and for the allocation of funds to the various activities. The Board is comprised of the Centre management and partner representatives. The user partners have majority on the Board and are selected from different groups of user partners.

The International Advisory Committee has representatives from leading international institutes and universities and will ensure international relevance and quality of the work performed. The Reference Group consists of representatives from end user groups and relevant organizations and is used both as a forum for testing the relevance of the work and to help disseminate the results to appropriate Norwegian audiences

The main participating NTNU departments are Dept. of Architectural Design, History and Technology (host institution), Dept. of Civil and Transport Engineering, Dept. of Interdisciplinary Studies of Culture, and Dept. of Energy and Process Engineering. The main SINTEF units participating in the Centre are SINTEF Building and Infrastructure, SINTEF Materials and Chemistry, and SINTEF Energy Research. In addition, cooperation is established with other relevant FMEs. SINTEF has status as research partner in the Centre.

The Work Package (WP) leaders coordinate the research tasks within the WPs, and report to the Centre management.

The leaders of the Work Packages are:

WP-1: Professor, PhD Bjørn Petter Jelle, Department of Civil and Transport Engineering, NTNU, Senior researcher, SINTEF Buildings and Infrastructure

WP-2: Chief Scientist, PhD Berit Time, SINTEF Buildings and Infrastructure (from 2015 Birgit Risholt, SINTEF)

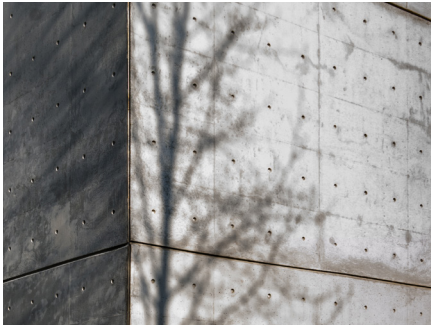
WP-3: Professor, PhD Hans Martin Mathisen, Dept. of Energy and Process Engineering, NTNU

WP-4: Professor, PhD Thomas Berker, Dept. of Interdisciplinary Studies of Culture, NTNU

WP-5: Research Manager, PhD Birgit Risholt, SINTEF Buildings and Infrastructure (from 2015 Inger Andresen, SINTEF/NTNU)



ACTIVITIES



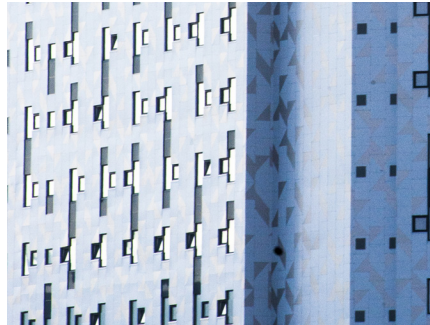
Main Activities in 2014

WP-1: Advanced Materials Technologies

Goal: Development of new and innovative materials and solutions, as well as improvements of the current state-of-the-art technologies.

The main activities in WP 1 in 2014 have been:

- Development of nano insulation materials (NIM)
- Development of glass materials with reduced weight, reduced thermal conductivity and improved light transmittance
- Investigations of aerogel granulate windows
- Development of advanced coatings for windows
- Evaluation of embodied energy and



carbon dioxide emissions for building constructions

Activities on aerogel granulate windows and new coatings for windows are further described in the results chapter.

WP-2: Climate Adapted, Low Energy Envelope Technologies

Goal: Development of climate adapted, verified, and cost effective solutions for new and existing building envelopes (roof, walls and floors) that will give the least possible heat loss and at the same time reduced need for cooling.

In 2014 the main research activities have been:

- Optimal thermal performance of sloped roofs, walls and floors
- Transparent facades and solar shading in Nordic climate



- Experience with BIPV (and PV/T)

The activity on transparent facades and results from one of the PhD candidates are presented in the results chapter.

WP-3: Energy Supply Systems and Services

Goal: Development of new solutions Goal: Development of new solutions for energy supply systems and building services systems with reasonable energy and indoor environment performance appropriate for zero emission buildings,

The main activities in 2014 in WP 3 have been:

- Development of an early decision support tool and guidelines for selection of renewable energy carriers
- Development of heat pump (HP) concepts for nearly zero energy

buildingsbuildings

- Studies of the effect of thermally super-insulated envelopes on heating and cooling performance
- Studies of user influence on energy use in residential buildings
- Studies of the interaction between zero emission buildings and the grid
- Life cycle assessment (LCA) for optimal design of ventilation systems
- Evaluation of a membrane-based energy recovery system

In the results chapter studies of the effect of super-insulated envelopes on heating and cooling performance and the interaction between zero emission buildings and the grid are presented.

WP-4: Use, Operation, and

Implementation

Goal: Development of knowledge and tools which assure usability and acceptance, maintainability and efficiency, and implementation of zero emission buildings.

In 2014 the main activities in WP 4 have been:

- Analyse existing building related procurement practices in organizations that build and own large non-residential buildings
- Studies of how the cost of sustainable buildings is discussed in the public
- Studies of scenarios for zero emission building refurbishment
- Studies of experts' role in the implementation of zero emission buildings (PhD Liana Müller)

The study of the cost of sustainable buildings and results from Liana Müller's PhD thesis on building experts' engagement with media are further presented in the results chapter.

WP-5: Concepts and Strategies for Zero Emission Buildings

Goal: Development of concrete concepts for zero emission buildings which can be translated into realized pilot buildings within the time frame of the centre.

The main research activities in 2014 in WP 5 have been:

- Further development of a revised zero emission buildings definition, with focus on material emissions
- Further development of zero emission building concepts for office and



Images from upper-left on previous page to lower-right on this page. Concrete wall at NTNU Campus Gløshaugen; Scandic Lerkendal hotel (nZEB); Photovoltaics on the roof of ZEB Living Lab; Artwork at NTNU Campus Gløshaugen; Plan of ZEB Living Lab; ZEB Living Lab exterior. Photos by: Anne J. Bruland.

residential buildings residential buildings

- Participation in design and development of pilot buildings (the first buildings were completed in 2014)
- Participation in the standardisation work for implementation of near zero, zero energy and plus energy buildings in Norwegian standards

Aerogel and vacuum insulation panels for energy retrofitting of buildings and powerhouse Kjørbo, the first zero emission pilot building, are further described in the results chapter.

Laboratories and Infrastructure:

Goal: Development and operation of building laboratories for investigation, testing and demonstration of new and innovative building technologies.

ZEB researchers have performed research in the following laboratories:

- Advanced Materials Technologies Laboratory
- Climate and Building Technologies Laboratory
- Energy and Environmental Laboratory

Several experiments have been and are being carried out in these facilities, both within the ZEB Centre and within other projects. For example, the turnable hot box has been used in several experiments, especially in WP 2 and in collaboration with ZEB partners. New tests are waiting in line.

The following laboratories have been further developed:

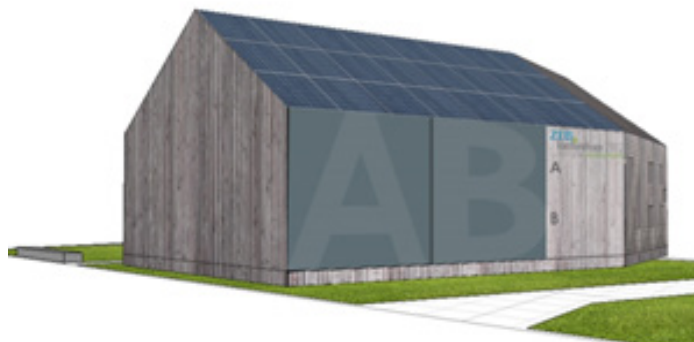
- ZEB Living Laboratory

- ZEB Research Laboratory

The construction of the two test buildings, ZEB Research Laboratory and ZEB Living Laboratory, is almost completed. The buildings will be used for studies of user-technology interaction and research on interconnected zero emission building technologies.

The laboratory facilities are an arena for risk reduction in implementation of zero emission building technologies, needed in buildings to become the default standard in 5-20 years, i.e. buildings with improved performance levels both with regard to energy use and climate robustness.

The ZEB Living Laboratory is further described in the results chapter.



Left: The ZEB Research Laboratory. A and B in the illustration refer to the two chambers that can be used to evaluate and compare the performance of different technologies. Illustration: Luca Finocciaro | Right: The ZEB Living Laboratory (under construction). Photo: Anne J. Bruland.

A photograph of a modern interior space. On the right, a wall is made of light-colored, textured bricks. In the foreground, a wooden staircase with a dark metal handrail and glass balustrade leads down. To the left, a blue armchair with several cushions sits on a wooden floor. Two small, round, dark-colored tables with light wood tops are next to the chair. The ceiling is white with a grid of recessed lighting. A green banner with white text is overlaid on the right side of the image.

RESULTS | RESULTATER

Results from the research activity are presented in short articles

| Et utvalg av forskningsresultatene er vist i form av korte artikler

It's the interdisciplinary challenges that make zero emission buildings research so interesting



MEANS TO ACHIEVE ZEB | HVORDAN OPPNÅ ZEB

Birgit Risholt (SINTEF) and Berit Time (SINTEF)

Energy use is a large contributor to greenhouse gas emissions from buildings in an international perspective. This is one reason for the requirements on energy efficiency of buildings in regulations and norms. The Norwegian requirements are defined as an annual maximum energy demand per square meter floor area. The passive house standards for residential and commercial buildings set stricter requirements than the current regulations, but the specifications only deal with the energy demand in the operational stage of the buildings' lifetime. This favours construction solutions that result in a low energy demand during operation, but that might have required a substantial amount of energy for

manufacturing of materials and components. The energy for production of construction materials and technical systems in modern and well insulated buildings have been proven to be higher than the total energy demand through 60 years of operation of the building. This is both due to the very low energy demand and to high use of materials for the construction and the installations. Evaluation of the whole life cycle of the building is needed to find the better solutions that give both a low energy demand and minimal greenhouse gas emissions.

Zero Emission Buildings, as defined by the Norwegian Research Centre on Zero Emission buildings (ZEB), require renewable

energy generation onsite to compensate for emissions from different stages of the buildings' lifetime. Electricity production from solar cells and/or heat production from heat pumps are examples of relevant technologies. Renewable energy production is illustrated by the green circle in the figure below. The orange circles shows the greenhouse gas emissions related to the different stages in a building's lifetime. The figure presents a case where the resulting emissions from material production are higher than the accumulated emissions from operation of the building. Construction and demolition contribute less (smaller circles).

ZEB has defined different performance levels

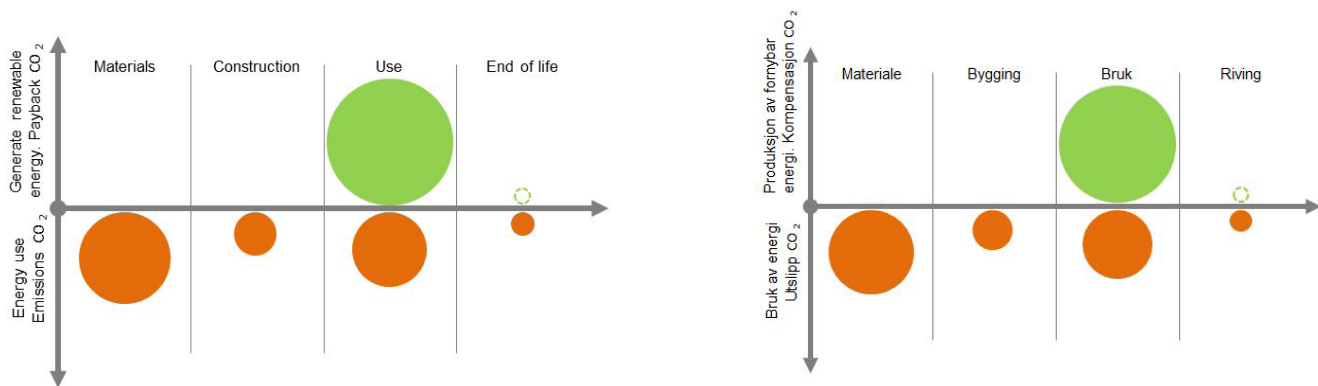


Illustration of ZEB ambition levels | Illustrasjon av ZEB ambisjonsnivåer

for Zero Emission Buildings. The renewable energy production can compensate only for emissions from operation, from materials and operation, or for the total emissions from the whole lifecycle, a so called Complete Zero Emission Building.

Plus houses shall produce a surplus of energy in the operational stage and can also fulfill a performance level as it is defined for a zero emission building. A zero energy building, however, only requires an energy production that covers the energy needed for operation of the building. This means that the orange and green circles for operation are of equal size. The contribution from materials is normally not assessed.

The ZEB demonstration buildings show that it is fully possible to realize zero emission buildings in Norway, but it is demanding to achieve the highest ambition level. Buildings and the operation of buildings are responsible

for 40 % of the global greenhouse gas emissions. Reduced emissions from buildings are an important contribution in the fight against global warming. Further research is required to learn more about the interaction between buildings, technical installations and energy systems as well as to develop new materials and components suitable for zero emission buildings. Such research and a future with more zero emission buildings will be a substantial contribution to a more sustainable future.

Utslipp av klimagasser er i stor grad knyttet til bruk av energi. For bygninger er det tradisjonelt sett bare stilt krav til energi i bruksfasen av bygget. Byggeforskrifter og standarder angir krav til maksimalt energibehov pr kvadratmeter bruksareal. Passivhus-standardene for boliger og næringsbygg stiller strengere energikrav enn dagens forskrifter, men fremdeles er kravene

bare knyttet til bruken av bygningen. Dette favoriserer løsninger som gir lavt energibehov i bruksfasen, men som kan ha krevd store mengder energi til produksjon av materialer og komponenter. For godt isolerte bygninger med mye teknisk installasjoner, vil energibruken og følgelig klimagassutslippene fra produksjon av materialer og komponenter, ofte være større enn det samlede energibehovet for hele bruksfasen. Årsaken til dette er todelt, på den ene siden er energibehovet i driftsfasen lavt, og på den andre siden er materialbruken høy til både bygning og installasjoner. For å finne de gode løsningene som både gir lavt energibehov og minimale utslipp av klimagasser, er det nødvendig å se på hele byggets levetid.

Nullutslippsbygg, slik ZEB definerer det, krever at det i bruksfasen produseres fornybar energi på bygget eller tomta for å kompensere for utslipp fra ulike faser i levetiden. Dette kan for eksempel være elektrisitetproduksjon

fra solceller og/eller varmeproduksjon fra en varmepumpe. Dette er illustrert i figuren nedenfor som en grønn sirkel. De oransje sirkelene viser utslipp av klimagasser i de ulike fasene av levetiden. Figuren for dette eksemplet viser at utslippene fra produksjon av materialer er større enn samlede utslipp fra bruk av bygget. Bygging og riving gir mindre bidrag (illustrert ved mindre sirkler). Det finnes ulike nivåer for nullutslippsbygg. Det første nivået er nullutslippsbygg hvor den fornybare energiproduksjonen veier opp for utslipp fra Bruk, neste nivå for utslipp fra Bruk og Materialer og for det mest ambisiøse nivået

for samlede utslipp fra hele levetiden, såkalt Komplett Nullutslippsbygg.

Plusshus skal produsere et overskudd av energi i bruksfasen, og kan dermed oppnå et av nivåene for nullutslippsbygg. Et nullenergibygget, slik det normalt omtales, krever bare at det produseres nok energi til bruk av bygget, det vil si at den oransje og grønne sirkelen (for fasen Bruk) vil være like store. Materialbidraget blir normalt ikke vurdert.

Pilotbyggene i ZEB viser at det er fullt mulig

å bygge nullutslippsbygg i Norge, men at det er svært krevende å nå det høyeste nivået. Bygninger og bruk av bygninger står for 40 % av alle klimagassutslipp i verden. Reduksjon av klimagassutslipp fra bygg er et meget viktig bidrag for å redusere utslipp av klimagasser og dermed for å minimere global oppvarming. Ytterligere forskning på samspillet mellom bygninger, tekniske installasjoner og energisystemer samt videre utvikling av bygningsmaterialer og komponenter tilpasset denne typen bygninger, vil bidra til en mer bærekraftig framtid.



Multikomfort Exterior. Photo: Anne G. Lien | Multikomfort utomhus. Foto: Anne G. Lien

Sustainability is a call for symbiosis and re-harmonization with nature



ZEB LIVING LAB – RESEARCH WITH PEOPLE – FORSKNING MED MENNESKER

Luca Finocciaro (NTNU) and Thomas Berker (NTNU)

Project framework

The ZEB Living Laboratory (Lab) at NTNU is a research laboratory designed with the aim of demonstrating how carbon neutral construction can be realized in the Norwegian climate, and of investigating how users interact with state-of-the-art technologies and low-energy buildings characterized by high indoor comfort conditions. Its design is the result of a multidisciplinary design process involving students, researchers and industry partners in the design of an energy positive house. The Living Lab was designed giving particular attention to flexibility both in terms of functional program and interchangeability of components. Thanks to that it will be possible to test both existing and under development technologies in relation to different kind of users. Beside environmental and energy performance analyses of the house conducted

by architects and engineers at NTNU and SINTEF, sociologists and anthropologists from both NTNU and SINTEF Building Research will conduct a series of experiments with 10-15 volunteering families invited to live in the building for 2-4 weeks each. The comparison between these families and how they interact with the building will offer a unique opportunity to better understand what difference users really make in terms of energy performance and environmental impact.

The Living Lab

The Living Lab, a detached house of around 100 m² heated surface, was designed in order to be representative of the Norwegian residential building stock for typology and dimension. Its plan is organized in two main areas: a living area towards south, and a studio/sleeping area towards north.

Flexibility of the plan was addressed in order to allow different functional programs (young couple, old couple or even a student housing). The building envelope, optimized in the climatic context of Trondheim, resulted in a highly insulated and tight envelope with a 20% glass ratio. The integration of phase changing materials in the roof aims at stabilizing temperature fluctuations and avoiding overheating problems due to the light construction.

The technical equipment, distributed in the central spine of the building, includes alternative solutions that can be independently tested. The heating system includes, for instance, two different thermal units connected to a floor heating system and a low-temperature radiator. A water-to-water heat pump, covering most of the heating, ventilation and DHW demands, is coupled with



NTNU professor Thomas Berker is inspecting the ZEB Living Lab before moving in with his whole family, hence becoming the first research objects of the project. Photo: Anne J. Bruland | Professor Thomas Berker ved NTNU på befaring. Sammen med familien flytter han inn i ZEB Living Lab, og blir dermed en av de første som bor der. Foto: Anne J. Bruland

a ground heat-exchanger. Its output is stored in a two-stage heat storage tank, equipped with two auxiliary electric coils that can be activated when the storage temperature falls under the set-point. It is connected to two solar thermal panels integrated in the building facade. The balanced ventilation system integrates a heat recovery unit with 85% efficiency and an additional electric coil capable of heating the inlet air up to 40 °C. Finally, a polycrystalline photovoltaic system of 12.5 KWP aims at converting enough energy to balance emissions due to building operation, materials and construction.

Monitoring environmental parameters and energy use patterns

The monitoring system has been designed in order to be flexible and allow later upgrading, avoiding custom or expensive solutions. Environmental parameters such as temperature, relative humidity, CO2 content and illuminance will be monitored throughout the entire living area, in continuous comparison with weather data collected outdoor. The energy system monitoring plan, through sensors mainly placed in the technical room, will record: heat pump heating output; energy delivered by the floor heating systems and radiator; energy for domestic hot water; energy for the water-based coil of the ventilation plant; energy output from PV and solar thermal panels; thermal energy delivered by the hydronic circuit. Electrical energy demand will be measured in almost every power circuit in order to record the use of electrical appliances, windows' drivers and

auxiliary systems.

Collecting and analyzing data

The data acquisition system will be based on the National Instrument compactRIO platform, based on a modular structure where units can be freely combined or added to suit future measurements' requirements. Such a system will be controlled through LabVIEW, a programming code specifically developed for sophisticated measurements allowing control systems actions, such as windows' opening in combination with the hybrid ventilation mode. The data acquisition system will also perform as input for controlling the window drivers on the basis of outdoor/indoor environmental parameters comparison.

Social experiments start

The Living Lab will first be used for public demonstrations of ZEB concepts and technologies. For this purpose, one or two test families that are willing to open their house to media and other visitors will move in and share their experiences made while living in a ZEB pilot building. Two ZEB researchers with their families have already signalled their interest to become these kinds of guides to the building. Second, the lab will be used to measure and describe the impact of the users' daily routines on the overall zero emission balance of the building. For this Ruth Woods, a social anthropologist from Sintef Building Research, and Marius Korsnes, a sociologist from NTNU's Centre for Technology and Society, will conduct a series of experiments



ZEB Researchers Francesco Goia (left) and Luca Finocciaro (right) discussing possible solutions in the ZEB Living Lab. Photo: Anne J. Bruland | ZEB Forskere Francesco Goia (venstre) og Luca Finocciaro (høyre) diskuterer mulige løsninger i ZEB Living Lab. Foto: Anne J. Bruland

with 10-15 volunteering families that will be invited to live in the building for 2-4 weeks each. The comparison between these families and how they interact with the building will provide a unique opportunity to better understand what difference users really make.

Bakgrunn for prosjektet

ZEB Living Lab ved NTNU er et forskningslaboratorium utformet med sikte på å demonstrere hvordan man kan realisere karbonnøytrale bygg i norsk klima, og hvordan ulike brukere utnytter og lar seg påvirke av lavenergi bygningens tekniske løsninger i et innemiljø som preges av høy komfort. Utformingen av det energipositive huset er et resultat av en tverrfaglig designprosess som involverte studenter, forskere og industripartnere. Det levende laboratoriet/ Living Lab, er designet med særlig fokus på fleksibilitet både når det gjelder en funksjonell planløsning og muligheter for utskifting av ulike komponenter. Dermed vil det være mulig å teste både etablerte løsninger og teknologier under utvikling i forhold til ulike typer brukere.

Foruten analyser av miljø- og energiytelse utført av arkitekter og ingeniører ved NTNU and SINTEF, vil sosiologer og antropologer fra både NTNU og SINTEF Byggforsk gjennomføre en rekke eksperimenter med 10-15 frivillige familier som blir invitert til å bo i bygningen i 2-4 uker hver. Sammenligningen mellom disse familiene og hvordan de samhandler med bygningen, vil gi en unik mulighet til å bedre forstå forhold ved huset som påvirker de som bor i det; hva det er i hverdagslivet som utgjør en forskjell og hva som er avgjørende for å oppnå lavest mulig energibruk.

Living Lab

Living Lab er en enebolig på ca 100 m² oppvarmet gulvareal som er utformet for å være representativ for den norske boligmassen. Planløsningen er organisert i to hoveddeler: stue mot sør og et studio/soverom mot nord. Flexibiliteten i planløsningen ble valgt for å legge til rette for ulike beboere (ungt par, eldre par eller til og med som studentbolig). Bygningens kroppen er tilpasset klimaet i Trondheim, og det

resulterte i en godt isolert og tett klimaskjerm med 20% vindusandel. For å stabilisere temperatursvingninger og imøtekomme periodevis høye varmetilskudd, benyttes det PCM (phase changing materials) i taket, noe som øker varmekapasiteten til den lette trekonstruksjonen.

De tekniske installasjonene er samlet langs den indre midtveggen og omfatter flere løsninger som kan testes og kjøres uavhengig av hverandre. For eksempel omfatter varmesystemet to forskjellige varmeenheter som er koblet til et gulvvarmesystem og en lav-temperatur radiator. En bergvarmepumpe (væske/vann) dekker det meste av varmebehovet for romoppvarming, ventilasjon og tappevann. En to-trinns varmtvannstank fungerer som varmelager. Den er også koblet til to solvarmepaneller som er integrert i bygningens fasade, og har elkolbe i reserve. Boligen er utstyrt med et balansert ventilasjonsanlegg med varmegjenvinner og varmebatteri som også kan dekke mye av oppvarmingsbehovet. Til slutt tar solcelleanlegget på taket, med polykrystallinske paneler og 12,5 kWp, sikte



ZEB Living Lab, photovoltaic panels on the roof. Photo: Anne J. Bruland | Solcellepanel på taket til ZEB Living Lab. Foto: Anne J. Bruland

på å produsere nok strøm til å balansere utslippene som kommer fra drift, materialer og oppføring av boligen.

Overvåking av miljøparametere og energibruksmønstre

Målings- og styringssystemet er designet for å være fleksibelt med mulighet for fremtidige oppgraderinger. Viktige innemiljøparametere som temperaturforhold, relativ luftfuktighet, CO₂-innhold og belysningsstyrke vil bli overvåket i hele oppholdsonen og i kontinuerlig sammenligning med utendørs værforhold. Gjennom sensorer hovedsakelig plassert i teknisk rom, vil målepunkter i energisystemet fange opp varmepumpens effekt; energien som tilføres gulvvarmesystemer og radiator; energi til varmtvann; energi til det vannbaserte varmebatteriet i ventilasjonsaggregatet; effekten fra solcellepaneler og solvarmepaneler; termisk energi levert gjennom den vannbårne kretsen. Elektrisk energiforbruk vil bli målt i nesten hvert enkelt lyspunkt og stikkontakt for å registrere bruken

av elektriske apparater, vindusmotorer og andre tekniske systemer.

Innsamling og analyse av måledata

Datainnsamlingen vil være basert på plattformen National Instrument CompactRIO. Den følger en modulær struktur hvor enheter fritt kan kombineres eller legges til for å passe fremtidige behov. Systemet vil bli kontrollert gjennom LabVIEW, en programmeringskode som er utviklet spesielt for avanserte målings- og styringssystemer slik at for eksempel åpning av vinduer kan skje automatisk i hybrid ventilasjonsmodus. Systemet vil også brukes for å kontrollere vindusventiler på grunnlag av en sammenligning av utendørs/innendørs miljøparametere.

De sosiale eksperimentene begynner

Living Lab vil bli brukt til offentlige demonstrasjoner av ZEB konsepter og teknologier i de første ukene. En eller to testfamilier, som er villig til å åpne huset sitt til media og andre besøkende, vil flytte inn

og dele erfaringene de gjør mens de bor i ZEB pilotbygningen. To ZEB forskere med familier har allerede signalisert interesse for å være guider i innkjøringsperioden. Deretter vil laboratoriet kunne brukes til å måle og beskrive hvor følsomt et nullhus er for ulike brukermønstre. Til denne studien vil Ruth Woods, sosialantropolog fra SINTEF Byggforsk, og Marius Korsnes, sosiolog fra NTNUs Senter for teknologi og samfunn, gjennomføre en rekke eksperimenter med 10-15 frivillige familier. Familiene blir invitert til å bo 2-4 uker hver. Studien av disse gruppene og hvordan de bruker huset i sitt hverdagsliv vil gi en unik mulighet til å bedre forstå hvilken betydning brukerne har for at boligen skal kunne bli et nullutslippshus.

References | Referanser:

Finocciaro, L., Goia, F., Grynning, S., Gustavsen, A., The ZEB Living Lab: a multi-purpose experimental facility. Presented at IEA EBC Annex 58 Expert Meeting; April 14-16 2014, Ghent, Belgium.

Buildings can have a positive impact on the climate and the environment



FINDING FORM IN DIALOGUE | DIALOGBASERT FORMGIVNING

Andreas Eggertsen Teder (NTNU) and Håkon Fyhn (NTNU)

A meeting between an architect and a social anthropologist has resulted in the work “Net-Positive Office Buildings and Dialogical Form Finding”. Andreas Eggertsen Teder is practicing architect at Snøhetta and PhD fellow at the Research Center on Zero Emission Buildings. Håkon Fyhn is social anthropologist and post-doctoral fellow at NTNU. Together they have set out on a journey to answer the question; How can Appreciative Inquiry (AI) and dialogue stimulate co-creative morphological development of Zero Emission Buildings?

The purpose of the study was to gain insight into critical elements of a design process that stimulates integration of new knowledge and innovation in buildings. The findings derive from the case study Powerhouse

(PH) Brattørkaia in Trondheim, a pilot project for the Research Centre on Zero Emission Buildings. PH Brattørkaia is planned to be Norway’s first newly built Plus-energy and Zero Emission office Building, i.e. it should locally produce more renewable energy than it consumes including energy bound in materials, energy used for construction, operation and deconstruction. The main data collection for this study was done through participation and observation by the first author, who had double roles throughout the schematic design phase; as a practicing architect and an observing researcher. The second author contributed with reflections on the nature of interdisciplinary dialogue and provided a theoretical framework for understanding dialogical development of form. The data from the participating observation

were furthermore triangulated with a series of in depth interviews performed by the Research Centre on Zero Emission Buildings, NTNU (Meistad and Strand 2012) as well as targeted interviews committed by the authors themselves.

The study focus on collaboration in early stage design development of Plus-energy office buildings. Crucial for collaboration was a consortium agreement where the key stakeholders formed an Integrated Design Delivery Solutions (IDDS) contract that stimulated work in-between the alliance partners. The consortium agreement made it possible for the design team members to collaborate across organizations and disciplines. The design process was structured in line with the Integrated Energy Design



Powerhouse Brattørkaia. Illustration: Snøhetta/MIR | Powerhouse Brattørkaia. Illustrasjon: Snøhetta/MIR

(IED) process, i.e. a early phase design process where the client and the design team collaborate and make use of the talents and insights of all participants to optimize lifecycle energy efficiency.. In the PH Brattørkaia design process the stakeholders that took part in the workshops were; Client representative, Project manager, Architect, Interior architect, Landscape architect, Environmental coordinator, Responsible engineer energy concept, Fire engineer, Electrical engineer, Daylight consultant, Structural engineer, Material adviser embodied energy, Mechanical engineer, Acoustical engineer, Entrepreneur, Producer of the climatic envelope, Building automation adviser, Renewable energy consultant, Risk management adviser, Cost adviser.

The schematic design phase was structured around a series of six workshops and stretched over a time period of approximately eight months from August 2011 until the

beginning of March 2012.

- WS-0 “Proof of concept” workshop
- WS-1 Vision, definitions and criteria
- WS-2 Programming and system boundaries
- WS-3 Energy reduction and production
- WS-4 Integration and optimization
- WS-5 Quality control

The study shows that achievement of the Plus-energy and Zero Emission Building target profit from development of skills and of a shared dialogical “field” which acts as a work-space for the interdisciplinary design team. Innovation appeared when a real meeting of perspectives took place in a dialogical interdisciplinary “field”. An example

of this is the demands on air flow rates in the Norwegian building code, which are relatively high compared to other European countries. To achieve a Net-Positive energy balance it was necessary to push the boundaries for established solutions; renegotiate “the rules of the game”, so to speak. Key for the low energy concept was the development of a hybrid ventilation strategy. The developed ventilation concept works with less air flow rates than traditional ventilation concepts. For this concept to work it was necessary to establish an agreement in the group to accept absolute minimum airflow rates. According to the process leader, this decision had to have foundation in the whole group, if not it could at some point stop the project. In particular it was essential that the one responsible for the area where a solution was negotiated, the one that could stop the project, was part of the decision to push the boundaries. Still it is demanding to achieve this dialogical “field” in terms of time and resources, but once it is achieved it may

prove to be a valuable “dialogical capital” that other projects may benefit from.

Beneficial for development of such a shared dialogical “field” is Appreciative Inquiry (AI) and a “whole system in the room” workshop procedure. Harmonization of goals, a clear definition of criteria and a common understanding of the calculation methodology were essential components that strengthened communication within the design team and deepened the “shared field”. An inclusive atmosphere motivated the consultants to contribute creatively to the design process “there and then” in the workshops, rather than just reacting on design suggestions from the architect. The interdisciplinary dialogue was further more stimulated by the IDDS contractual agreements that encouraged collaboration and shared responsibilities across disciplines, which lead to an increased will to share risk.

Et møte mellom en arkitekt og en sosialantropolog har resultert i arbeidet “Net-Positive Office Buildings and Dialogical Form Finding”. Andreas Eggertsen Teder er praktiserende arkitekt ved Snøhetta og PhD stipendiat ved ZEB-senteret. Håkon Fyhn er sosialantropolog og postdoktor stipendiat ved NTNU. Sammen har de satt seg fore å svare på spørsmålet; Hvordan kan Appreciative Inquiry (AI) og dialog stimulere tverrfaglig formgivning av nulltutslippsbygninger?

Hensikten med studien var å få innsikt i de kritiske elementene i en designprosess som stimulerer til integrering av ny kunnskap og

innovasjon i bygg. Funnene stammer fra casestudien Powerhouse (PH) Brattørkaia i Trondheim. ZEB pilotprosjektet PH Brattørkaia skal bli Norges første nybygde nullutslipps og nullenergi kontorbygning, dvs. at bygget planlegges for å produsere mer fornybar energi enn det forbruker inkludert bunden energi i materialer, energibruk til byggefasen, drift og rivning. Datainnsamlingen for selve studien ble i hovedsak foretatt gjennom deltakelse og observasjon av den første forfatteren, som hadde en dobbelt rolle i den tidlige designfasen; både som praktiserende arkitekt og som observerende forsker. Den andre forfatteren har bidratt med refleksjoner rundt designprosessen og har satt funnene inn i et teoretisk rammeverk for å øke forståelsen av tverrfaglig dialogbasert formgivning. Datagrunnlaget fra den deltakende observasjonen ble i tillegg triangulert med en rekke dybdeintervjuer utført av ZEB-senteret, NTNU (Meistad og Strand 2012) og målrettede intervjuer gjennomført av forfatterne.

Studien fokuserer på samarbeid i tidlig designfase av plussenergi/energipositive kontorbygninger. En unik konsortieavtale ble opprettet i forkant av prosjektet hvilket var avgjørende for en økt grad av samhandling. Partene tegnet en Integrated Design Delivery Solutions (IDDS) kontrakt. Konsortieavtalen gjorde det mulig for gruppemedlemmene å samarbeide på tvers av organisasjoner og fagfelt.

Designprosessen var strukturert i tråd med Integrert Energi Design prosessen (IED), dvs.

en designprosess med en intensiv tidligfase, hvor klienten og designteamet samarbeider og gjør bruk av kompetansen og innsikten til alle deltakerne for å optimalisere energiytelsen over byggets levetid allerede ved første strek. I designprosessen for PH Brattørkaia deltok bl.a. følgende interessenter på workshops; Representant for utbygger, prosjektleder, arkitekt, interiørarkitekt, landskapsarkitekt, miljøkoordinator, ansvarlig ingeniør for energikonseptet, rådgivende ingeniører fra fagfeltene brann, elektro, statikk, VVS og akustikk, samt entreprenør, fasadeproducent, og spesialrådgivere for bunden energi i materialer, dagslys, automasjon, fornybar energi, risikostyring, kostnadsrådgiver samt representanter fra en miljøorganisasjon og The Research Center on Zero Emission Buildings.

Skisseprosjektfasen ble strukturert rundt en serie av seks workshops og strakte seg over en tidsperiode på omtrent åtte måneder fra august 2011 til begynnelsen av mars 2012.

- WS-0 “Proof of concept” workshop
- WS-1 Vision, definisjon og konsept
- WS-2 Programmering og systemgrenser
- WS-3 Energi reduksjon og produksjon
- WS-4 Integrasjon og optimalisering
- WS-5 Kvalitetskontroll

Studien viser at oppnåelsen av plussenergi- og nullutslipps-målsettingen stimuleres

av utvikling av ferdigheter som skaper forutsetninger for at det kan skapes et delt dialogisk "rom". Dette dialogiske "rom" kan fungere som et løsningsrom for det tverrfaglige designteamet. Innovasjon stimuleres ved at ulike perspektiver kan møtes i et dialogisk tverrfaglig "rom". Et eksempel på dette er kravet til luftmengder etter de norske byggeforskriftene, som er relativt høyt sammenlignet med andre europeiske land. For å oppnå en positiv netto-energi-balanse var det nødvendig å utfordre etablerte løsninger; å omforhandle "spillereglene", så å si. Utviklingen av en hybridventilasjonsstrategi var nøkkelen for lavenergi-konseptet. Løsningen for ventilasjonskonseptet fungerer med mindre luftmengder enn tradisjonelle ventilasjonskonsepter. For at dette konseptet skal fungere var det nødvendig å lage en avtale i gruppen om å godta en absolutt minimumsluftmengde. Ifølge prosjektlederen måtte denne beslutningen ha forankring i hele gruppen, hvis ikke kunne det komme til å stoppe prosjektet på et senere tidspunkt. Spesielt var det viktig at den som var ansvarlig for området der en løsning ble forhandlet, stod bak beslutningen om å flytte grensene. Det er krevende å oppnå dette dialogiske "rom" i form av tid og ressurser, men når det er oppnådd kan det vise seg å være en verdifull "dialogisk kapital" som også andre prosjekter kan dra nytte av.

References | Referanser:

Forthcoming article in Energy and Buildings by Andreas Eggertsen Teder and Håkon Fyhn.



Zero Village Bergen. Illustration (extract): Snøhetta (architects often use sketches as part of the dialogue) | Illustrasjon (utsnitt): Snøhetta (arkitekter bruker ofte skisser i dialogarbeidet)

In Norway, the media communicate low energy buildings mainly through the voice of experts



MEDIA COVERAGE OF LOW-ENERGY BUILDINGS

MEDIEDEKNING AV LAVENERGIBYGNINGER

Liana Müller (NTNU) and Thomas Berker (NTNU)

The implementation of low-energy standards for buildings is promoted as an efficient and un-intrusive intervention toward sustainability. However, building codes and the technical requirements that enforce strict requirements are directly intervening in the private sphere of homes and are therefore likely to meet resistance. Media is able to explain why stricter requirements are necessary and weaken the resistance, but media can also take the side of opponents against stricter requirements and create a barrier against their implementation.

In this article, we observed how low-energy building concepts are communicated to the public by the media. Through the qualitative and quantitative analysis of 1774 news articles that appeared in the printed media in Norway between 2005 and 2012, we followed the interaction between media and building

experts, and depicted the key role played by experts in spreading the “news”.

As theoretical approach, we used mediatization, a term borrowed from media studies that describes what happens when processes and structures are enacted through technical media instead of face-to-face interaction. While communicating low energy concepts, print media in Norway relies heavily on experts' knowledge to inform about new, more sustainable buildings. In the analyzed newspaper articles, the media labels as “expert” each person that is considered to have relevant knowledge in building technology: building researchers, engineers, architects, physicists, building planners, developers.

We found two main types of expert involvement in the media. The first type is

the “fictive implementation” of low energy buildings, in which experts appear as pioneering users of low energy buildings through a “home story”. In this type, experts are presented with their families living in pilot buildings. They are shown in their private sphere, enjoying the new facilities and mastering the new technology. The media normalizes the new home, taking the experts from the “ivory tower” and transforming them into peers of the public. The potential contradiction between the “everyday home” of the expert and the “ground-breaking innovation” of the pilot building is blurred in these cases. The intention is to change the public opinion towards an increased acceptance of the “new home”. Here, the experts are persuaded to talk to the public and reformulate the topics of their research and practices to become familiar to the reader. A mutual learning process occurs among the



Plan of ZEB Living Lab. Photo: Anne J. Bruland | Planskisse av ZEB Living Lab. Foto: Anne J. Bruland

audience, the media and the experts.

The second type of expert involvement is through actual building projects. The building experts communicate with the public through media in e.g. widely publicized projects such as Brøset and Powerhouse, in which research institutions NTNU and Sintef and prestigious architecture offices, public institutions and environmental organizations play a key role. In these cases, experts are the main representatives in the media, both directly through interviews and (more often) through a “kronikk”, a written intervention similar to the American “op-ed” and a “feature story”, where their texts, with only marginal intervention of a journalist, are published. The analysis

shows clearly that experts avoid involvement in the media reporting of failing projects. The absence of engagement in fiascos and the prevalence of direct engagement (“kronikk”) show that experts choose carefully and strategically where to intervene. Building experts involve themselves with the media on their own terms.

To conclude, the mediatization of low energy buildings in Norway shows an overall supportive role of the media. We found opportunities for mutual learning among the audience, media and experts. Additionally, by conspicuously domesticating pilot buildings - connecting everyday life and technological innovation – the mediatization of low energy

buildings created a compelling image of the compatibility of the new with the known.

Implementeringen av lavenergistandarder for bygninger er fremhevet som et effektivt og lite påtregende virkemiddel for bærekraftig utvikling. Men strengere krav i bygningstekniske forskrifter får konsekvenser for hjemmets privatsfære og møter derfor motstand. Media kan bidra til å forklare nødvendigheten av strengere krav og dermed minske motstanden, men media kan også stille seg på motstandernes side og skape en barriere for implementeringen.

Vi har observert hvordan konsepter for lavenergibygninger er kommunisert til

publikum i media. Gjennom en kvalitativ og kvantitativ analyse av 1774 nyhetsartikler i trykte media i Norge mellom 2005 og 2012, har vi studert interaksjonen mellom media og bygningseksperter og beskrevet nøkkelrollen ekspertene har spilt i formidlingen av denne “nyheten”.

Som teoretisk tilnærming har vi brukt mediatisering, en term fra mediestudier som beskriver hva som skjer når prosesser og strukturer utspilles i tekniske media snarere enn i direkte mellommenneskelig kommunikasjon. Det er tydelig at norsk media støtter seg på ekspertenes kunnskaper i formidlingen av lavenergikonsepter og informasjon om nye, mer miljøvennlige byggemåter. I de analyserte avisartiklene, refererer media til en rekke ulike personer med relevant kunnskap om bygningsteknikk; både forskere, ingeniører, arkitekter, fysikere, planleggere og utbyggere.

Vi fant to hovedtyper av ekspertinvolvering i media. Den første typen er “fiktiv implementering” av lavenergibygg, der ekspertene fremstår som pionerbrukere av lavenergibygg gjennom en “hjemme-hos historie”. Ekspertene bor sammen med sine familier i pilotbyggene og fremstår som privatpersoner som er svært fornøyde med de nye tekniske løsningene som de mestrer helt fint. Media normaliserer det nye hjemmet og tar ekspertene ned fra “elfenbenstårnet” slik at de fremstår som folk flest. Den potensielle motsetningen mellom ekspertens “vanlige hjem” og den “banebrytende innovasjonen” blir visket ut. Hensikten er

å endre den offentlige oppfatningen til en økende akseptering av det “nye hjemmet”. Ekspertene blir ledet til å snakke til for folk flest og formidler resultatene fra sin forskning og praksis slik at det blir forståelig for leserne. En gjensidig læringsprosess oppstår mellom leserne, media og ekspertene.

Den andre typen ekspertinvolvering er gjennom nye byggeprosjekter. Bygningseksperter kommuniserer med publikum og formidler resultatene sine via media gjennom høyt profilerte prosjekter som Brøset og Powerhouse. Forskningsinstitusjoner som NTNU og SINTEF, prestisjefylte arkitektkontorer, offentlige institusjoner og miljøorganisasjoner spiller en viktig rolle i disse prosjektene. I disse tilfellene er ekspertene hovedpersoner i media, enten gjennom intervjuer eller (som oftest) gjennom en “kronikk”. Analysen viser tydelig at ekspertene unngår å involvere seg i media som skriver om mislykkede prosjekter. Fravær av engasjement i fiaskoprojekter og forekomsten av direkte engasjement i kronikker viser at ekspertene velger nøye og strategisk hvor de vil delta. Bygningseksperter involverer seg i media på sine egne premisser.

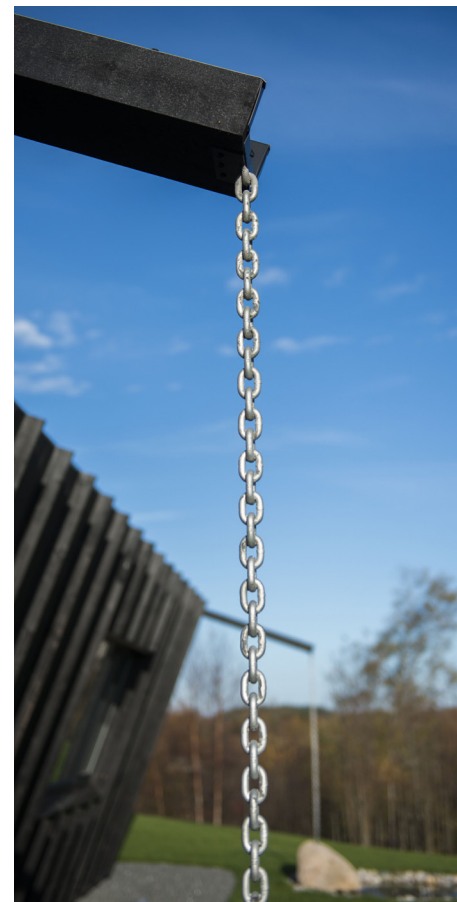
For å konkludere, mediatiseringen av lavenergibyggninger i Norge viser at media spiller en støttende rolle. Vi så muligheter for gjensidig læring for publikum, media og eksperter. I tillegg, ved å normalisere pilotbyggene og koble hverdagsliv med teknologisk innovasjon, har mediatiseringen av lavenergibyggninger bidratt positiv til et

inntrykk av at det nye og det kjente kan forenes.

References | Referanser:

Forthcoming article in Building Research and Information by Liana Müller & Thomas Berker.

Multikomfort Exterior, Photo: Paal A. Schwital/Metro | Multikomfort utomhus. Foto: Paal A. Schwital/Metro



How much more does a square meter of increased energy efficiency “really” cost?



VALUATION OF SUSTAINABLE BUILDINGS | VERDSETTING AV BÆREKRAFTIGE BYGG

Jøran Solli (NTNU) and Thomas Berker (NTNU)

Discussions about what new sustainable buildings cost are a central feature of Norwegian public discourse on the construction of buildings with high environmental ambitions. Economic calculations play a key role in the negotiations and controversies around new buildings. These calculations will always include and exclude certain factors, but exactly how these inclusions and exclusions are determined in architects', consulting engineers' and researchers' offices or on the construction site is crucial when it comes to the feasibility of constructing buildings with high environmental ambitions.

This work draws on perspectives developed in Science and Technology Studies (STS) that address the role of economics and economic tools in the shaping of society. In addition to describing widely different ways of

how “additional cost” is reasoned about, the paper discusses how the rhetorical power of the “additional cost” is made plausible. The underlying idea for such an analysis is that detailed descriptions of different framings will provide knowledge that can contribute to a more productive dialogue between the various groups involved in the construction of buildings with high environmental ambitions and in defining sustainability in the built environment.

Based on the performed studies of Norwegian printed media and expert reports on the cost of new sustainable buildings this paper describes four different ways of framing the cost of new buildings with high environmental ambitions. Whether there is a focus on innovation, environmental costs, ENØK or direct profitability for the construction firm profoundly influences how the numbers

that are presented as “additional cost” are produced, presented and evaluated. While a focus on innovation, for instance, would write off additional costs for on-site product development as productive investment, a focus on direct profitability cannot do so. And to factor in environmental costs (e.g. the contribution to climate change) is very different from the focus on cost-efficiency in an ENØK perspective. Differences between these four approaches are impossible to resolve into one number representing the “real” additional cost since all four are based on different interpretations of the term “cost” and what it should include or exclude. What is more, in order to contribute to a market breakthrough of zero emission buildings, all four types of motivations (innovation, environment, ENØK, private profit) are useful drivers, and to focus only on one of them would mean to miss three additional opportunities. Based

on these findings, there is a need for further discussions and research on how to present and calculate the “costs” and benefits of future ZEB buildings.

Diskusjoner om hva nye bærekraftige bygninger koster er et sentralt trekk ved norsk offentlig diskusjon om oppføring av bygninger med høye miljøambisjoner. Økonomiske beregninger spiller en nøkkelrolle i kontroverser rundt nye bygninger. Disse beregningene vil alltid inkludere og ekskludere visse faktorer, men nøyaktig hvordan disse bestemmes for eksempel av arkitekter, av rådgivende ingeniører, i forskernes kontorer eller på byggeplassen er avgjørende når det gjelder muligheten for å bygge med høye miljøambisjoner.

En analyse er gjennomført som bygger på perspektiver utviklet i vitenskaps- og teknologistudier (STS), mer spesifikt i studier av hvordan økonomi og økonomiske verktøy bidrar til formingen av samfunnet. I tillegg til

å beskrive vidt forskjellige måter for hvordan “merkostnader” er begrunnet, diskuteres hvordan “merkostnader” virker retorisk ved at det legger rammer for hva som blir relevant å legge vekt på. Den underliggende ideen for en slik analyse er at detaljerte beskrivelser av ulike innramminger vil gi kunnskap som kan bidra til en mer produktiv dialog mellom de ulike gruppene som er involvert i bygging med høye miljøambisjoner og å definere bærekraft i det byggede miljøet.

Basert på analyse av norske trykte medier og ekspertrapporter beskrives fire ulike måter å ramme inn kostnader ved nye bygninger med høye miljøambisjoner. Avhengig av om det er et fokus på innovasjon, miljøkostnader, ENØK eller direkte lønnsomhet for entreprenørfirma påvirker det hvordan de tallene som presenteres som “merkostnader” er produsert, presentert og vurdert. Mens et fokus på innovasjon, for eksempel, ville avskrive merkostnader for on-site produktutvikling som produktive investeringer, kan et fokus på direkte lønnsomhet ikke gjøre det. Og det

å beregne miljøkostnader (f.eks bidraget til klimaendringer) er svært forskjellig fra fokus på kostnadseffektivitet i et ENØK-perspektiv. Forskjellene mellom disse fire tilnærmingene er umulig å samle i ett tall som representerer den “ekte” merkostnaden siden alle fire er basert på ulike tolkninger av begrepet “kostnader” og hva det skal inkludere eller ekskludere. For å bidra til et gjennombrudd i markedet for nullutslippsbygninger er alle fire typer motivasjon (innovasjon, miljø, ENØK, privat profitt) nyttige drivere, og å fokusere bare på en av dem ville bety å gå glipp av tre ekstra muligheter. Basert på disse funnene, er det behov for videre diskusjoner og forskning på presentasjon og beregning av “kostnader” og fordelene ved fremtidige ZEB bygninger.

References | Referanser:

Solli, J., Berker, T. Economic feasibility and zero emissions buildings - a state of the art report. ZEB Project Report nr 19:2014. SINTEF Academic Press, ISBN 978-82-536-1419-9.



Experts visiting Multikomfort. Photo: Anne G. Lien | Ekspertene besøker Multikomfort. Foto: Anne G. Lien

*If you can't sleep, don't count sheep.
Check the supply air temperature!*



TOO HOT IN THE BEDROOM? | FOR HETT PÅ SOVEROMMET?

Magnar Berge (NTNU/HiB)

The reduced heat loss through the building skin, the reduction of air leakages and the use of a mechanical ventilation with heat recovery (MVHR) in low-energy and passive house buildings have substantially reduced or even eliminated problems with too low temperatures, as experienced in old leaky buildings throughout history. This improvement is highly appreciated by the occupants.

However, user surveys as well as simulations and measurements in residential low-energy and passive house buildings have revealed that there is a high degree of oversupply of unnecessary and even unwanted heat. There has simply become too much of a good thing.

In old buildings it is common that only some rooms are heated, they are often only heated

when in use, and the room temperatures are generally kept at a moderate level. In contrast, in new residential buildings the whole building is usually continuously heated to higher temperatures. Those changed thermal conditions in dwellings are more or less consciously chosen and controlled by the occupants.

However, current building concepts and commonly used heating and ventilation systems limit the possibility to have different temperatures in different parts of the dwelling. A reduced heat loss through the building skin will lead to an increased degree of evening out of the temperature within the dwelling. In addition, commonly used one-zone MVHR-systems supply the same temperature to all rooms and consequently also contribute to a

balancing of the temperature.

Simulations for a bedroom in a row house with only one exterior wall show that with a typical factory set point of 20°C for the supply air from the MVHR, the lowest achievable room temperature is around 19°C during the coldest period in winter (Figure 2). Even if the set point for the supply air temperature is reduced to 10°C, the lowest achievable room temperature is nearly 18°C. Besides, a reduction in the supply air temperature of a one-zone MVHR will cool down other rooms in the dwelling and substantially reduce the heat recovery efficiency.

Other influential factors, such as solar insolation, commonly higher temperatures in adjacent bathrooms or an open bedroom door

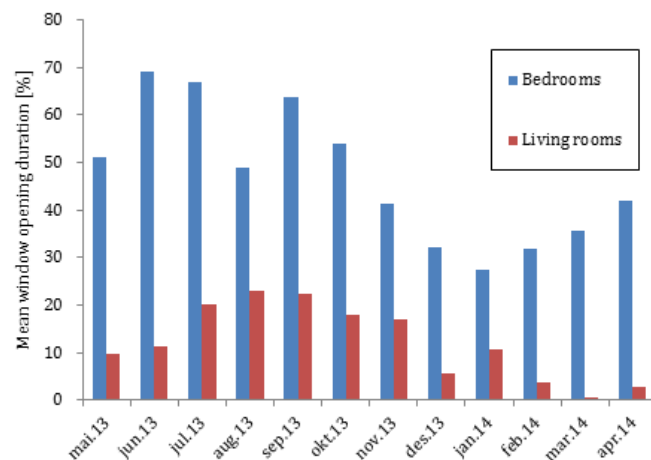
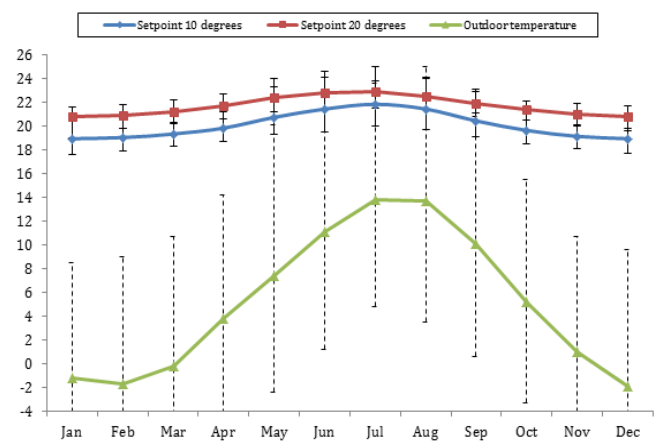


Figure 1 (left): Monthly mean-max-min room air temperatures [°C] in a typical bedroom at different supply air setpoint temperatures and Trondheim climate conditions; Figure 2 (right): Measured mean window opening duration in bedrooms and living rooms in three apartments in the Løvåshagen cooperative | *Figur 1 (venstre): Månedlige middel-, maks- og minimums-innelufttemperaturer [°C] i et typisk soverom i Trondheims klima ved ulike temperaturinnstillinger på lufttilførselen. Figur 2 (høyre): Gjennomsnittlige åpningstider på vinduslufting i soverom og stue målt i tre leiligheter i Løvåshagen borettslag.*

will further increase the room temperature. Measurements confirm the high temperature level in bedrooms.

User surveys indicate a certain degree of adaptation to the higher temperatures in bedrooms, but many occupants report dissatisfaction with the thermal conditions and prefer a cooler bedroom. Windows in bedrooms are therefore opened also during the heating season. The dominant stated reason for opening the bedroom window in the investigated low-energy and passive house buildings is to reduce the room temperature, not to increase the fresh air supply.

Measurements show significant higher window opening durations in bedrooms than in living rooms (Figure 2).

These findings show a great potential for increased thermal comfort as well as reduced energy use in residential buildings. Therefore, a further development of concepts for the building design as well as for the heating and ventilation systems is required in order to provide the right temperatures at the right time and place. Current requirements and recommendations regarding thermal conditions in residential buildings during winter only set lower temperature limits. It is suggested to also set requirements that allow the occupant to control the temperature in bedrooms within a certain range.

Mindre varmetap gjennom bygningskroppen, reduserte luftlekkasjer og bruken av balansert ventilasjon

med varmegjenvinner i lavenergi- og passivhusboliger har nærmest eliminert problemene med kalde gulv, kaldras og avstråling fra dårlig isolerte vinduer og vegger og trekk innendørs, som er utbredte fenomen i eldre boliger. Disse forbedringene er kvaliteter som verdsettes av beboerne.

Imidlertid viser undersøkelser blant beboere, simuleringer og målinger, at det i lavenergi- og passivhusbygninger kan oppstå et overskudd av uønsket og til dels uønsket varmetilførsel. Det har rett og slett blitt for mye av det gode.

I eldre bygninger er det vanlig at det kun er de rommene som er i bruk som blir oppvarmet og temperaturen blir ofte holdt på et moderat nivå. Dette står i kontrast til nye boliger med

åpne planløsninger hvor hele boligbygningen ofte oppvarmes til høyere innetemperaturer. Disse forandringene i varmekomfort er mer eller mindre en del av en villet utvikling, bestemt og styrt av beboerne.

Med dagens mye brukte oppvarmings- og ventilasjonssystemer begrenses muligheten til å ha forskjellige temperaturer i ulike deler av boligen. Redusert varmetap gjennom bygningskroppen vil bidra til økt grad av utjevning av temperaturforholdene i boligen. I tillegg brukes gjerne ett sones ventilasjonsaggregater som leverer den samme temperaturen på tillufta i alle rom og dermed også bidrar til en utjevning av innetemperaturen.

Simuleringer av et soverom i et rekkehus med bare én yttervegg viser at med en typisk fabrikkinnstilt verdi på 20 °C for tillufta etter varmegjenvinner, er den laveste romtemperaturen som oppnås under den kaldeste perioden vinterstid omtrent 19 °C (Figur 2). Selv om settpunktet for tilluftstemperaturen reduseres til 10 °C, vil den laveste romtemperaturen fortsatt være nesten 18 °C. Dessuten vil en reduksjon i tilluftstemperatur på et typisk ett-sones ventilasjonsaggregat også kjøle ned de andre rommene i boligen og vesentlig redusere effektiviteten på varmegjenvinningen.

Andre faktorer, som solinnstråling, høyere temperaturer i tilgrensende badrom eller en åpen soveromsdør vil ytterligere bidra til å øke romtemperaturen. Målinger bekrefter det høye temperaturnivået i mange soverom.

Brukerundersøkelser viser at noen beboere tilpasser seg til høyere lufttemperaturer, men mange beboere rapporterer misnøye med de termiske forholdene og foretrekker å sove i kjøligere soverom. Soveromsvinduer er derfor gjerne åpne også i fyringssesongen. I lavenergi- og passivhusboligene som er undersøkt, så er ønsket om å redusere romtemperaturen hovedårsak til vinduslufting, ikke ønsket om å øke frisklufttilførselen.

Målinger viser et betydelig høyere omfang av vinduslufting i soverom enn i stuene (figur 2).

Disse funnene viser et stort potensial for å bedre termisk komfort og redusere energibruken i boliger. Derfor er det nødvendig med en videreutvikling av konsepter for utforming av boligene, så vel som varme- og ventilasjonsløsninger for å gi rett temperatur til rett tid og sted. Gjeldende krav og anbefalinger for termiske forhold i boliger i vinterstid oppgir bare nedre temperaturgrenser. Det foreslås også å sette krav som gir beboeren mulighet å kontrollere temperaturen i soverommet innenfor et visst område.

References | Referanser:

Forthcoming article by Magnar Berge, Hans Martin Mathisen in Journ. Green Buildings

Multikomfort Interior. Photo: Paal A, Schwital/Metro | Multikomfort Interiør. Foto: Paal A. Schwital/Metro



It's always sunny behind the clouds



HYBRID SOLAR – BEST OF TWO WORLDS? HYBRIDE SOLFANGERE – DET BESTE FRA TO VERDENER?

Clara Good (NTNU)

In a net zero energy building, an nZEB, the energy demand is supplied by renewable energy sources installed on the building itself. The use of solar energy is one of the main strategies employed to reach an energy balance. Buildings require energy both in the form of heat and electricity during operation, which can be provided by solar thermal collectors and photovoltaic (PV) modules (solar cells). However, in projects with ambitious energy targets or limited available area for installations, the two solar technologies are sometimes competing for the available space on the buildings' roof and facades.

Heat and electricity from the sun

A photovoltaic-thermal module, or PV/T module as it is also called, is a combination

of PV module and a solar collector. A PV/T module therefore generates electricity and heat simultaneously, in one module.

While PV modules absorb much of the incoming sunlight, they convert only about 15-20% of it to electricity. The rest of the energy in the solar radiation is converted to heat in the module. Since the efficiency of a PV module decreases with increasing module temperature (about $-0.4\%/^{\circ}\text{C}$), this is in fact a double loss.

The idea of a PV/T module is to use air or a liquid to transfer the excess heat away from the PV cells. This increases the electric efficiency of the cells, and makes it possible to use the heat that would otherwise be wasted. The combined energy output per area of a PV/T module can therefore be higher than of

a pure PV or solar thermal module. From an architectural point of view, a PV/T installation can also provide a more uniform appearance than separate installations of PV modules and solar collectors.

Is a hybrid system better than two separate ones?

A simulation study was performed to try to answer this question, that is, to determine whether an installation of PV/T would give a higher energy output compared to an equally sized installation of PV and solar thermal collectors placed side by side.

The ZEB residential concept, a building model developed at the ZEB Centre, was used for the simulations. The building, which has a very low energy demand, was simulated with

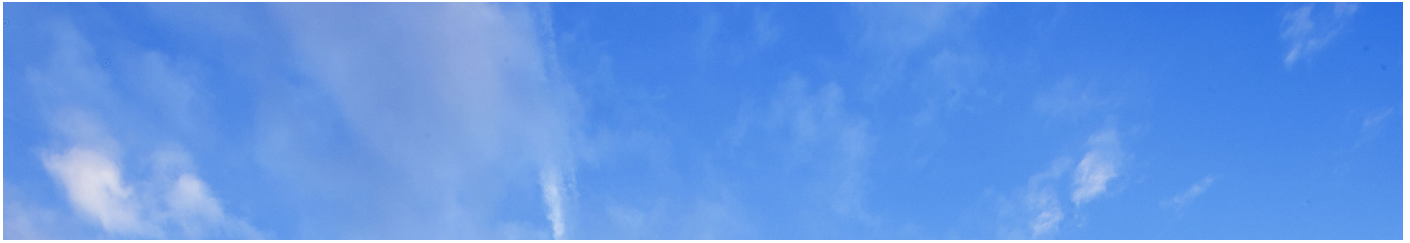


Photo (extract): Paal A. Schwital/Metro | Foto (utsnitt): Paal A. Schwital/Metro

different combinations of PV, solar thermal and PV/T modules placed on the roof.

The results suggest that the answer to the question above depends on what the alternative is. It also depends on how different energy carriers are valued. In this analysis thermal energy and electricity is valued equally, a significant simplification that favors thermal output.

With the limited number of PV/T products that are currently available on the market, there does not seem to be a benefit from simply exchanging solar thermal modules with PV/T modules. Of the systems that were analyzed in this study, the installation with separate solar thermal and PV modules gave the highest energy output and covered the highest percentage of the building's total energy demand (around 65%).

On the other hand, if the alternative installation is a PV system, the use of PV/T modules can give about the same amount of electricity, plus additional thermal energy (provided that the efficiency of the solar cells is similar). Compared to the PV installation in this example, the total energy output is

increased by up to 20% compared to a PV system.

It is clear that PV/T modules should not be seen as just a combination of a PV module and solar collector, but as different type of solar component. In general, the thermal output from PV/T modules is of a lower temperature than from solar thermal systems. Experiences from other countries indicate that PV/T systems work well in systems where low temperature heat is useful, such as in combination with ground source heat pumps. Installing a PV/T system instead of a PV system in buildings with ground source heat pumps means that the low temperature heat from the PV/T modules can be used to "recharge" the ground and prevent it from cooling over time, thereby increasing the efficiency of the system.

I et netto nullenergibygg, nZEB, blir energibehovet dekket av fornybare energikilder installert på selve bygningen. For å oppnå netto energibalanse er bruk av solenergi en av de viktigste strategiene som benyttes. Bygninger har behov for energi både i form av varme og elektrisitet

som kan komme fra solfangere og solceller (PV- photovoltaic). I prosjekt med ambisiøse energimål eller med begrenset areal for installasjoner, kan disse to teknologiene måtte konkurrere om den tilgjengelige plassen på bygningens tak og fasader .

Varme og strømproduksjon fra sola

Et hybridsolpanel, eller en såkalt PV/T modul, er en kombinasjon av solfanger og solcellepanel. En PV/T modul kan generere både elektrisitet og varme fra sola samtidig i en modul.

Mens et vanlig solcellepanel absorberer mye av energien i sollyset, er det kun 15-20 % av solstrålingen som omdannes til elektrisitet. Resten av energien blir til varme i modulen. Siden effektiviteten for solceller reduseres ved høyere temperaturer (ca. $-0.4\%/^{\circ}\text{C}$), blir dette et dobbelt tap.

Ideen bak PV/T moduler er å bruke luft eller væske til å lede overskuddsvarmen vekk fra solcellene. Dette øker den elektriske virkningsgraden til solcellene, og gjør det mulig å utnytte solvarmen som ellers ville gått til spille. Den samlede energiproduksjonen

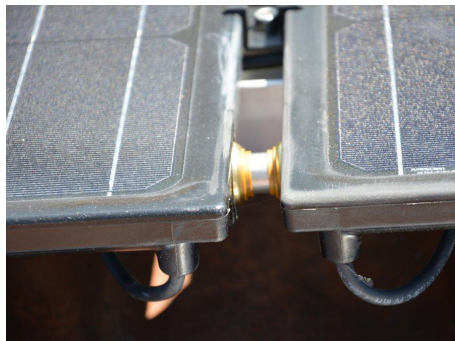
fra PV/T moduler kan derfor bli høyere enn fra rene solcellepaneler eller solfangere. Fra et arkitektonisk synspunkt, kan en PV/T-installasjon også gi et mer ensartet og stilrent utseende enn separate installasjoner av PV moduler og solfangere.

Er et hybrid system bedre en to separate?

En simuleringsstudie ble utført for å prøve å svare på dette spørsmålet. Hensikten var å finne ut om en installasjon av PV/T vil gi en høyere energiproduksjon enn en installasjon med samme dimensjon for solfangere og solcellepanel plassert side om side.

ZEB boligmodellen (en virtuell bygningsmodell utviklet ved ZEB senteret) ble brukt for simuleringene. Bygningen ble simulert med ulike kombinasjoner av solcellepanel, solfangere og PV/T moduler plassert på taket. Takflaten som var satt av til modulene ble holdt på samme størrelse.

Resultatene tyder på at svaret på spørsmålet



ovenfor avhenger av hva som er alternativene. Det avhenger også av hvordan man vurderer ulike energibærere. I denne analysen er termisk energi og elektrisitet regnet som likeverdige, en forenkling som favoriserer varmeeffekt.

Med det begrensede utvalget av PV/T produkter som finnes på markedet, synes det simpelthen ikke å være noen fordel å bytte solfangere med PV/T moduler. Blant systemene som ble analysert i denne studien, ga alternativet med separate solfanger- og solcellepanel den høyeste energiproduksjonen og dekket den høyeste andelen av bygningens totale energibehov (rundt 65 %).

Dersom den alternative installasjonen er et rent solcelleanlegg, vil man ved bruk av PV/T moduler kunne oppnå omtrent den samme strømproduksjonen, i tillegg til ytterligere varme (forutsatt at effektiviteten til solcellene er lik). Sammenlignet med PV installasjonen i dette eksempelet er det totale energiutbytte økt med opp til 20 % sammenlignet med et



rent solcelleanlegg.

Det er tydelig at PV/T moduler ikke bør bli sett på som bare en kombinasjon av en PV modul og en solfanger, men heller som en annen type solenergikomponent. I utgangspunktet har den termiske effekten fra PV/T moduler lavere temperatur enn i rene solfangeranlegg. Erfaringer fra andre land tyder på at PV/T moduler fungerer godt i anlegg der lavtemperaturrenneri er nyttig, for eksempel i kombinasjon med bergvarmepumper. Installering av PV/T-moduler i stedet for solcelleanlegg i bygninger med bergvarmepumper betyr at lavtemperaturrenneri fra PV/T modulene kan brukes til å "lade" grunnen og hindre nedkjøling av grunnen over tid, for dermed å øke effektiviteten av systemet.

References | Referanser:

Forthcoming article by Clara Good, Inger Andresen and Anne Grete Hestnes. CISBAT 2015



Stock photos of a hybrid photovoltaic-thermal installation of approx. 30 m². | Eksempelbilder av en installasjon med hybridsolpanel på ca. 30 m² som produserer både varme og elektrisitet.

“Perhaps building designers and electric grid designers will have to sit at the same table and work together



CAN ZEB CHALLENGE THE GRID CAPACITY? KAN ZEB UTFORDRE KAPASITETEN I NETTET?

Igor Sartori (SINTEF)

Onsite electricity generation at the building level is expected to increase systematically and progressively in Europe and in Norway, especially due to the requirement for all new buildings to be nearly zero-energy by the end of 2020. A large market uptake of prosumers – buildings that both produce and consume electricity – might have an impact on the design and upgrade of distribution grids. A distribution grid is traditionally planned according to the expected peak load, considering the grid as a one-way distributor of power to the customers; while the advent of a large number of prosumers will change this paradigm. Buildings will, at times, be net producers of electricity and will therefore export it to the grid, potentially challenging the grid's capacity limits. In this study a bottom-up approach is used to test if or when ZEB may challenge the grid's capacity.

The Norwegian case study (analyzed in parallel to a Spanish case study) is based on a neighbourhood of 200 single family houses equipped with PV (solar cells) on the roof. The building envelope satisfies the requirements for the national definition of a passive house, while space heating and hot water are supplied by an air-source heat pump as base system, with an electric resistance as top-up heater to cover peak loads. Therefore, the houses are all-electric, since also cooking is electric. Hot water withdrawals and internal gains, such as occupancy, lighting and plug loads, are simulated with a stochastic user behaviour model so that also the resulting space heating need is different from house to house, despite the identical envelope. The average load for the entire neighbourhood is approximately 5,200 kWh/y per household, or 33 kWh/(m²y). Each house has an installed PV capacity of 6.0 kWp, with various tilts and

orientations. The average yearly yield from PV is ca. 5,300 kWh/y per household, so that the neighbourhood as a whole is a plus energy neighbourhood.

At a single household level the peak load might easily be as high as 10 or 15 kW, but at aggregated level, e.g. for 200 households, the average peak load per household is about 4 kW due to the time variability of loads in the households.

The generation multiple (GM) relates the peak of the generation system to the peak load. The value of GM in a purely consumer building – with no onsite generation – would be zero. In ZEB or prosumer buildings a GM value greater than one means that the generation peak is higher than the load peak, and therefore indicates that there might be stress on the grid or that the distribution grid should



Photovoltaic panels on the roof of Powerhouse Kjørbo. Photo: Anne. G. Lien | Solcellepanel på taket til Powerhouse Kjørbo. Foto: Anne. G. Lien

be dimensioned based on the generation peak rather than the load peak.

Results for Norway (see figure) show that the GM from bottom-up simulations tend toward a value of ca. 1.4, while standard grid sizing methods (here the Velanders formula) prediction flattens at slightly less than 1.1. This indicates that in a Nordic climate, with very well insulated all-electric houses and large PV installations (that balance the entire annual demand) there might be stress on the distribution grid, also when this is dimensioned with the more conservative values from Velanders formula.

The effect of newer types of electric loads, such as electric vehicle charging and induction cooking plate, were not considered. This energy need will require increased load peak. Additionally, the simulations considered

average hourly values, while literature shows that for houses with electrical heating there might be differences of more than 50% when considering intervals of a few minutes. These aspects point in the direction of increasing the concerns of ZEB challenging the grid's capacity.

Lokal kraftproduksjon på bygningsnivå forventes å øke gradvis i Europa og i Norge, særlig på grunn av kravet til at alle nye bygg skal være nesten nullenergi innen utgangen av 2020. Stor markedsøkning av prosumenter - bygninger som både produserer og forbruker elektrisitet – kan ha en innvirkning på utbygging og oppgradering av distribusjonsnettet. Tradisjonelt har overføringskapasiteten i nettet vært planlagt i henhold til forventet topplast med utgangspunkt i nettet som en enveis distributør av strøm til kundene.

Introduksjonen av et stort antall prosumenter vil endre dette paradigmet. Bygninger vil til tider være netto produsenter av elektrisitet og vil eksportere overskudd til strømmettet. Dette overskuddet kan potensielt utfordre kapasitetsgrensen i nettet. I denne studien er en bottom-up tilnærming brukt til å teste om og når ZEB kan være en utfordring for kapasiteten i nettet.

Den norske case studien ble analysert parallelt med en spansk casestudie, og er basert på et nabolag med 200 eneboliger utstyrt med PV (solceller) på taket. Bygningskroppen tilfredsstiller kravene til den nasjonale definisjonen av passivhus, mens romoppvarming og varmtvann er levert av en luft til vann varmepumpe som grunnlast, med en elektrisk kolbe til å dekke spisslasten. Dermed er husene helelektriske, siden matlagingen også er

basert på elektrisitet. Varmtvannsutttak og internlast, som bruksmønster, belysning og utstyr, er simulert med en stokastisk modell av brukeratferd slik at også det resulterende romoppvarmingsbehovet er forskjellig fra hus til hus, til tross for en identisk bygningskropp. Gjennomsnittlig belastning for hele nabolaget er ca 5200 kWh/år per husholdning, eller 33 kWh/(m² år). Hvert hus har installert solceller med kapasitet på 6,0 kWp, med ulike helninger og orienteringer av panelene. Det gjennomsnittlige årlige utbytte fra solstrøm er ca. 5300 kWh/år per husholdning, slik at nabolaget som helhet er et plussenerginabolag.

For enebolignivå kan topplasten lett bli så høy som 10 til 15 kW; men på aggregert nivå for 200 boliger, vil den gjennomsnittlige topplasten være ca 4 kW på grunn av variasjonene i husholdningenes bruk.

The generation multiple (GM) viser forholdet mellom effekttoppen for solstrømproduksjon og belastningstoppen. Verdien for GM i en bygning som er en ren energikonsument – uten direkte lokal energiproduksjon – vil være null. I en bygning som er en såkalt produsent, vil en GM verdi som er større enn én bety en topp for solstrømproduksjon som er høyere enn belastningstoppen og derfor indikerer at det kan bli et krevende tidspunkt for nettet, eller at distribusjonsnettet burde vært dimensjonert basert på produksjonstoppen i stedet for belastningstoppen.

Resultater for Norge viser at GM fra bottom-up simuleringer tenderer mot en verdi på ca. 1,4

mens standard nett dimensjonering (Velander formelprediksjon) flater ut på litt mindre enn 1,1. Dette indikerer at i et nordisk klima med svært godt isolerte helelektriske småhus og store PV-installasjoner (som balanserer hele den årlige etterspørselen) kan det oppstå stress i distribusjonsnettet, også når dette er dimensjonert med de mer konservative verdiene fra Velander's formel.

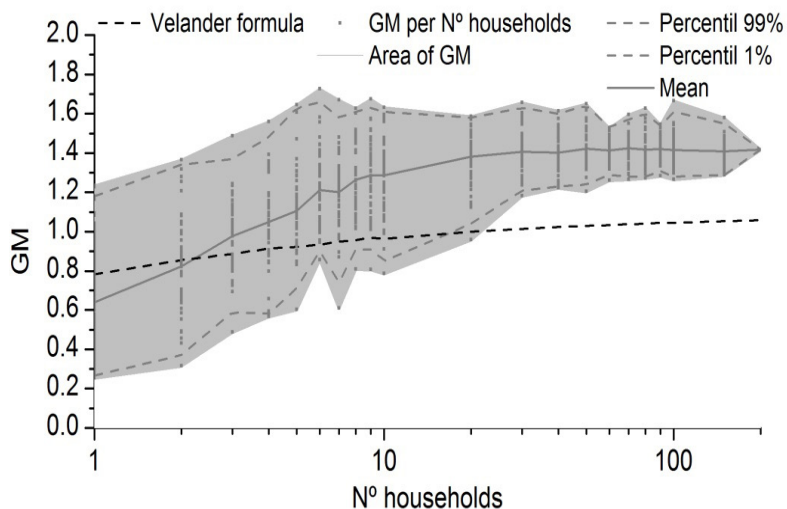
Nye typer elektrisitetsforbruk som lading av el-biler og bruk av induksjonsovner til matlaging er ikke tatt hensyn til i studien. Dette er forbruk som vil kreve høyere topplasteffekt. I tillegg er gjennomsnittlige timesverdier brukt i simuleringene, mens litteratur viser at for hus med elektrisk oppvarming kan det være en forskjell på mer enn 50% ved intervaller på noen få minutter. Disse aspektene peker i retning av økt bekymring for at ZEB utfordrer nettets kapasitet.

References | Referanser:

(f) Igor Sartori*, Joana Ortiz, Jaume Salom, Usman Ijaz Dar* (* NTNU)

WSB Conference – World Sustainable Buildings, 28-30 Oct., Barcelona, Spain; Original title: Estimation of load and generation peaks in residential neighbourhoods with BIPV: bottom-up simulations vs. Velander

Generation Multiple per household (y-axis) for increasing number of households considered (x-axis, logarithmic scale). Velander's formula results in dashed black line. Bottom-up stochastic simulation results in the grey area, showing data points, mean and 1st and 99th percentiles.



“The window of the future will make smart use of light and solar energy”



STORING ENERGY IN THE FAÇADE | LAGRING AV ENERGI I FASADEN

Francesco Goia (NTNU)

Solar energy plays an important role in buildings, providing daylight and heat through windows and transparent components in general. These building elements have therefore a crucial impact on the energy performance of buildings, affecting passive use of solar gains, cooling and daylighting availability.

One particular window technology, that may represent improvement development of present-day systems, is based on the incorporation of a Phase Change Material (PCM) layer into a transparent system.

PCMs are materials characterized by an elevated energy storage potential occurring when the PCM undergoes a phase change. In practice, when exposed to heat, the material starts melting and collects large amount of (thermal) energy, that it is later realised when

it solidifies. PCMs are therefore used to store energy within the building when this is in excess and to make it available when there is a lack of it. Because of the transparency/translucency of certain PCMs, it is possible to create a building component that exhibits a high energy storage density together with a certain degree of transparency to solar radiation. Therefore, this class of technology transforms the façade into a thermal/solar energy storage element while still allowing the exploitation of daylight.

Within the framework of a wide research activity on the effectiveness of this concept, a dedicated investigation on the optical properties of window systems with PCMs was necessary to fully understand the behaviour of these components when it comes to interaction with solar radiation and transmittance of light. In fact, although

some research activities on this topic have been carried out in the past, very little data concerning the optical properties of such materials can be found in the literature making it difficult to carry out reliable simulations of these systems.

In order to deepen the understanding of the optical behaviour of PCM windows, different samples (characterized by several thicknesses of PCMs and different PCMs) were tested by means of a large integrating sphere equipment, a so far not common test bed for assessment of optical properties in glazing systems. This apparatus is necessary because, when in solid state, PCMs are translucent and transmitted electromagnetic radiation is scattered, making it impossible to obtain correct values for the main optical properties when conventional detection systems are used.



Appearance of a PCM window. Left-hand side, transparent when PCM is liquid (hot); Right-hand side, translucent when PCM is solid (cold). | Utseende på et vindu med PCM. Til venstre, transparent når PCM er i flytende form (varm); Til høyre, translucent når PCM er i fast form (kald).

The spectral and angular characterisation of glazing systems that include PCM layers has been carried out and both the liquid and the solid state of aggregation of the PCM (a paraffin wax) have been investigated. Transmittance, reflectance and absorptance, for the solar radiation and in the light range, have been measured for different beam angles and with different thicknesses of PCMs. The experiments have pointed out the highly diffusive behaviour of the PCM layer, with increasing weight of the translucent transmission mode as the PCM layer thickness increases. Thanks to a better knowledge of the optical behaviour of these systems new configurations of PCM windows can now be simulated using the newly developed data set of optical properties and optimisation of such a component can be carried out for different boundary conditions, such as climate or building types.

This research has shown that PCM glazing systems can represent an interesting technology for the building envelope of the future because of their optical and thermal properties. In particular they show good daylight exploitation, a valuable light transmission mode (mostly direct-to-diffuse, which reduces glare discomfort and improves light distribution), a reduction and time shift of the peak of solar gains, and the increase in the thermal mass of the building, while they still provide the perception of “lightness”, transparency and light transmission – important aesthetic issues in buildings.

Solenergi spiller en viktig rolle i bygninger. Den gir tilgang til dagslys og varme gjennom vinduer og andre transparente bygningsdeler. Disse bygningskomponentene har derfor en spesiell betydning for energiytelsen til bygninger, med innvirkning på soltilskudd,

kjøling og tilgang på dagslys. Transparente vinduselement/glassruter med PCM, faseforandringsmaterialer på godt norsk, er en spennende teknologisammensetning med egenskaper som ikke finnes i andre vinduselementer på markedet.

Faseforandringsmaterialer (PCM) kjennetegnes av et høyt potensiale for energilagring som utløses når materialet gjennomgår faseforandringen. Etter å ha blitt eksponert for varme begynner stoffet å smelte og akkumulerer store mengder termisk energi, som avgis når temperaturen synker og materialet går over til fast form igjen. PCM brukes derfor til å lagre energi i bygninger når det er et varmeoverskudd og gjør overskuddsvarmen tilgjengelig når det er behov for den igjen. Siden noen faseforandringsmaterialer er transparente er det mulig å lage en bygningskomponent

som både har høy varmekapasitet og er transparent for solinnstråling. Dermed er dette en type teknologi som gjør fasaden om til et varmelager for solenergi på samme tid som det muligjør utnyttelse av dagslyset.

I et bredt forskningsinitiativ, som undersøker effekten av dette konseptet, ble det gjennomført en detaljert undersøkelse av de optiske egenskapene til glassruter med PCM. Arbeidet var nødvendig for å forstå egenskapene til disse bygningskomponentene når det kommer til solinnstråling og lysinnslipp. Selv om det tidligere er gjennomført noe forskning på dette området, finnes det veldig begrenset datagrunnlag for de optiske egenskapene til slike elementer, dette gjør det vanskelig å gjennomføre simuleringer.

For å bedre forstå de optiske egenskapene til PCM glassruter ble flere materialprøver med ulike tykkelser og fabrikantertestet med en testrigg bestående av en stor kule for lysmåling. Metoden er ikke vanlig å benytte for å anslå de optiske egenskapene til ei glassrute, men apparatet er nødvendig siden PCM i fast form er translucent og transmitterer elektromagnetisk stråling som brytes på vei gjennom materialet. Dette gjør det umulig å bruke vanlige målemetoder/utstyr.

En spektral karakterisering av vinduselementer som inneholder PCM (parafinoks) ble gjennomført med undersøkelser av egenskaper både ved fast og flytende tilstand. Transmisjon, refleksjon og absorpsjon av solinnstråling og synlig lys ble målt ved forskjellige vinkler og med

ulike tykkelser på faseforandringsmaterialet. Eksperimentene har synliggjort de diffuse egenskapene til PCM laget, med forsterket effekt av de lysbrytende egenartene etterhvert som tykkelsen økes. Som en følge av denne innsikten i de optiske egenskapene som disse elementene innehar, kan nye konfigurasjoner simuleres ved å ta i bruk de nyutviklede datasettene med optiske egenskaper. Optimalisering av PCM glassruter kan dermed gjennomføres for ulike rammebetingelser som f.eks. klima eller bygningstype.

Resultatene fra denne forskningen viser at PCM i glassruter er en type teknologi som kan være interessant å utnytte i bygningskroppen på grunn av de fordelaktige optiske og termiske egenskapene. Testene viser gode dagslyseegenskaper, en verdifull gjennomtrenging av dagslys (for det meste direkte til diffus, som reduserer risikoen for blinding og er positivt for dagslystransmisjonen), en tidsforskyvning av oppheting som kommer av høye solvarmetilskudd, og en økning av varmekapasiteten til bygningen. På samme tid tar det hensyn til viktige estetiske forhold i bygninger ved å bidra til et lyst inntrykk, gjennomsiktighet og lystransmisjon.

References | Referanser:

Goia F, Zinzi M, Carnielo E, Serra V. Spectral and angular solar properties of a PCM-filled double glazing unit. *Energy and Buildings*; 2015;87(1):302-312. DOI:10.1016/j.enbuild.2014.11.019



Multikomfort interior. Photo: Paal A. Schwital/Metro | Multikomfort interiør. Foto: Paal A. Schwital/Metro

“Life is nothing without a view



LIGHTWEIGHT WINDOWS | LETTE VINDUER

Steinar Grynning (NTNU)

Windows are key elements in buildings that have a goal of reducing their energy demands and carbon footprint. Previous studies shows that a large part of the net energy demand of an office building is related to window heat loss and cooling demands induced by solar irradiance. It is therefore crucial that the combined effects of solar heat gains and thermal losses are optimized. Large window areas will in general be beneficial in terms of increasing daylight availability, whereas smaller window areas are desirable in terms of heat loss reductions.

Windows which have good insulation capacities and, at the same time, let a suitable portion of the solar heat gains into the buildings are important to ensure low energy demands. At the same time it is important to keep in mind that the windows are the elements that provide communication between the interior and exterior of the buildings and thus must provide sufficient daylight

to the interior. The combination of high thermal insulation levels and a high daylight transmission is traditionally difficult to achieve. We have therefore looked at solutions for improvement of the thermal insulation properties of the glazing units.

There are several parameters which can be improved in order to improve the insulation properties of a glazing unit and hence improve the entire window. The three factors most prone to improvement are the following: the number of glass panes in the glazing unit, the emissivity of the glazing surfaces and the thermal conductivity of the gas fillings in the cavities.

It has been found that increasing the number of glass panes in the insulating glazing units (IGU) is, by far, the most efficient way of improving thermal resistance. However, adding more glazing layers to the glazing unit will increase the weight substantially, and

both mounting and operating the windows will become cumbersome. A solution to this is to use glazing units with thin, intermittent layers. Here, the structural stability is maintained by using traditional glass layers, typically 4-6 mm thick, in the outer panes. The intermittent layers can then be replaced by polymer layers or glass layers with thicknesses down to 0.1 mm. By doing this replacement, the weight of a multilayer glazing unit can be kept close to that of a double- or triple pane glazing unit.

It must be kept in mind that improving the thermal insulation of a glazing unit only is one piece of the puzzle. Improving the thermal resistance will in general deteriorate other properties, such as the solar energy and visible light transmittance of the glazing unit. In addition to the thermal performance, optical properties and aesthetics, ageing properties and robustness must be maintained at adequate levels. One of the findings in this work was that the thermal stresses to the

glazing units with multiple panes can pose a problem for the robustness and lifetime of the glazing due to high cavity temperatures. Surface temperatures reaching as high as 150 °C were found to occur during really warm summer days. Solutions for solving this and keeping temperatures at acceptable levels must be sought and developed.

Vinduer er helt sentrale i bygninger som har som mål å redusere energibehov og CO₂-avtrykk. Tidligere studier viser at store deler av netto energibehov i en kontorbygning kan relateres til varmetapet i fra vinduer og behov for avkjøling som følge av store solvarmetilskudd sommerstid. Det er derfor nødvendig at den samlede energibalansen - forholdet mellom tilført og tapt energi – i bygget blir riktig vurdert. Store vindusflater er generelt sett fordelaktige for å øke lysinnslipp, mens mindre vindusareal er en fordel for å begrense varmetapet.

Vinduer som har god isolasjonsevne og på samme tid gir tilgang til en passende del solvarme inn i lokalene, er viktige for å oppnå et lavt energibehov. På samme tid er det viktig å ta med i betraktningen at vinduene er det bygningselementet som gir utsyn og en forbindelse mellom ute- og innemiljø. Derfor må de også bidra med nok daglys. Tradisjonelt har det vært vanskelig å oppnå kombinasjonen av god isolasjonsevne og høy dagslystransmisjon. Vi har derfor sett nærmere etter løsninger som forbedrer vindusglassenes termiske egenskaper.

Det er flere parametere som kan forbedres for

å øke isolasjonsevnen til ei rute og dermed forbedre ytelsen til hele vinduet. De tre viktigste faktorene er antallet lag med glass, emissiviteten til glassflatene og den termiske konduktiviteten til de gassfylte hulrommene mellom glassene.

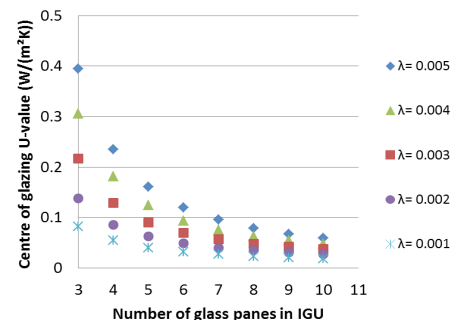
Det har blitt påvist at det å øke antallet glass i den isolerte glasskonstruksjonen (IGU), er den mest effektive måten å forbedre isolasjonsevnen. Å øke antallet glass vil imidlertid øke vekten av rutekonstruksjonen betraktelig, og både montering og håndtering av vinduet blir vanskeligere. En løsning på dette er å bygge opp rutene med tynne, mellomliggende glass. Med denne løsningen blir den strukturelle stabiliteten tatt vare på av å bruke tradisjonelle glass i de ytterste lagene, typisk ca. 4-6 mm tykke. Mens de mellomliggende lagene erstattes med glass eller polymerer med en tykkelse på 0,1 mm. Ved å gjøre denne utskiftingen kan vekten til disse mange-lags rutene reduseres og dermed holdes på nivå med vekten til to-lags, eller tre-lags ruter.

Det må tas med i betraktningen at det å forbedre isolasjonsevnen til rutene kun er en del av puslespillet. Å forbedre den termiske isolasjonsevnen vil ofte gå på bekostning av andre egenskaper, som rutens evne til å transmittre solenergi og synlig lys. I tillegg til termisk ytelse, optiske egenskaper og estetikk, må aldringsegenskaper og robusthet opprettholdes på et tilstrekkelig nivå. Ett av funnene i dette arbeidet var at de termiske belastningene på glassene kan få konsekvenser for robustheten og levetiden

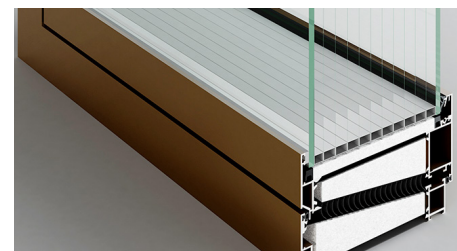
som følge av høye hulromstemperaturer. Overflatetemperaturer på opptil 150 °C ble beregnet til å inntreffe på varme sommerdager. En må lete etter løsninger som balanserer disse forholdene og utvikle løsninger som bidrar til å holde temperatuere innenfor akseptable nivå

References | Referanser:

Forthcoming article by Steinar Grynning, Bjørn Petter Jelle, Tao Gao, Arild Gustavsen and Berit Time in Energy and Building.



U-value for centre-of-glass as a function of the number of glass panes with different gas thermal conductivities. | U-verdi i senter av ruten som en funksjon av antallet glassruter, og med ulike konduktiviteter på de mellomliggende gassfylte hulrommene.



Cross-section of Superwindow INVIS 160 STACK. | Visningsmodell av vinduet INVIS 160 STACK (fra produsenten Superwindows).

“Achieving a thin and strong thermal insulator may just prove to be no longer a dream...”



SLIM – STRONG – INSULATING CONCRETE? | SLANK – STERK – ISOLERENDE BETONG?

Serina Ng (SINTEF) and Bjørn Petter Jelle (NTNU and SINTEF)

Innovation of building materials is a broad field with many challenges to be addressed, including both construction and thermal insulation materials. Naturally, it would be most ideal to reduce the disadvantages of these two systems and one possible pathway is to combine their crucial functions, i.e. strength and thermal insulation, while maintaining a minimal thickness of the material. This can be achieved by the formation of composite materials through the incorporation of nanotechnology in producing a slimmer wall, but yet maintaining its structural strength and thermal insulating property. Ideally, for such a composite material to be feasible particularly as a standalone structural concrete, it should possess a strength of minimum 20 MPa while having a thermal conductivity of 0.1 W/(mK) or below.

Commonly, the mechanical properties of

concrete are enhanced by a reduction in water/cement ratio (w/c) or improvement in packing densities. An optimized model of this system is the ultrahigh performance concrete (UHPC) where a mixture of coarse, fine and micro fine aggregates, very low amounts of water, silica fume and high amounts of cement are utilized. Silica fume is an essential ingredient of UHPC which increases packing due to their nano size nature, but also further enhances the bond between the cement paste and aggregate particles through their hydration reaction with cements. On the other hand, insulation materials are commonly employed to improve the thermal resistance of composite materials.

Based on these reasons, this investigation utilizes the UHPC model for the modification of aerogel-incorporated mortars (AIM) to improve the structural properties such as

compressive strength while maintaining the thermally insulating properties achieved by the aerogel incorporation. It was observed that increased aerogel content reduced the thermal conductivity of the mortar (Fig.1). However, a corresponding drastic drop in the mechanical strength of these AIM samples was also observed due to the decrease in packing effectiveness and effective binder. The most significant drop in strength was detected when 20 vol% aerogel was present which may be attributed to the introduction of micro 'gaps' in a well-defined packing matrix (Fig.2), while deviation from the linear case increased further with increasing aerogel content as more gaps could form between the aerogel granulates and the cement matrix. The presence of 'gaps' can be attributed to the low adhesion between the hydrophobic aerogel granulates and the water rich mortar.

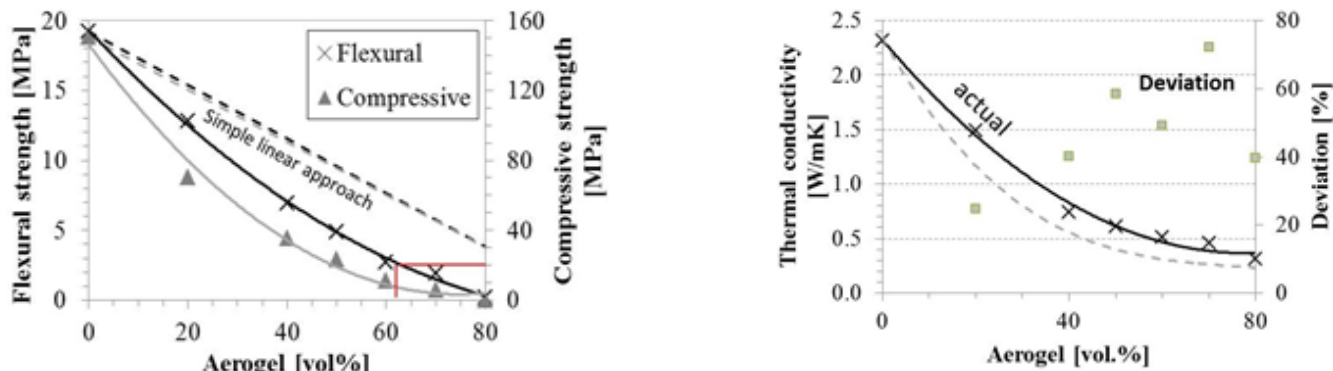


Figure 1: variation in (left) compressive and flexural strengths and (right) thermal conductivity of AIM samples prepared with UHPC recipe as a function of aerogel loading after curing for 28 days, $w/c = 0.2$. (left) Dotted lines (almost overlapping) represent strengths of AIM samples calculated by simple linear approach when the strengths of AIM prisms were only based on the proportion of UHPC mortar in sample. Red line marks the aerogel loading of AIM sample with a compressive strength of 20 MPa. | Figur 1: Variasjon i (venstre) kompresjons- og bøyestyrke og (høyre) termisk ledningsevne av AIM prøver framstilt med UHPC oppskrift som funksjon av aerogelinnhold etter herding i 28 dager, $w/c = 0.2$. Stiplede linjer (venstre, nesten overlappende) representerer styrkene til AIM prøver kalkulert ved en enkel lineær tilnærming hvor styrkene til AIM prismene var bare basert på UHPC mørtelproposisjonene i prøvene. Rød linje markerer aerogelinnhold i en AIM prøve med en kompresjonsstyrke på 20 MPa.

At an aerogel loading of 50 vol% where a minimum compressive strength of 20 MPa was maintained, the AIM samples registered a thermal conductivity value of 0.55 W/(mK). At higher aerogel loading, where the thermal resistance is within the desired range, the UHPC model showed no significant improvement in performance as compared to a normal silica fume/cement mortar,

In its current condition, this novel composite of UHPC modified AIM system is unsuitable as a standalone system for thermal insulation purposes. Nevertheless, the ability to bring down thermal conductivity by a factor of about 5 as compared to the neat cured mortar signifies that when such composites are employed, much less insulation and construction materials are needed to cover the

concrete building envelope in order to obtain the desired thermal resistance with sufficient strength. Thus, slimmer building walls are to be expected. These experiments may also be viewed as a stepping-stone towards the ultimate goal of a concrete or construction material exhibiting both satisfactory thermal and mechanical properties.

Innovasjon innen bygningsmaterialer er et vidt felt med mange utfordringer som skal løses, deriblant for både konstruksjons- og varmeisolasjonsmaterialer. Ideelt sett ville det ha vært mest gunstig å redusere ulempene med disse, og en mulig innovasjonsvei er å kombinere de kritiske funksjonene styrke og termisk isolasjonsevne og samtidig være i stand til å opprettholde en minimal

materialtykkelse. Dette kan oppnås ved framstilling av komposittmaterialer ved å benytte nanoteknologi til å produsere en tynnere vegg som fortsatt ivaretar de nødvendige krav til konstruksjonsstyrke og termisk isoleringsevne. Et slikt komposittmateriale som en frittstående konstruksjonsbetong bør inneha en styrke på minimum 20 MPa og samtidig ha en termisk ledningsevne på 0.1 W/(mK) eller lavere. De mekaniske egenskapene til betong forbedres vanligvis ved reduksjon i vann/semment forholdet (w/c) eller en bedret pakningstetthet. En optimert modell av dette systemet er ultrahøy-ytelles betong (UHPC, ultrahigh performance concrete), hvor en benytter en blanding av grove, fine og mikrofine aggregater, svært lavt vanninnhold, silika fume (støv) og store mengder sement. Silikastøv

er en vesentlig ingrediens i UHPC som øker pakningstettheten pga. dets nanodimensjoner, og som også videre forsterker bindingen mellom sementpastaen og aggregatpartiklene gjennom deres hydratiseringsreaksjon med sementen. På den annen side så er det vanlig å benytte varmeisolasjonsmaterialer for å øke den termiske motstanden i komposittmaterialer.

Basert på disse grunnene, så anvender denne undersøkelsen UHPC modellen for modifisering av aerogel-inkorporert mørtel (AIM) for å forbedre de strukturelle egenskapene som f.eks. kompresjonsstyrke og samtidig bevare de termisk isolerende egenskapene oppnådd ved aerogelinkorporasjonen. Det ble observert at økt aerogelinnhold førte til redusert termisk ledningsevne i AIM prøvene (Figur 1). Imidlertid ble det også observert en kraftig svekkelse av den mekaniske styrken til disse AIM prøvene grunnet reduksjon i både pakningstetthet og effektivt bindemiddel. Den

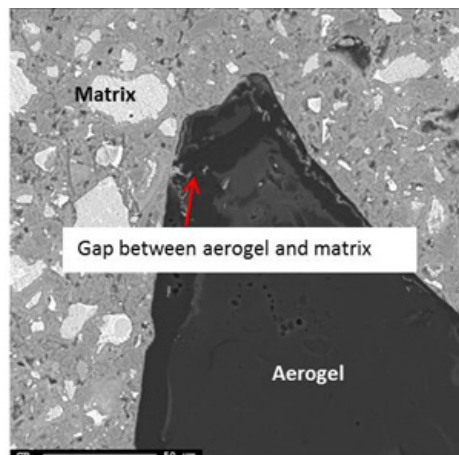
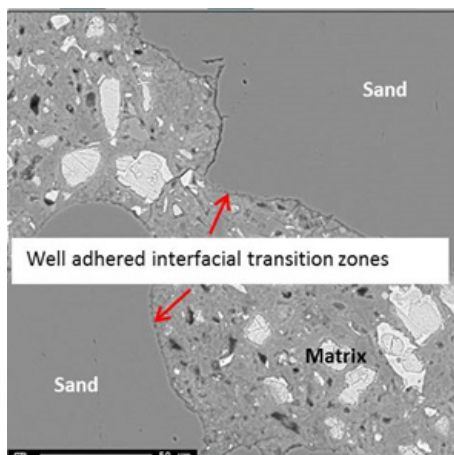
mest betydningsfulle nedgangen i styrke ble detektert ved 20 vol% aerogelinnhold, noe som kanskje kan bli tilskrevet introduksjonen av mikrohull i en veldefinert pakningsmatriks (Figur 2), mens avvik fra det lineære tilfellet økte videre med økende aerogelinnhold da flere hull kunne bli dannet mellom aerogelgranulatene og sementmatriksen. Tilstedeværelsen av hull kan tilskrives lav adhesjon mellom de hydrofobe aerogelgranulatene og den vannrike mørtelen. Ved et aerogelinnhold på 50 vol% hvor en minimum kompresjonsstyrke på 20 MPa ble opprettholdt, ble det registrert en termisk ledningsevne på 0.55 W/(mK) for AIM prøvene. Ved høyere aerogelinnhold, hvor den termiske ledningsevnen var innenfor det ønskede området, viste UHPC modellen ingen signifikant ytelsesforbedring sammenlignet med en normal silikastøv/sementmørtel.

I sin nåværende tilstand er ikke dette nye kompositt UHPC modifiserte AIM systemet brukbart som et frittstående system for

varmeisolasjonsmessige formål. Ikke desto mindre innebærer evnen til å redusere termisk ledningsevne med en faktor på omkring 5 sammenlignet med ren, herdet mørtel, at når slike kompositter anvendes så trengs det mye mindre isolasjons- og konstruksjonsmaterialer for å dekke betongbyggningskroppen med den ønskede varmeisolasjonsevnen med tilstrekkelig styrke. Dermed kan en forvente tynnere byggningskropper. Disse eksperimentene kan også bli sett på som et skritt på veien mot det ultimate målet å framstille et betong- eller konstruksjonsmateriale som innehar både tilfredsstillende termiske og mekaniske egenskaper.

References | Referanser

Ng S, Jelle, B.P, Sandberg, L.I.C, Gao, T, Wallevik, O.H. Experimental Investigations of Aerogel-Incorporated Ultra-High Performance Concrete. Construction and Building Materials; 2015; 77:307-316. DOI: 10.1016/j.conbuildingmat.2014.12.064



Figur 2: Scanning electron microscope (SEM) images of a sample with norm sand content and 0 vol% aerogel (left) and an AIM sample with 40 vol% aerogel (right). Magnification is 500x and scale bar is 50 μ m for both images.

| Figur 2: Skanning elektronmikroskop (SEM) bilder av en prøve med standard sandinnhold og 0 vol% aerogel (venstre) og en AIM prøve med 40 vol% aerogel (høyre). Forstørrelsen er 500x og skalastreken er 50 μ m for begge bildene.

“The future glass materials may be a lot different from today’s materials...”



LIGHTWEIGHT AEROGEL GLASS | LETT AEROGEL GLASS

Tao Gao (NTNU) and Bjørn Petter Jelle (NTNU and SINTEF)

Glass materials are used extensively in today’s buildings, and the use will probably increase even more in the coming years. Large window and glazing areas are often preferred, e.g. with respect to daylight admittance and visual expressions. On the other hand, windows may also be responsible for large heat losses from buildings and contrary overheating of buildings from incoming solar radiation. Thus, the various properties of glass materials will be very important. Furthermore, it will also be of crucial interest if it is possible to improve these properties significantly. That is, for future glass materials and their application in e.g. zero energy and zero emission buildings, it will be important to address properties related to e.g. solar radiation throughput, thermal conductivity, mass density and mechanical strength.

Hence, the objective of our study presented herein has been to attempt to develop a new aerogel glass material for energy-efficient buildings with low mass density, low thermal conductivity, high visible transparency and satisfactory high mechanical strength.

Experimentally, in short, new aerogel glass materials were successfully prepared by sintering monolithic silica aerogel precursors at elevated temperatures (Gao et al. 2014ab). These new aerogel glass materials were characterized by high visible transparency ($T_{\text{vis}} \approx 91 - 96\%$ at 500 nm) (Fig.1), low thermal conductivity ($k \approx 0.17 - 0.18 \text{ W/(mK)}$) (Fig.2), low mass density ($\rho \approx 1.60 - 1.79 \text{ kg/dm}^3$), and enhanced mechanical strength (typical elastic modulus $E_r \approx 2.0 - 6.4 \text{ GPa}$ and hardness $H = 0.23 - 0.53 \text{ GPa}$).

These new and improved properties, summarized in Table 1, were derived from a series of successive gelation and ageing steps during the desiccation of silica aerogels. The involved “sol → gel → glass” transformation was investigated by means of thermo-gravimetric analysis (TGA), scanning electron microscopy (SEM), nanoindentation, and Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. Strategies of improving further the mechanical strength of the obtained aerogel glass materials are also being discussed. As compared to monolithic silica aerogels that have a typical thermal conductivity of about 0.013 W/(mK) , there seems to be a huge potential to further decrease the thermal conductivity and thus enhance the thermal insulation performance of aerogel glass materials by optimizing their structural properties, such as the

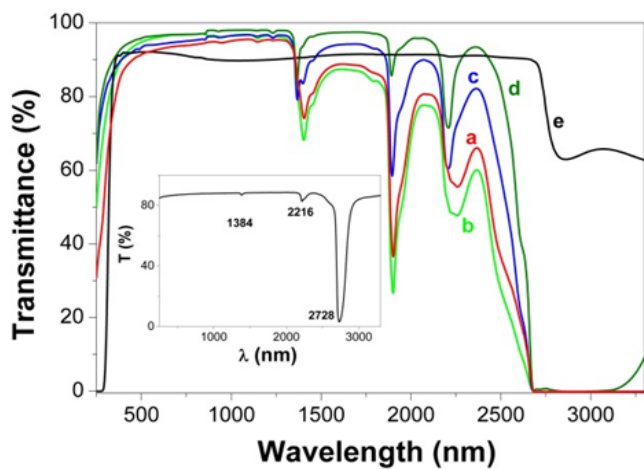


Figure 1: UV-VIS-NIR transmittance spectra of the as-synthesized new aerogel glass materials. (a) Sample A, (b) Sample B, (c) Sample C, (d) Sample D, (e) Float glass, and an inset depicting the transmittance spectrum of a quartz glass. | *Figur 1: UV-VIS-NIR transmisjonsspektrum for de nye aerogel glassmaterialene. (a) Prøve A, (b) Prøve B, (c) Prøve C, (d) Prøve D, (e) Floatglass, og en innsetting som viser spekteret til kvartsglass.*

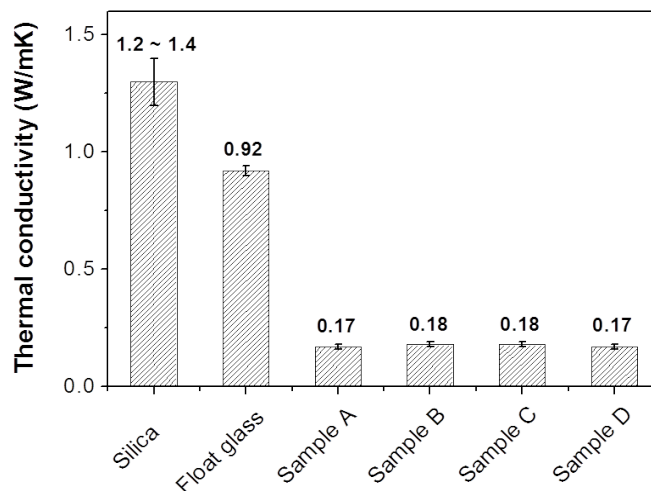


Figure 2: Thermal conductivity of the new aerogel glass materials, where the values of silica and float glass are also depicted for comparison reasons: | *Figur 2: Varmeledningsevnen til de nye aerogel glassmaterialene, hvor også ytelsen til kvarts- og floatglass er avmerket til sammenligning.*

particle size and/or the porosity. The above described structural and functional features may make aerogel glass materials interesting and attractive for future window glazing applications.

Glassmaterialer er i utstrakt bruk i dagens bygninger, og denne bruken vil sannsynligvis øke enda mer i de kommende årene. Store vindus- og glassareal er ofte foretrukket, f.eks. med hensyn til dagslysinnslipp og visuelle uttrykk. På den annen side kan også vinduene være ansvarlige for store varmetap fra bygningene og motsatt overoppheting av bygningene fra innfallende solstråling.

Dermed vil de ulike egenskapene til glassmaterialene være svært viktige. Det vil også være av avgjørende betydning hvis det er mulig å forbedre disse egenskapene betraktelig. Med andre ord, for framtidens glassmaterialer og deres anvendelse i f.eks. nullenergi- og nullutslippsbygninger, vil det være viktig å adressere egenskaper knyttet til f.eks. solinnstrålingstransmisjon, termisk ledningsevne, massetetthet og mekanisk styrke.

Målet for vårt studium presentert her har vært å forsøke å utvikle et nytt aerogel glassmateriale for energieffektive bygninger

med lav massetetthet (vekt), lav termisk ledningsevne, høyt gjennomslipp av synlig solstråling og tilfredsstillende høy mekanisk styrke.

Eksperimentelt i korte trekk, så ble nye aerogel glassmaterialer framstilt med godt resultat ved sintring av monolittisk silika aerogelforløpere ved forhøyede temperaturer (Gao et al. 2014ab). Disse nye aerogel glassmaterialene ble karakterisert ved høy synlig soltransmittans ($T_{vis} \approx 91 - 96\%$ ved 500 nm) (Fig.1), lav termisk ledningsevne ($k \approx 0.17 - 0.18$ W/(mK)) (Fig.2), lav massetetthet ($\rho \approx 1.60 - 1.79$ kg/dm³), og forsterket



Rema 1000 store at Kroppanmarka with 220m² translucent aerogel panels. Photo: Anne G.Lien | Rema 1000 butikk i Kroppanmarka med 220 m² translusente polykarbonatplater fylt med aerogel. Foto: Anne G.Lien

mekanisk styrke (typisk elastisitetsmodul $E_r \approx 2.0 - 6.4$ GPa og hardhet $H = 0.23 - 0.53$ GPa).

Disse nye og forbedrede egenskapene, oppsummert i Tabell 1, ble utledet fra en rekke gjentatte geldannelses- og aldringstrinn gjennom uttørring av silika aerogel. Den aktuelle "sol → gel → glass" omformingen ble undersøkt med termogravimetrisk analyse (TGA), skanning elektronmikroskopi (SEM), nanoinntrykking, og Fourier transform infrarød (FTIR) spektroskopi. Strategier for å videre forbedre den mekaniske styrken

til de framstilte aerogel glassmaterialene blir også diskutert. Sammenlignet med monolittisk silika aerogel som typisk har en termisk ledningsevne på omkring 0.013 W/(mK), ser det ut til å være et stort potensiale for å videre redusere den termiske ledningsevnen og dermed forbedre de termiske isolasjonsegenskapene til aerogel glassmaterialene ved å optimalisere deres strukturelle egenskaper som partikkelstørrelse og porøsitet. De strukturelle og funksjonelle egenskapene beskrevet ovenfor gjør aerogel glassmaterialer interessante og attraktive for framtidens vindusapplikasjoner.

References | Referanser

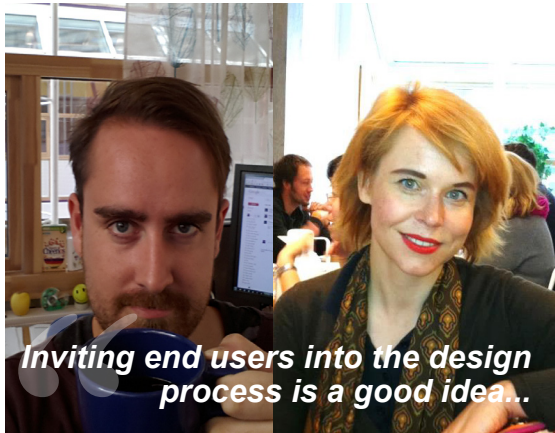
T. Gao, B. P. Jelle, A. Gustavsen and J. He, "Lightweight and Thermally Insulating Aerogel Glass Materials", Applied Physics A: Materials Science & Processing, 117, 799-808, 2014a.

T. Gao, B. P. Jelle, A. Gustavsen and J. He, "Synthesis and Characterization of Aerogel Glass Materials for Window Glazing Applications", Proceedings of the 38th International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites, Daytona Beach, Florida, U.S.A., 26-31 January, 2014b.

	ρ (kg/dm ³)	T_{vis} (%) at 500 nm	κ (W/(mK))	E_r (GPa)	H (GPa)
Float glass	2.5	92.0	0.92	50.77	1.64
Sample A	1.60	91.4	0.17	2.03	0.23
Sample B	1.63	93.3	0.18	2.74	0.26
Sample C	1.72	94.8	0.18	4.49	0.41
Sample D	1.79	95.8	0.17	6.42	0.53

Table 1: Miscellaneous properties of the new aerogel glass materials. Float glass properties for comparison.

| Tabell 1: Diverse egenskaper for de nye aerogel materialene. Floatglass egenskaper til sammenligning.



ZEB CONCEPTS IN PRACTICE | FUNGERER ZEB I PRAKSIS?

William Throndsen (NTNU) and Erica Löfström (SINTEF)

Doing ZEB and beyond

The goal of ZEB is to develop competitive solutions that will lead to market penetration. In practice ZEB buildings have to fulfill a range of criteria in addition to being highly energy-efficient and carbon neutral. For instance, they need to be aesthetically attractive and easy to use and operate. Pilot projects testing the ZEB concepts are necessary, and a learning curve must be cast before new solutions can be led to success on the market. One such pilot project has been provided by the Powerhouse cooperation. They completely refurbished building blocks four and five in the Kjørbo Park in Sandvika outside Oslo, into an energy producing ZEB which will cross the carbon neutral threshold and into net energy surplus production in an estimated 60 years.

Completed in 2014, the building was

handed over by landlord Entra to its current inhabitants, consulting agency Asplan Viak. Apart from these two companies, Skanska, Hydro, Snøhetta and ZERO also are partners. ZEB has been conceptualizing the project and provided methods and calculations for it. ZEB has also recently conducted research into the actual use of the building thus far, some preliminary results of which are presented here. Speaking in terms of Science and Technology Studies, a technology – like this building – must be domesticated by its users, or 'tamed', in the early appropriation stages. This is also exactly what the current inhabitants of PH Kjørbo have been up to since moving in: they have undertaken a running-in period of the building and its systems, which indeed includes its users.

Away from a king on every hill...

Some central aspects of this particular ZEB
Some central aspects of this particular ZEB (which is actually a Plus Energy Building due to the extensive PV solar rig on the roof) is that it employs state of the art technology for HVAC and light sensing and automation, as well as careful choice of materials. However, the actual combination of solutions and the holistic way in which they come together is what carries the weight of the success. For instance, the ventilation system is extremely minimalistic, thanks in part to very low pressure drops and the use of for instance staircases combined with the natural rising of air as it's heated. This, in combination with the use of already present exposed concrete and its considerable potential for thermal inertia, makes for a very efficient end result in the energy balance sheet. As one executive described it:

“It’s often called the “cathedral effect”. The story goes, when two masons were asked what they were doing, one said he was laying bricks and the other that he was making a cathedral – and they’re both doing the same job, you know.” (i2)

In order to achieve this, the combination of solutions has been the focus to a higher degree, than say, introducing the most powerful piece of equipment in each isolated sector of building operation. This has provided both a material and energy saving result. Making this the main goal has meant putting the total energy budget first, and that again has made interdisciplinary co-operation a virtue of pure necessity. It makes the process a bit heavy on the nose compared to standard contracting, but it pays for that weight in terms of results in the end. In concrete terms it has in fact rewarded PH Kjørbo with a BREEAM “Outstanding” performance rating for the project phase.

However, in this case it also provided some challenges for the inhabitants. First and foremost, as the energy targets required exposed concrete, this created issues on the acoustic side. As many of the workspaces are in landscape mode, this was not such a trivial problem. A large effort to mitigate this is shown by the extensive use of sound baffles instead of the standard system ceiling, and although it goes a long way towards suppressing unwanted noise, was not as efficient as would have been for instance your standard system ceiling. This was one case of give and take. Otherwise, making use of a low

power ventilation system and thermal inertia, the temperatures inside the building are allowed to be kept somewhat less constant than in a traditional building. This means that when outdoor temperatures are extreme, keeping temperatures within comfort levels inside needs a bit more planning than with a conventional HVAC solution. This is achieved with a wide use of sensing and automation, as well as hands on system operation. Finally, the energy targets require the lighting system to dim down or go off automatically according to the presence of people. This is achieved with a sensor system, but meeting the target – auto-off after 7 minutes inactivity – has proven quite a challenge, and at the time of the study, work was still in progress to figure out exactly the right placement of sensors to prevent unwanted shut offs and frustrating work interruption (we have all been there, a late night in our office chair, stretching for the light). These kinds of challenges are the stuff of running-in periods and processes of domestication. As it turns out, user expectations – and their alignment – proved essential in the case of PH Kjørbo.

Radical changes: Hard core efficiency demands + unobtrusive = true?

Stepping inside PH Kjørbo is an immediate and striking experience, and the attention paid to visual detail alone is initially substantial enough to amalgamate it. But spending time there every day brings one in touch with some of the tweaks of the buildings personality, both in good and bad terms. But let’s face it, such it is with every building – not just experimental

grade zero emission ones. As one support staffer working with the running-in period said:

“It’s good. A building is never really right in the very beginning, it takes about a year or so before you get... it takes time to get it right. [...] but in my opinion, there are a lot less things not working here than what we’ve had with other projects” (i3)

Making use of any building requires one to get acquainted with it, from taken for granted aspects like the locations of rest rooms and caffeine dispensers. And in the case of PH Kjørbo and according to this building operators’ advice, maybe remember to keep a sweater handy:

“[Temperatures] have been within the defined limits. There is an assumption in the project... but of course, there are some who think it’s cold when it’s 22 degrees. Then the message is: put on some clothes. There is no point walking around half-naked if you’re cold when it’s 22 degrees. [...] If there’s an agreement to stay above 21 degrees, then forget commenting. Then you need to do something else if you’re cold.” (i1)

This strict (but tongue-in-cheek) comment aside; there has been ample focus by the building operators and relevant contractors on acknowledging user concerns and improving problems continuously. Building users are prompted to report issues via a sort of “help desk” for the office environment, and administration staff brings these concerns to bear on the running-in process in a so-

called user-forum. This opens up a channel of communications between operators and users, and the flow of information goes both ways. An example of the much needed space for negotiation which this opens up, and how it's used to mitigate the situation by allowing for a leveling of expectations, is how the aforementioned lighting issues was treated. Acknowledging concerns of users regarding unwanted blackouts, the rather ambitious 7 minute auto-off setting was lifted and extended to 45 minutes for as long as the problem was being worked out. As one staffer said:

"It's very important for us that it becomes what we expected, but not at the expense of the

working conditions of our employees." (i3) and "Then we can't just look at the energy calculations in that particular phase, because it's more important that people can actually work." (i4)

The important role of these mediators in this setting can hardly be overstated, and the success of the project must at least in part be owed to these people. As a matter of fact, one of them even worked on this "full time", even though it was just part of the job description.

Expectations are important, and often problems arise simply because the expectations are sprawling within your user group. When certain aspects of building

use are different than what one's used to, antipathies can arise. This obviously calls for improving those conditions which are unappreciated, but a balance can also be struck by seeking an understanding on part of the users, enrolling them as it were, in the overall project goals. But, as already mentioned, in the case of PH Kjørbo there are also a few gives for every take. Holistic thinking isn't preserved only for the planning phases, it enters into the experience phase of the building as well:

"When it comes to the noise issue, I would like to say that there is another thing about noise. Because one issue is the noise made



Powerhouse Kjørbo, example from the Interior. Photo: Chris Aadland | Powerhouse Kjørbo, interiørbilde. Foto: Chris Aadland



Powerhouse Kjørbo interior detail. Photo: Anne G. Lien | Powerhouse Kjørbo Interiørbilde. Foto: Anne G. Lien

by people and how the noise carries when someone talks, but the ventilation noise is non-existent. And you only notice that once it's turned itself off [...]. And it's incredibly nice. I feel it has this stress reducing effect. So climate wise, environmentally wise, in regards to how the building works, I feel it's a healthier building." (i7)

And the best part? If you want, you can even open a window.

Til null utslipp og forbi

Målet for ZEB er å utvikle konkurransedyktige løsninger som skal lede til gjennombrudd i markedet. I praksis må et ZEB oppfylle en mengde kriterier i tillegg til å være energieffektivt og karbonnøytralt. De bør for eksempel være estetisk tiltalende og enkle i bruk og drift. Pilotprosjekter som tester

ZEB-konsepter er derfor en nødvendighet, og en læringskurve må følges før nye løsninger kan ledes til markedsmessig suksess. Ett slikt pilotprosjekt har blitt stablet på bena av Powerhouse-samarbeidet. De har fullstendig renoveret blokk fire og fem i Kjørbo-parken i Sandvika utenfor Oslo, og gjort dem om til bygg som skal krysse terskelen fra null utslipp til å produsere et rent energioverskudd etter estimerte 60 år, da også materialenes iboende karbonavtrykk har blitt gjort opp.

Ferdigstilt i 2014 ble bygningen overlevert av byggherre Entra til dens nåværende beboere, rådgivningsfirmaet Asplan Viak. I tillegg til disse to selskapene er også Skanska, Hydro, Snøhetta og ZERO med i samarbeidet. Forskningscenteret ZEB har vært med å konseptualisere prosjektet og bidratt med metoder og kalkuleringer. ZEB har også nylig gjennomført en studie av selve bruken av

bygningen så langt, og noen av de foreløpige resultatene blir presentert her. Teknologi- og Vitenskapsstudier som felt har som en av sine perspektiver å behandle teknologi som noe som må domestiseres av sine brukere, eller «temmes» om man vil. Slik er det også med denne bygningen. Dette er da også akkurat det de nyinnflyttede har holdt på med det siste året, i det som i tekniske termer heter innkjøringsfasen. Denne har vist at også brukerne har inngått i denne innkjøringen.

Ingen konge på hver haug

Noen sentrale aspekter ved dette ZEB (som faktisk er et plusshus takket være 15500 kvm med PV på taket) er selvsagt at det benytter moderne teknologier innenfor VVS-området, samt omfattende sensorteologi og høy grad av automatisering. Ikke minst er materialvalget gjennomtenkt. Men på



Powerhouse Kjørbo, examples from the Interior. Photo: Chris Aadland | Powerhouse Kjørbo, interiørbilder. Foto: Chris Aadland

tross av dette er det kombinasjonen av de forskjellige områdenes løsninger og den holistiske sammensetningen av dem som bærer mesteparten av suksessfaktoren. For eksempel er ventilasjonsanlegget ekstremt minimalistisk, grunnet veldig lave trykkfall, og bruken av for eksempel trappeløp til ventilasjonssjakt og naturlig stigning av oppvarmet luft. I kombinasjonen med utstrakt bruk av eksponert betong og dens betydelige termiske lagringskapasitet resulterer det i et svært effektivt resultat i energiregnskapet. Som en av lederne i Asplan Viak beskrev det:

«Man kaller det ofte 'katedraleffekten'. En kjent historie hvor to murere blir spurt om hva de gjør, og den ene sier at han murer noen steiner og den andre sier at jeg bygger katedral. Og de gjør akkurat samme jobben, ikke sant?» (12)

Men for å oppnå dette er det altså kombinasjonen av løsningene som har vært fokuset, snarere enn at man skal sette inn for eksempel det kraftigste systemet i hvert område av prosjektet. Dette har bidratt til både et material- og energisparende sluttprodukt. Å gjøre dette til hovedmålsetningen har i praksis betydd å konsekvent legge energiregnskapet i bunnen, og det har igjen gjort tverrfaglig samarbeid en dyd av den pureste nødvendighet. Det gjør prosjektet litt framtungt i forhold til standardentreprise, men det betaler seg i form av et mer harmonisk sluttprodukt. I mer konkrete termer har det faktisk også betalt seg i BREAAAM NOR-sertifiseringen «Outstanding» for prosjektfasen.

MMen i dette tilfellet har det også skapt noen utfordringer for beboerne i PH Kjørbo. For det første, siden energimålene har krevd

eksponert betong har akustikken i lokalene vært et tema. Dette ble også gjort mer prekært av at mange av arbeidsplassene er i landskapsmodus. En stor innsats for å bøte på dette vises tydelig ved den utstrakte bruken av baffler, og da særlig i stedet for den mer vanlige og velprøvde systemhimlingen. Det ble ikke en like effektiv støydemper i dette tilfellet, selv om det langt på vei har bidratt til å håndtere den verste gjenklangen. Dette var ett tilfelle av «gi og ta». Forøvrig gjør kombinasjonen av et minimalistisk ventilasjonsanlegg og termisk treghet at innnetemperaturene tillates å holdes noe mindre konstante enn i tradisjonell bygningsdrift. Dette betyr at når utendørstemperaturene er ekstreme, trengs det bedre styring enn med en konvensjonell ventilasjonsløsning for å holde innnetemperaturen i komfortsonen. Dette

oppnås ved utstrakt bruk av sensorering og automasjon, men også med bistand fra årvåken drift. Til slutt krever energimålene som er lagt til grunn at lyset styres etter de ansattes tilstedeværelse. Dette oppnår man med et sensorsystem. Men å nå målet, som er at det skrur seg av etter skarve 7 minutter med inaktivitet har bydd på en stor utfordring. På denne studiens tidspunkt var man fortsatt i gang med å optimalisere plasseringen av sensorene for å unngå frustrerende avbrudd for de ansatte (vi har alle vært der, en sen kveld i kontorstolen, mens vi strekker oss etter lyset). Utfordringer av dette slaget er nettopp det som inngår i innkjøringsperioder – så vel som i domestiseringsprosesser. Som det viser seg var brukernes forventninger, og ikke minst utjevningen av dem, det som karakteriserte prosjektet så langt.

Radikale endringer og ekstreme energikrav. Hvordan finne en balanse?

Å ta steget inn i PH Kjørbo er en umiddelbar og treffende opplevelse, og bare den oppmerksomheten viet de visuelle detaljene er i seg selv nok til å skape inntrykk. Men å tilbringe tid her hver dag bringer en i kontakt med bygningens personlighet, både på godt og ondt. Men ærlig talt, slik er det med alle bygg, og ikke bare nullutslippsbygg av høyverdig kaliber på eksperimentelt nivå. En kontorleder tungt involvert i innkjøringsprosessen sa det slik om hvordan det sto til i PH Kjørbo:

«Det er bra, ett bygg er jo aldri på plass igjen

med en gang, det tar jo gjerne et år før du har fått alt på plass. [...] Men, jeg synes jo det er mye mindre ting som ikke fungerer her, enn hva det har vært i andre prosjekt.» (i3)

Å ta i bruk enhver bygning krever at man må gjøre seg kjent med den, fra banale tatt-for-gittheter som hvor toaletter er til hvor den nærmeste kaffekilden befinner seg. Og i dette tilfellet kan det i følge en driftsansvarlig være lurt å ha tilgang på en genser:

«[Temperaturen] har vært innafor de definerte grensene man har lagt opp til i prosjektet. Men det er selvfølgelig noen som synes at det er kaldt når det er 22 grader allikevel, og da er beskjeden: «kle på deg». Du behøver ikke å gå halvnaken hvis du fryser når det er 22 grader. [...] Hvis du er blitt enig om noen grenser og du skal holde deg for eksempel over 21 grader og man er der, så glem og kommenter det. Da får man gjøre noe annet hvis man fryser.» (i1)

Sett bort fra denne strenge formaningen (dog fremført med glimt i øyet), så har det vært et sterkt fokus hos entreprenører og driftere på brukernes tilbakemeldinger, og på å utbedre problemer fortløpende. Brukerne oppfordres til å gi tilbakemeldinger gjennom en «help desk» for kontormiljøet, og kontoradministrasjonen bringer dette med seg inn i innkjøringsprosessen via et brukerforum. Dette åpner opp en kommunikasjonskanal mellom drift og bruk, og flyten går begge veier. Et eksempel på behovet for et slikt forhandlingsrom, og hvordan det ble brukt til å dempe problemer

ved å jevne ut forventninger, er hvordan den ovenfor nevnte lysproblematikken ble håndtert. Ved at man tok til seg brukernes tilbakemeldinger vedrørende uønskede lysavbrudd gikk man faktisk bort fra den ambisiøse 7-minuttsinnstillingen, og utvidet den til 45 minutter for så lenge problemet var under utbedring.

«Det er veldig viktig for oss at det blir som forventet. Men, det skal ikke gå på bekostning av arbeidsforholdene til de ansatte.» (i3) og «Da kan vi ikke se på energiregnskapet i den fasen fordi da er det viktigere at folk faktisk får jobbet.» (i4)

Viktigheten av slike mellomledd i disse forhandlingene kan neppe overdrives, og suksessen til prosjektet bør i stor grad tilskrives også de som jobbet med disse problemstillingene. En av dem jobbet nærmest også fulltid med innkjøringsperioden, på tross av at det kun utgjorde en mindre del av de øvrige arbeidsoppgavene.

Forventninger er viktige, og ofte oppstår problemer rett og slett fordi de er sprikende innenfor en brukergruppe. Når enkelte aspekter av bygningen er annerledes i bruk enn det som man er vant til, kan brukerne ofte bli usympatiske. Dette krever åpenbart at man utbedrer de faktiske feil der de eksisterer, men det kan også ligge et ubrukt potensiale i å søke forståelse hos brukeren – ved å innrulle dem, nær sagt – i prosjektets overordna mål. Men som også tidligere nevnt er det i PH Kjørbo som regel en del som også blir «gitt» hver gang det «tas». Holistisk

tankegang er ikke forbeholdt skisse og forprosjekt, den trives også godt på brukersiden:

«Når det gjelder støy så vil jeg si at det er en annen ting med støy. Fordi én ting er jo støy av folk som snakker og hvordan lyden bærer når noen snakker. Men ventilasjonsstøyen, den er jo ikke-eksisterende. Og den merker du jo ofte først når den har slått seg av [...]. Og det er utrolig deilig. Jeg føler at det har en sånn avstressende effekt. Så klimamessig, miljømessig, i forhold til sånn som bygget fungerer, så føler jeg at det er et sunnere bygg.» (i7)

Men om ikke det skulle være nok: hvis du vil, kan du selvfølgelig åpne et vindu.

References | Referanser

All quotes i1, i2 and i3 are based on interviews with staff members | *Sitetene i1, i2 and i3 er basert på intervju med personalet*

Please read the forthcoming ZEB report for more findings from this study | *Følg med på utgivelsen av den planlagte ZEB forskningsrapporten for mer om denne studien.*



Powerhouse Kjørbo interior/Interiørbilde Photo/Foto: Chris Aadland

Personnel

In 2014 a total of 39 persons were involved in ZEB 10 % or more of their total working hours. In addition, ZEB had 12 PhD and 1 PostDoc in 2014, where 5 of them are Norwegian and 4 females.

Further, 5 PhD are working closely to the centre, with financial support from other sources.

In total, there were 19 ZEB-related master graduates in 2014.

Publications

Type of publication	2014	Total
Journal paper	26	105
Published conference papers	26	113
Conference and seminar presentations	21	276
Popular science articles	4	23
Books and books chapters	1	5
Reports incl. PhD and master thesis	20	97
Media contributions	58	130

Funding and Cost

The total funding in 2014, including in-kind contribution was NOK 36 280 255. The table shows the funding per partner (all figures in NOK 1 000):

Funding	Amount	Amount
The Research Council		12 695
The Host Institution (NTNU)		6 270
Enterprise partners		14 572
Brødrene Dahl AS	1 209	
ByBo AS	2 492	
Byggenæringens Landsforening	114	
Caverion Norge AS	300	
DuPont de Nemours	113	
Glava AS	406	
Isola AS	795	
Multiconsult	545	
NorDan AS	381	
Norsk Teknologi	50	
Protan	100	
SAPA Building Systems	805	
SINTEF	1 911	
Skanska Norge AS	2 799	
Snøhetta AS	570	
VELUX AS	504	
Weber	856	
Sør Trøndelag fylkeskommune	623	
Public partners		2 743
Direktoratet for byggkvalitet	68	
Enova	500	
Entra Eiendom AS	250	
Forsvarsbygg	239	
Husbanken	587	
Statsbygg	1 099	
Total		36 280

Annual Cost

The total cost in 2014 was NOK 36 280 255. The table shows the costs for the different activities (all figures in NOK 1 000):

Activity	2014
Management and administration of the Centre	4 032
WP1: Advanced materials and technologies	2 476
WP2: Climate-adapted low-energy envelope systems	1 741
WP3: Energy systems for zero-emission buildings	1 801
WP4: Energy efficient use and operation	1 626
WP5: Concepts and strategies for ZEB	2 519
Dissemination of knowledge (conferences, seminars, workshops)	1 468
Training of research personnel, professor position	8 056
In kind contribution from the user partners	10 577
Equipment	1 984
Total costs	36 280

The table shows the cost per partner (all figures in NOK 1 000):

Cost	Amount	Amount
The Host Institution (NTNU)		16 518
Research Partners (SINTEF)		8 861
Enterprise partners		8 324
Brødrene Dahl AS	959	
ByBo AS	2 342	
Byggenæringens Landsforening	64	
Caverion Norge AS	100	
Glava AS	106	
Isola AS	670	
Multiconsult	345	
NorDan AS	131	
Sør Trøndelag fylkeskommune	373	
SAPA Building Systems	305	
Skanska Norge AS	1 799	
Snøhetta AS	420	
VELUX AS	254	
Weber	456	
Public partners		593
Direktoratet for byggkvalitet	68	
Forsvarsbygg	89	
Husbanken	87	
Statsbygg	349	
Equipment		1 984
Total		36 280



The report is illustrated with photos from the ZEB pilot-building Multikomfort that was opened in September 2014. This is a demonstration house for Brødrene Dahl and Optimera, built on their business site in Larvik.

www.multikomfort.no

Location: Ringdalskogen, Larvik, Norway; Size: 200 m² heated floor area; Builder: Brødrene Dahl and Optimera; Architect: Snøhetta; Level of ambition: ZEB-OM (The building's renewable energy production compensate for greenhouse gas emissions from operation and production of its building materials); Photos: Paal A. Schwital/Metro.





www.zeb.no

ZEB is the Norwegian locomotive for sustainable architecture