

# Strategi for valg av energikonsepter i fremtidens næringsbygg.



**Sjefsrådgiver Tor Helge Dokka, KEB – Skanska Teknikk, August 2019**

# Innhold

- Eberle 2226
- Powerhouse- og «Powerhouse-konseptet»
- Forskningsprosjektet Lowex
- Lia Bhg
- House Zero
- Gullhaug Torg 2
- Kort om Powerhouse Telemark

# Eberle 2226 – Lustenau. Østerrike



Oppsummering fra studietur 22.10.2014.

Tor Helge Dokka & Niels Lassen, Skanska Teknikk

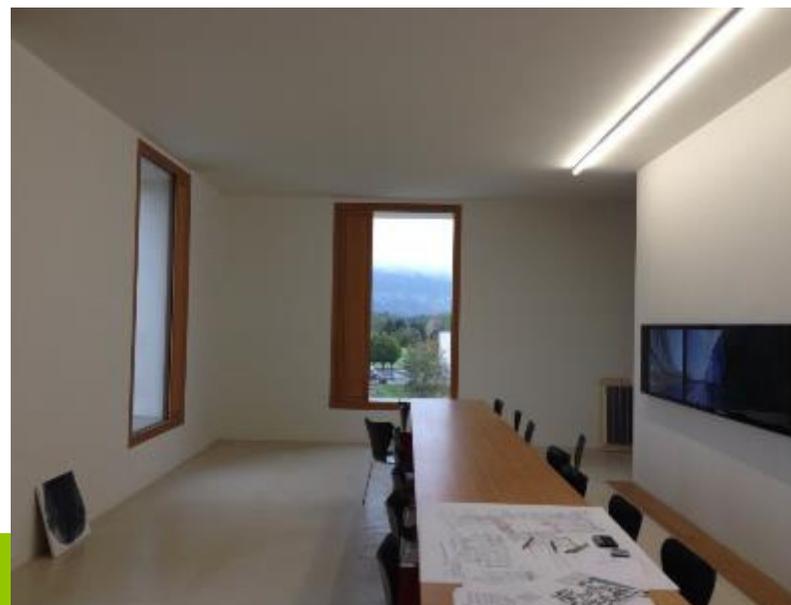
# Bygget

- Kubisk bygg 24 x 24 x 24 m, 6 etasjer.
- Få materialer: Pusset mur(tegl), betong (dekker), tre (eik i dører og vinduer), glass.
- Moderat vindusareal, men store vinduer
- Første etasje til utstilling og kantine (med kjøkken)
- 2-5 etasje brukes av Eberle og et par andre leietagere
- 6 etasje enda ikke i bruk, men er planlagt å bli brukt som bolig(er) ?
- Landlig beliggenhet, med lite utendørs støy og god luftkvalitet
- Bruttoareal på ca. 3200 m<sup>2</sup> og bruksareal på ca. 2800 m<sup>2</sup>



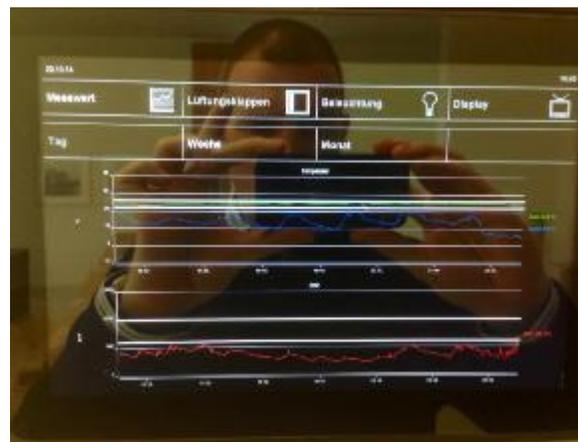
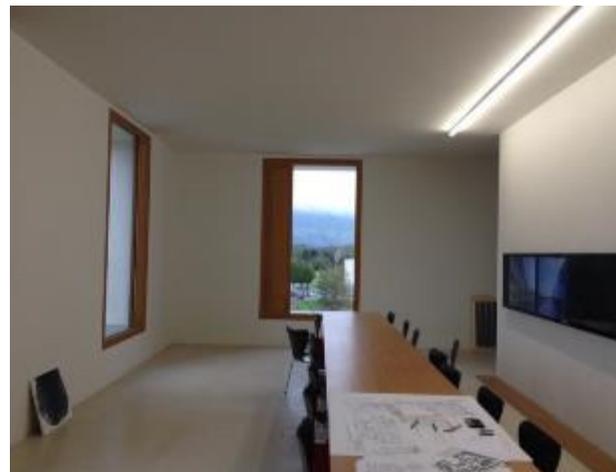
# Akustikk

- Så og si alle overflater er harde
- Store takhøyder gjør det mer utfordrende med etterklangstid
- Ingen akustiske elementer i himling
- De har vært bevisst på at designen ville gi utfordringer mht. akustikk, og ønsker å løse dette fortløpende
- Kantine med stor takhøyde har store takhøye bokhyller som gir akustisk demping.
- Foreløpig lite demping i landskapene, men vertikale elementer som gardiner/forheng og bokhyller er planlagt ettermontert
- Akustikk i kantine var relativt god, selv om bokhyller i praksis var eneste demping
- Akustikk i landskap i kontoretasjene var (som forventet) ikke tilfredsstillende.



## Klimatisering av bygget

- Kun naturlig ventilasjon, gjennom luker. Avansert styring.
- Ikke noe oppvarmingssystem, bortsett fra at belysningssystem fungerer som oppvarming i kalde perioder/perioder med lite internlaster (Juleferie,...)
- Ikke noe aktivt kjølesystem/kjølemaskin, kun passiv nattkjøling (naturlig vent)
- Ingen utvendig solavskjerming
- Lyslist med effekt på  $5 \text{ W/m}^2$
- Meget godt isolert bygningskropp med lavt lekkasjetall
- Ekstremt tungt bygg/mye eksponert termisk masse



# Energibruk og energiytelse

- Total energibruk(el) er målt til 38 kWh/m<sup>2</sup>år, inkludert utstyr og kjøkkendrift. Dette er måling ut fra et første året i drift.
- Energibruk til belysning ble ut fra årsvariasjon i el-bruk grovt estimert til 10 kWh/m<sup>2</sup>år, da tidvis brukt for å oppvarme bygget.
- Varmtvannsberedning gjøres med små elektriske beredere. Ut fra erfaring med Kjørbo anslås forbruket til 2-3 kWh/m<sup>2</sup>år.
- El-forbruk til PC'er, AV-utstyr, printere, servere?, kjøkkendrift og annet er ut fra dette grovt estimert til ca. 25 kWh/m<sup>2</sup>år.
- Det skal installeres solceller (PV) på taket for at bygget skal gå i null over året. Grove overslagsberegninger tyder på at det kan gå hvis man dekker hele takflaten



# Kostnader

- Ved å fjerne det meste av tekniske installasjoner kan man bruke denne besparelsen på solide bygningsmaterialer og god håndtverksutførelse.
- Man sparer masse plass siden teknisk rom kun utgjør 0,6 m<sup>2</sup>. Betydelig mere utleiebart areal enn konvensjonelt bygg.
- Tykke yttervegger tar mye plass, men kanskje ikke noe problem her (mye plass rundt bygget).
- Byggekostnad er oppgitt til ca. 10 300 kr per kvm. BRA, eksklusiv tomtekostnad. Design- og utviklingskostnader er trolig ikke inkludert (gjort av Eberle selv, bare en innleid rådgiver/ekspert på software-styringen)



Teknisk rom på 0,6 m<sup>2</sup>

# Powerhouse – og «powerhousekonseptet»



# Powerhouse – samarbeid etablert i 2011



HYDRO



entra

SKANSKA

ZERO



SNØHETTA

sapa:

asplan viak

Partnere 2014

Samarbeidspartnere 2014



The Research Centre on  
Zero Emission Buildings



enova

Vi gir støtte til energi-  
og klimatiltak

Målet er å vise at det er mulig å bygge plusshus – ikke bare i sydlige strøk – men også i kalde Norge

## Overordnet definisjon Powerhouse (plussenergi)

*Powerhouse er et plussenergibygg, som gjennom driftsfasen genererer mer fornybar energi enn hva den forbruker til produksjon av byggematerialer, konstruksjon, drift og avhending av bygget.*

**Prosjektet skal kunne gjennomføres til konkurransedyktig pris.**



Illustration: SNØHETTA / MIR

# Powerhouse Kjørbo

Powerhouse  
Kjørbo



# Powerhouse Kjørbo

- Totalrehabilitering av to kontorbygg fra 80-tallet på Kjørbo i Sandvika
- Byggherre: Entra Eiendom
- Totalentreprenør (også ansvarlig for miljø- og energikonsept): Skanska Norge
- Arkitekt: Snøhetta
- Leietaker og deltager prosjekteringsgruppen: Asplan Viak
- Totalt ca. 5.200 kvadratmeter
- Byggestart i 2013 og overlevering februar 2014
- BREEAM-NOR Outstanding for designfasen oppnådd (januar 2014)



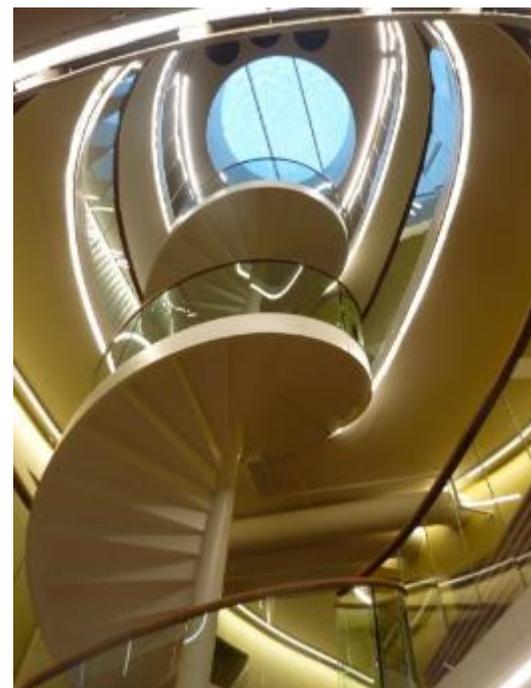
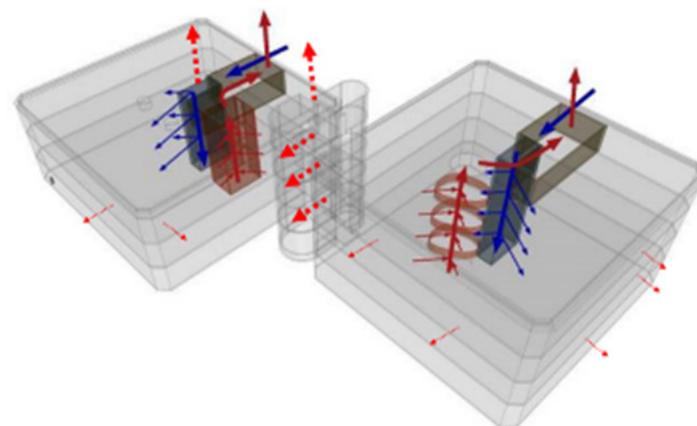
Før rehabiliteringen i 2013. Foto: Skanska.



Nytt og gammelt, juni 2014. Foto: Skanska

## Ventilasjonskonsept, PH Kjørbo:

- Hver blokk utstyrt med et «overdimensjonert» ventilasjonsaggregat med bypass og omluftsfunksjon. Aggregat er plassert i ventilasjonsrom mot nordfasade i øverste plan, med luftinntak direkte i fasade, og avkast direkte over tak.
- Behovsstyrt, bygningsintegrert fortregningventilasjon i møterom og landskap, CAV i cellekontor.
- Eksisterende sjakt ombygget til tilluftssjakt.
- Tilluftsvifte regulerer for å holde konstant overtrykk i tilluftssjakt på 20 Pa (!)
- Avtrekk via overstrøming til trappesjakter
- Avtrekksvifte styres som slave av tilluftsvifte dersom 100 % gjenvinningsbehov.
- Ved redusert gjenvinningsbehov, reduseres pådrag på avtrekksvifte, og overskuddsluft slippes ut gjennom styrte luker/vindu.



## Konseptløsning for oppvarming og kjøling – PH Kjørbo

- 10 energibrønner tilknyttet reversibel VP for romoppvarming samt egen VP for tappevann
- Store veggmonterte radiatorer i landskap, ingen oppvarming i cellekontor eller møterom. Backup via omluftsfunksjon i ventilasjonsaggregat
- For at det skal bli akseptabel komfort i cellekontor og møterom om vinteren, er det forutsatt at brukerne lar døren stå åpen når rommene ikke er i bruk.
- Eksponert termisk masse i himling bidrar til redusert kjølebehov/bedret termisk komfort sommertid
- Frikjøling av datarom og ventilasjonsluft via energibrønnene. Det har så langt ikke vært nødvendig å kjøre VP som kjølemaskin



# Kjøling

- Kjøleanlegget forsyner to ventilasjonsaggregater (blokk 4 og 5) samt datakjøling og Pure Water-kjøler
- Kjøling basert på frikjøling og varmepumpe (i kjølemodus) ved behov
- Passiv kjøling med utnyttelse av termisk masse
- Vinduslufting om ønskelig (men skal ikke være nødvendig)
- Mulighet for nattventilasjon basert på frikjøling



Foto: Skanska

Passiv kjøling ved utnyttelse av termisk masse i himling. Men god akustisk løsning må til (under montering).

# SKANSKA Utnyttelse av fornybar varme/kulde via energibrønner i bakken

- Varme-/kjøleproduksjonen skjer primært med varmepumpe, som har energiopptak fra 10 stk. energibrønner
- To varmepumper tilpasset temperaturbehov for hhv. romoppvarming og oppvarming ventilasjonsluft samt varmt tappevann.
- Fjernvarme som reservelast

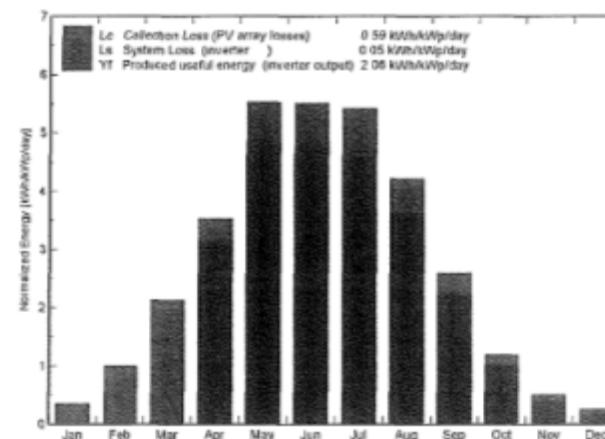


Varmepumper for hhv. Varmtvann og oppvarming. Foto: Skanska

# Solstrømproduksjon

- Strømproduksjon med solceller på tak balanserer energibehov til drift, materialer og byggeplass
- Norges største solcelleanlegg
- Totalt 1556 m<sup>2</sup> fordelt på to kontorblokker og garasjetak
- Totalproduksjon over 220.000 kWh/år for nytt anlegg, eller ca. 42 kWh/m<sup>2</sup> BRA
- Beregnet ytelse 311 kWp
- Flatt tak, 10 graders symmetrisk helning øst/vest (men noe dreining for blokkene)
- Anlegget optimalisert for størst mulig årsproduksjon
- Produsent: Sun Power, leverandør Direct Energy

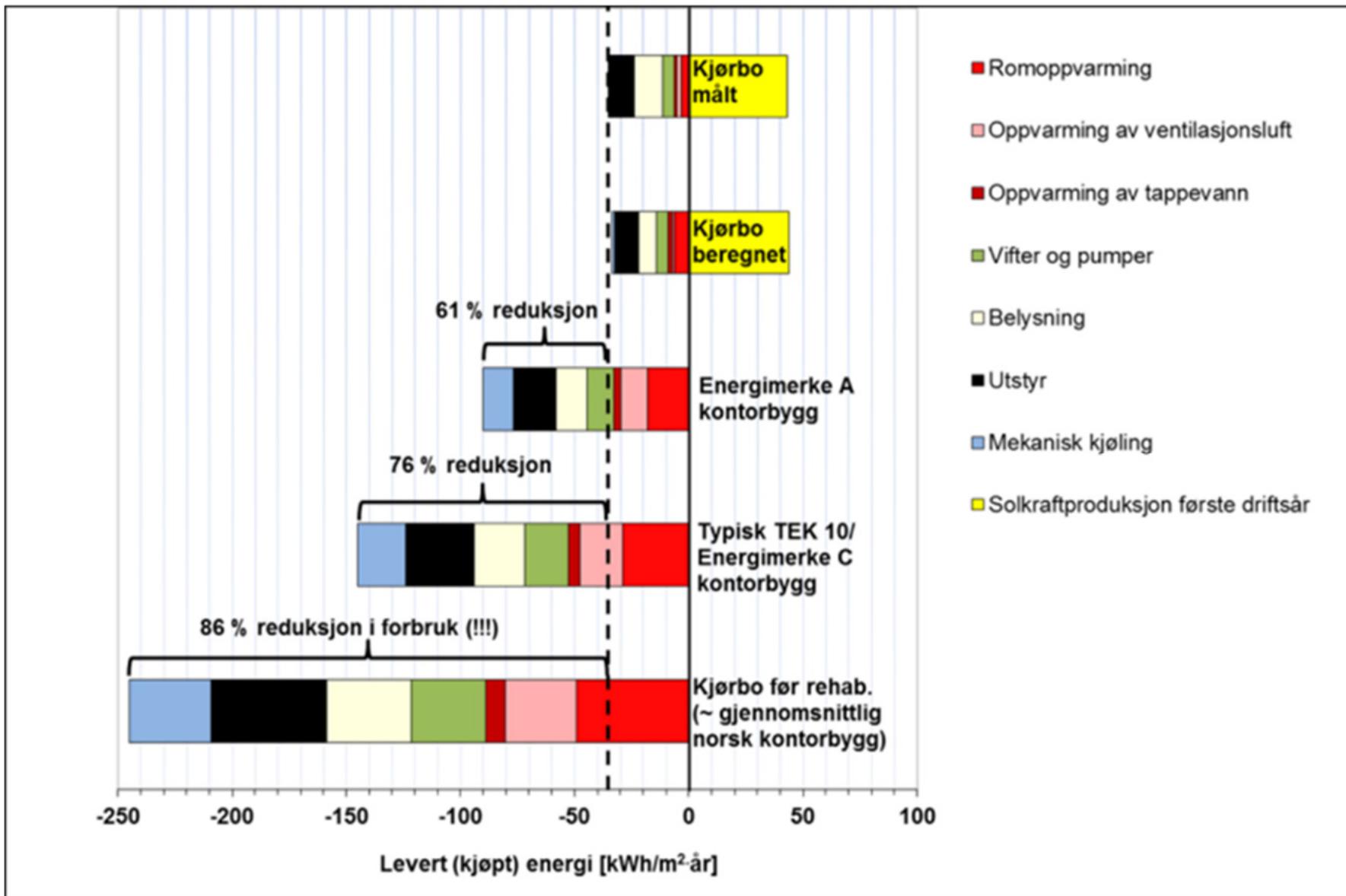
Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 183 kWp



Produksjonsprofil over året for solceller på garasjetak (orientert symmetrisk øst/vest, 10 graders helning)

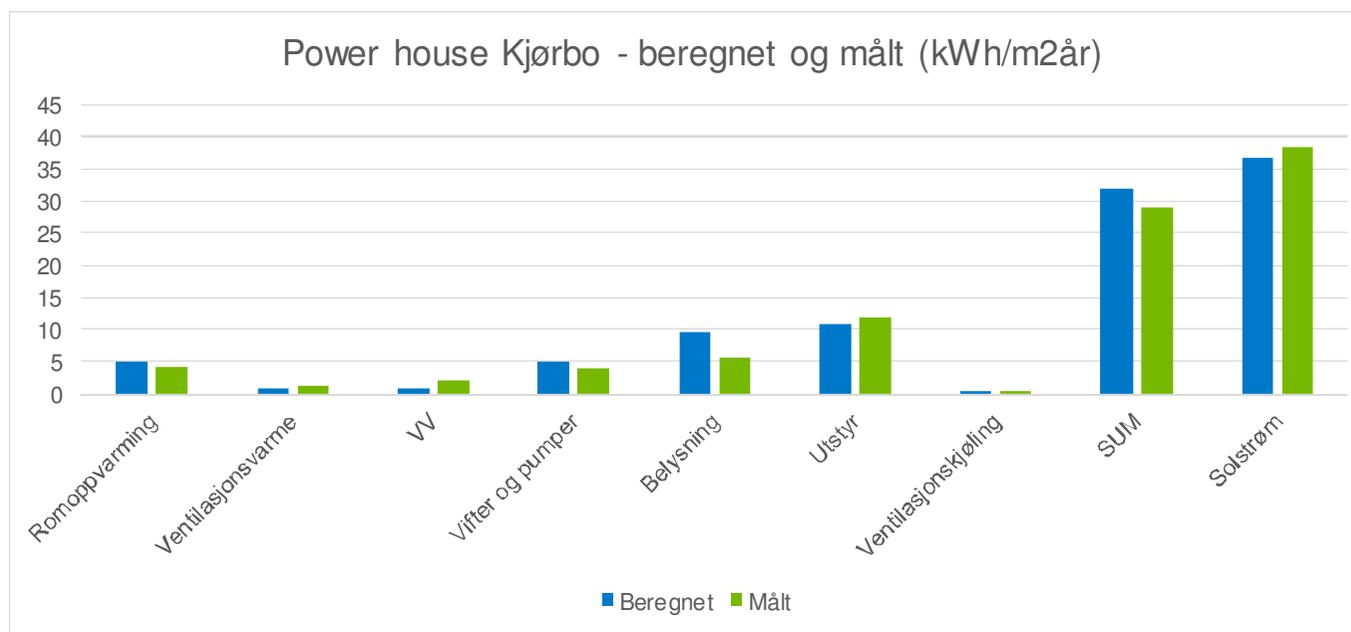


Solceller på blokk 4. Foto: Skanska



# Kjørbo blokk 1-3

- Kostnader redusert med 15-20 % ifht. blokk 4&5
- Enklere akustisk konsept
- Aggregater med bedre gjenvinner
- Bedre og mer gjennomtenkt belysningskonsept





# **PH Brattørkaia, Trondheim**

Bjørn Jenssen og Marit Thyholt

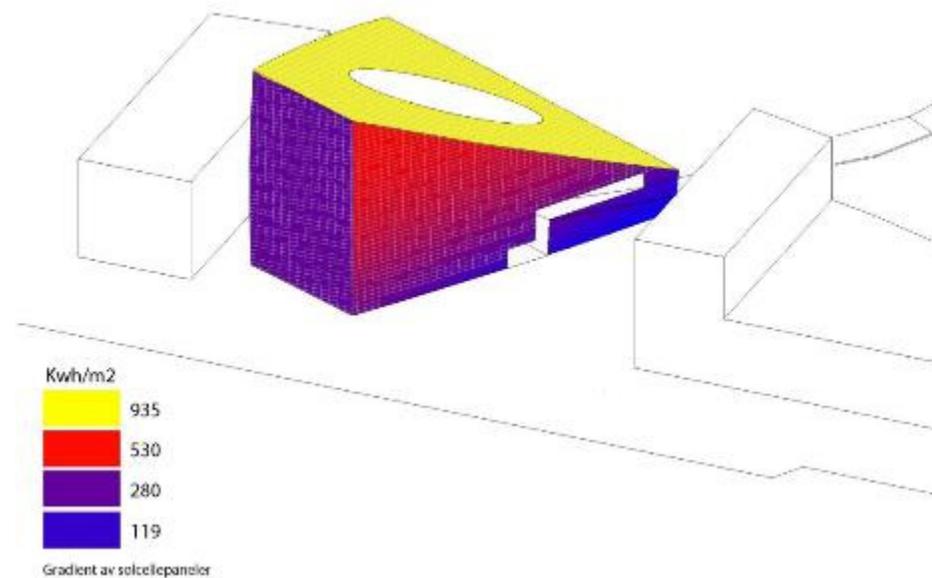
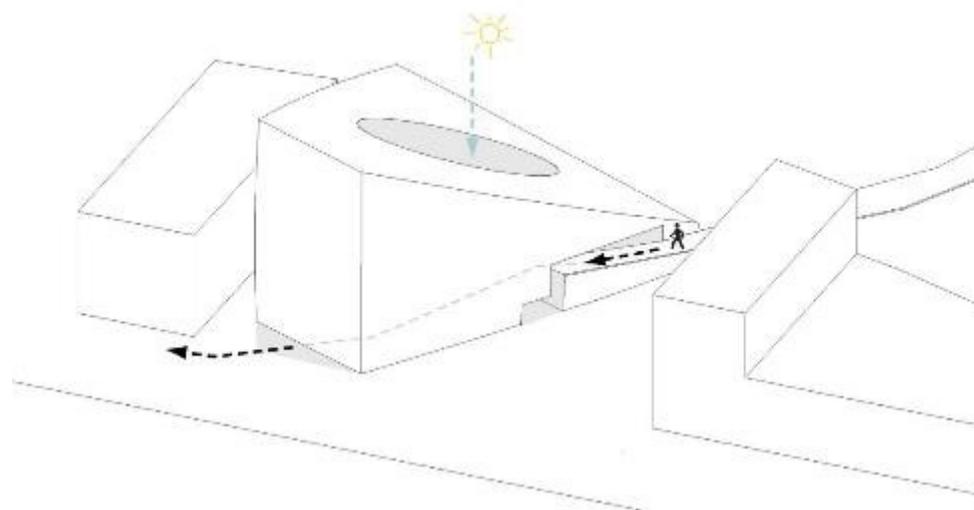
Skanska



*Form følger miljø !*

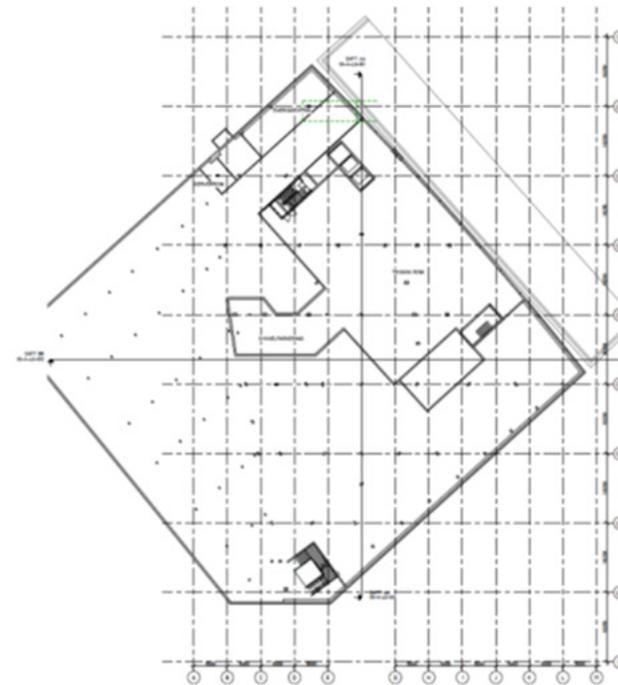
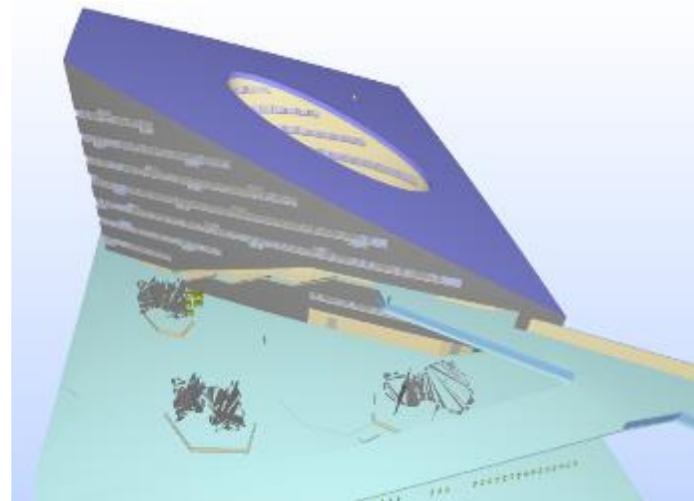
## Viktige design-parametere

- Utnyttelse av fotavtrykk og volum
- Dagslysutnyttelse
- Utnyttelse av «fasader» til solkraftproduksjon
- Tilpassing til mikroklimatiske forhold på tomten (vind, sol/ skygge, forurensning)



## Ventilasjonskonsept; PH Kjørbo, med enkelte modifikasjoner:

- 9 stk større aggregat plassert i kjeller, med felles luftinntak i vestfasade plan 2, felles tilluftsfiler i inntakskorridor og felles avkast i østfasade plan 1
- Ikke bypass-løsning på aggregat (!)
- Tilluft tilføres egne tilluftssjakter i kjernen. Avtrekk via trapp tilbake til teknisk rom, som benyttes som «plenumskammer» for avtrekksluft (ingen kanaler fra trappesjakt frem til aggregat).
- Totalt 4 desentrale aggregat i knevegg i plan 4-7 med lokale inntak i vestfasaden og avkast i østfasaden
- En andel dagslysvindu utstyres med motor for styrt hybrid/naturlig ventilasjon
- Ved redusert gjenvinningsbehov, reduseres pådraget på avtrekksviftene, og luften slippes ut gjennom styrte åpningsvindu



## Energibehov og energibalanse - forutsetninger og kritiske forhold

- Når det er rikelig med dagslys ute, skal de fleste arbeidsplasser ha tilfredsstillende lysforhold uten elektrisk belysning. NB: Forprosjekt-løsningen tilfredsstiller ikke dette kravet.
- Om energibudsjettet holder, vil tak og sørøstfasade alene kunne gi nok solkraftproduksjon til å klare målsetningen. Dette vil redusere kostnader og gi større frihet i design av vestfasaden (økt fokus på dagslysutnyttelse fremfor solkraftproduksjon).
- Kombinasjonen naturlig/mekanisk ventilasjon innebærer økt kompleksitet, flere styringskomponenter og økt risiko. Løsningen bør analyseres og optimaliseres i tråd med «less is more» prinsippet før implementering.

<b>BK 17 a Powerhouse Brattørkaia - budsjett for spesifikk energibruk</b>			
<b>Budsjettpost</b>	<b>Totalt årlig spesifikt netto energibehov [kWh/år]</b>	<b>Beregnet årlig spesifikt elbehov [kWh/m<sup>2</sup>·år]</b>	<b>Beregnet årlig spesifikt fjernvarmebehov [kWh/m<sup>2</sup>·år]</b>
Romoppvarming	13,7	3,4	0,0
Ventilasjonsvarme	1,0	0,2	0,0
Tappevannsoppvarming	2,6	0,9	0,0
Vifter	2,2	2,2	0,0
Pumper	0,9	0,9	0,0
Belysning	7,1	7,1	0,0
Utstyr- generelt	13,0	13,0	0,0
Romkjøling/komfortkjøling	0,0	0,0	0,0
Ventilasjonskjøling	0,5	0,0	0,0
<b>Totalt</b>	<b>41,0</b>	<b>27,8</b>	<b>0,0</b>
<b>Totalt eksklusive generelt utstyr</b>	<b>28,0</b>	<b>14,9</b>	<b>0,0</b>

<b>Beregnet energibalanse for Powerhouse Brattørkaia per 14.10.2015</b>	
Oppvarmet BRA	14 291,0
Gjennomsnittlig årlig kraftproduksjon fra solceller for hele livsløpet per oppvarmet BRA [ekvivalent elektrisk kraft per m2 per år]	34,3
Gjennomsnittlig årlig total bundet energi for materialbruk, bygging, rehabilitering og avhending over livsløpet per oppvarmet BRA [ekvivalent elektrisk kraft per m2 per år]	-18,9
Gjennomsnittlig årlig energibehov i driftsfasen for hele livsløpet per oppvarmet BRA [ekvivalent elektrisk kraft per m2 per år]	-15,0
<b>Sum = årlig energibalanse over livsløpet per oppvarmet BRA [ekvivalent elektrisk kraft per m2 per år]</b>	<b>0,4</b>

# LOWEX: Høyeffektiv termisk energiforsyning i nullenergibbygg



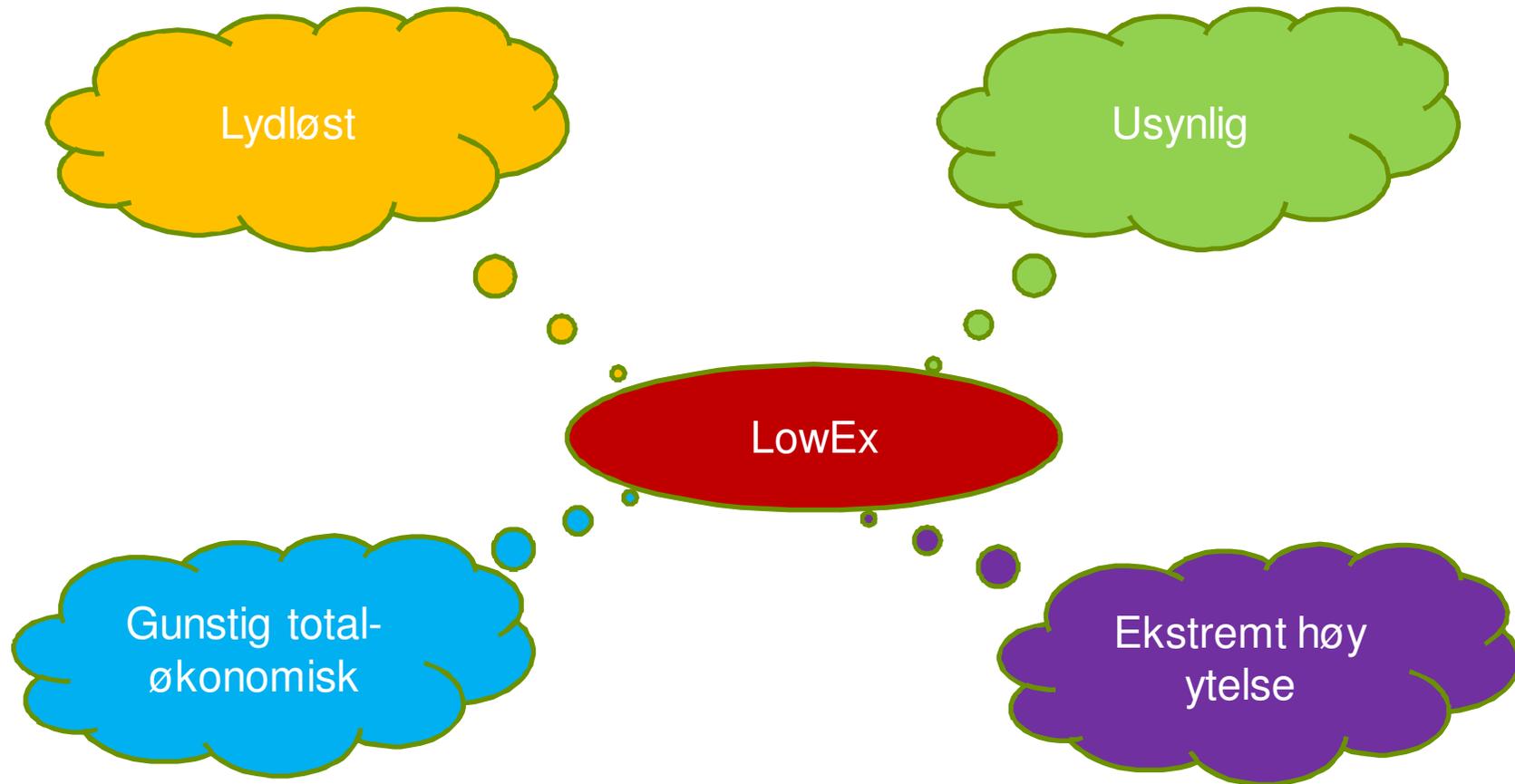
THD, KEB – Skanska Teknikk, Jan2017

## Ideelt sett:



Men generelt for store kompromisser mht. robusthet, inneklima og fleksibilitet.

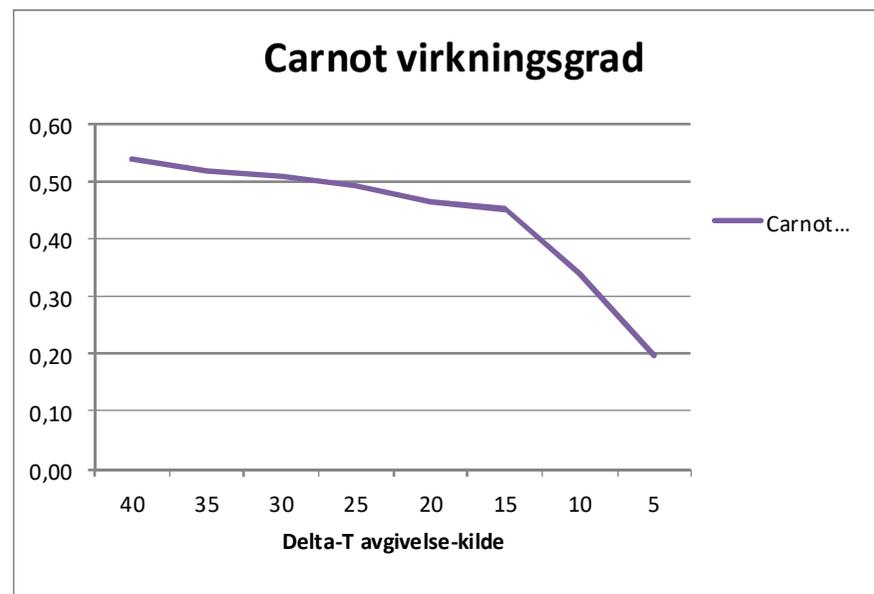
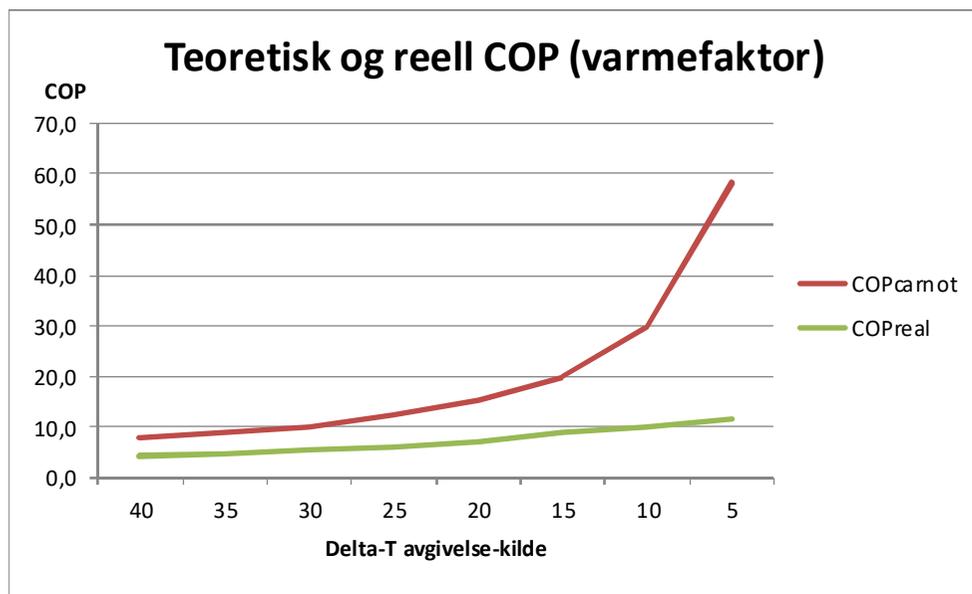
# Ønsker:



## Mål:

- I. Årsvarmefaktor – SCOP = 8-10
- II. Årskjølefaktor – SEER = 80-100
- III. 80 % redusert el-effektbehov til oppvarming og kjøling
- IV. Lave total kostnader

# Teoretisk bakgrunn for LowEx



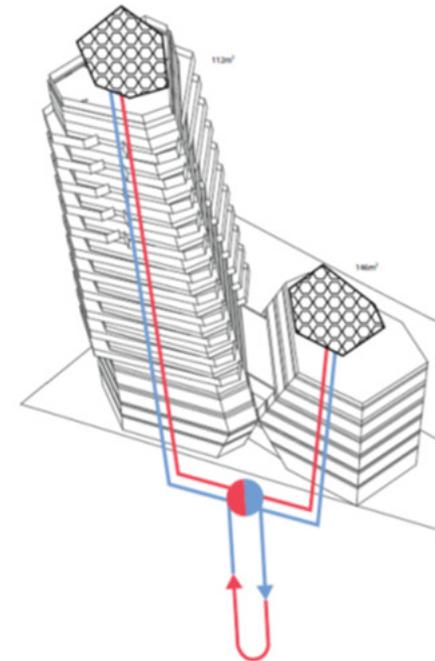
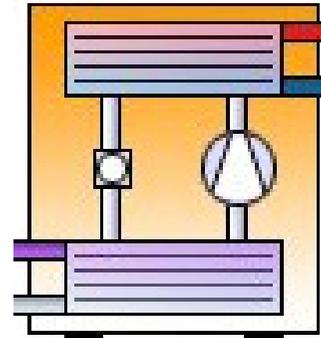
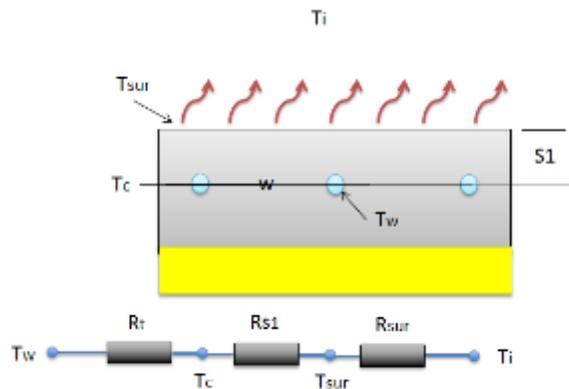
Carnot COP:

$$COP_{CARNOT} = \frac{T_{AVG} (K)}{T_{AVG} - T_{KILDE}}$$

Carnot virkningsgrad (eksergi virkningsgrad):

$$\eta_{ex} = \frac{COP}{COP_{CARNOT}}$$

# Prosjektideen er å optimalisere:



Tabell 8: Estimert reell COP for varmepumpe beregnet i oppvarmingssesongen.

<b>Utetemperatur</b>	<b>-20 °C</b>	<b>-15 °C</b>	<b>-10 °C</b>	<b>-5 °C</b>	<b>0 °C</b>	<b>5 °C</b>	<b>10 °C</b>
Ønsket turtemperatur (avgivelsestemperatur VP)	29,3 °C	27,8 °C	26,4 °C	25,0 °C	23,5 °C	22,0 °C	20,4 °C
Estimert brinetemperatur fra energibrønn (fra EED-simulering)	0,0 °C	1,0 °C	2,0 °C	4,0 °C	6,0 °C	7,0 °C	8,0 °C
Antall timer <sup>1</sup>	15 t	73 t	206 t	660 t	1450 t	1689 t	1370 t
Teoretisk COP, COP <sub>carnot</sub>	10,3	11,2	12,3	14,2	16,9	19,7	23,6
Beregnet «reell» COP	5,2	5,7	6,2	7,2	8,5	9,9	11,9

<sup>1</sup> Med antall timer menes 15 timer over – 20 °C, 73 timer mellom – 20 og – 15 °C, osv.

# Konvensjonelle og State-of-the-Art løsninger

- NS3031:2014
  - Vannbasert system med geovarmepumpe: COP = 2,6
  - kjølemaskin med vannbasert kjøling: COP = 2,5-2,7.
- POWERHOUSE KJØRBO:
  - Geo-varmepumpe: COP = 4,2
  - Frikjøling via energibrønner: COP ≈ 20 – 30.



# Internasjonalt: EU-prosjektet GEOTABS

SCOP <sub>1</sub>	[-]	5.15	3.94	3.76	3.56	ND
SCOP <sub>2</sub>	[-]	4.71	ND		1.96	ND
SCOP <sub>3</sub>	[-]	-	ND		1.59	ND
SCOP <sub>4</sub>	[-]	4.38	ND		1.23	ND
SEER <sub>1</sub>	[-]	-	7.54	10.74	-	ND
SEER <sub>2</sub>	[-]	49.70	ND	?	3.72	ND
SEER <sub>3</sub>	[-]	20.95	ND		2.89	ND
SEER <sub>4</sub>	[-]	-	ND		2.08	ND



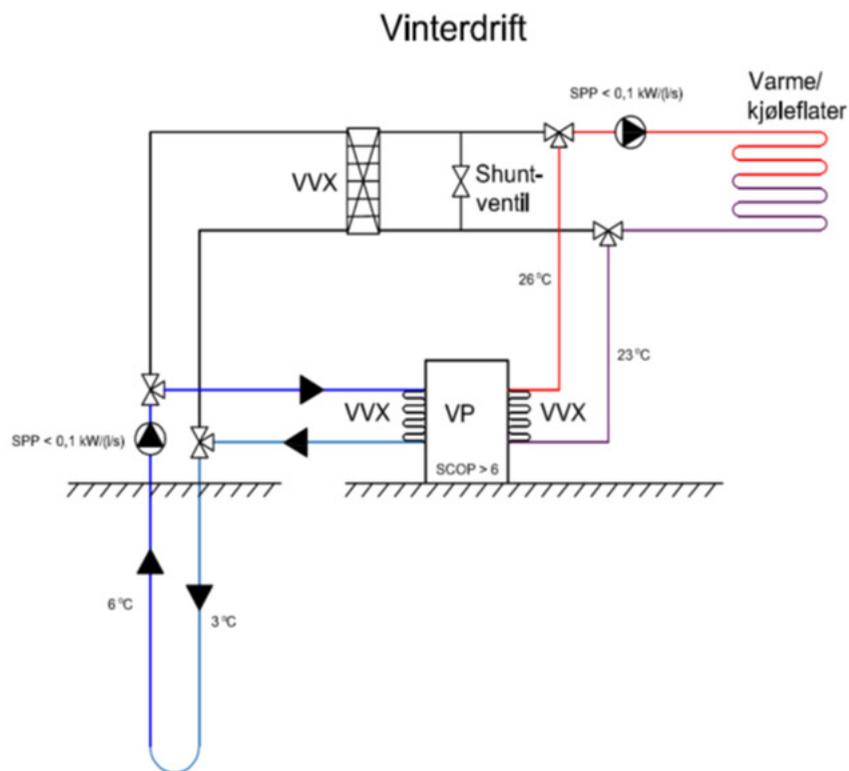


Fig.1: Vinterdrift lowex-system

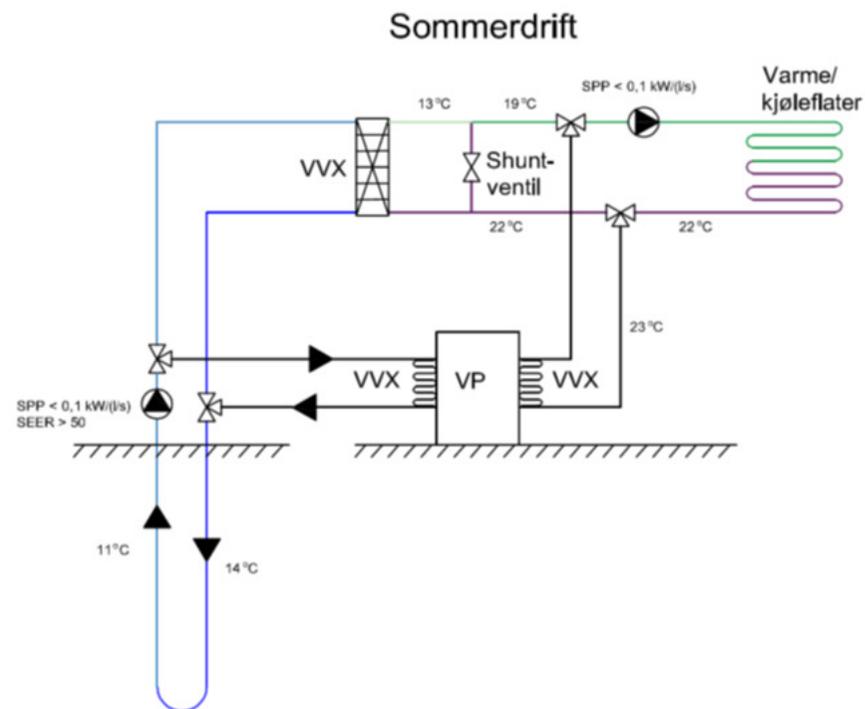
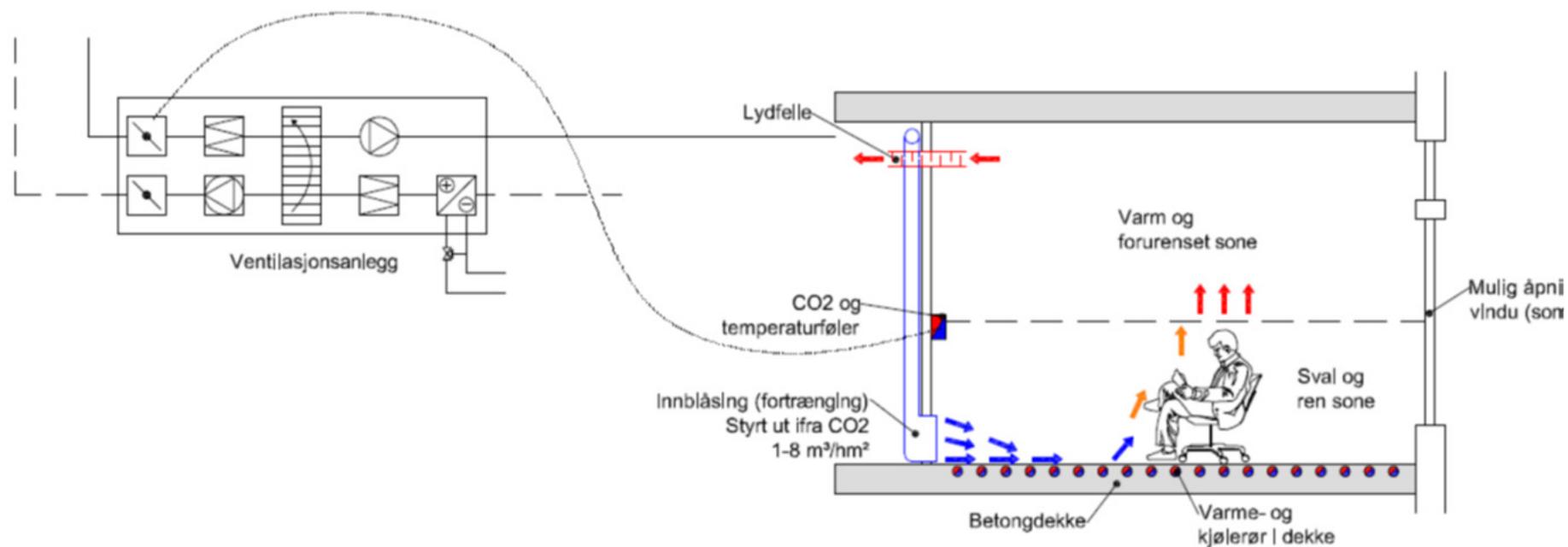


Fig.2: Sommerdrift lowex-system

# Erfaringer med Lia BH



# Klimatiseringskonsept



**Figur 3** Prinsippet for fortrengningsventilasjon med behovsstyring av luftmengde etter CO<sub>2</sub> og temperatur, og overstrømning ut til korridor.

# Data for bygget

	Brukstid/driftstid	10/5/52	Ti timer per dag (07-17), 5 dager i uka, drift hele året, ihht. NS3031:2014. Kjernetid 08.30-15.30.
	Personbelastning i driftstiden	7/4 W/m <sup>2</sup>	7 W/m <sup>2</sup> i kjernetid og 4 W/m <sup>2</sup> utenfor kjernetid, gir tilnærmet samme personbelastning som NS3031:2014.
	Snitt belysningseffekt Årlig energibehov	2,35 W/m <sup>2</sup> 6,1 kWh/ m <sup>2</sup> år	Armaturer med LED. Beregnet LENI på 4,4 er lagt på for å ta høyde for ikke-ideell drift.
	Utstyrseffekt i driftstiden (energiebehov over året)	2 W/m <sup>2</sup> (4 kWh/ m <sup>2</sup> år)	Snitt lokal utstyrseffekt ihht. NS3031:2014.
	Årsbehov varmtvann Dekningsgrad VP Årsvarmefaktor	9,0 kWh/m <sup>2</sup> år 98 % SCOP = 3	Behov basert på målte tall fra NVE-rapport <sup>10</sup> Estimert at varmepumpe kan dekke 98 % av varmebehovet med en årsvarmefaktor på 3.
	Varmeforsyning	Q <sub>vp</sub> = 24 kW (98 % dekning) SCOP = 6,0 Q <sub>ei</sub> = 9 kW	Varmepumpe med kapasitet på 24 kW (2 x 12 kW) som er estimert å dekke 98 % av årsvarmebehovet. Årsvarmefaktor beregnet til 6,0. Integreert el-element som spisslast/backup på ca. 9 kW.
	Soning av bygget	1 sone	Bygget er i denne fasen regnet som en sone.

Tabell 1 Sentrale inndata brukt i simuleringen

Inndata	Verdi	Kommentar/henvisning	
	Oppvarmet bruksareal (BRA)	1579 m <sup>2</sup>	Fra tegninger datert 20.09.16
	U-verdi yttervegg	0,17 W/m <sup>2</sup> K	Ca. 25 cm isolasjon, prefabrikkert elementvegg i tre.
	U-verdi yttertak	0,10 W/m <sup>2</sup> K	Ca. 45 cm isolasjon i kompaktakløsning.
	U-verdi gulv på grunn	0,10 W/m <sup>2</sup> K	Ca. 25-30 cm isolasjon i gulv på grunn, inkludert varmemotstand i grunn.
	U-verdi vinduer	0,75 W/m <sup>2</sup> K	Passivhusvinduer med tre lags energiglass med isolert karm.
	g-verdi vindu og solavskjerming	0,21 – 0,48	Tre lags energiglass med lystransmisjon på ca. 74 % for vinduer mot øst, vest og nord. For sydvendte vinduer solreflekterende ruter med lystransmisjon på ca. 55 %. Suppleres med innvendig manuell solskjerming.
	Normalisert kuldebroverdi	0,03 W/m <sup>2</sup> K	Forutsatt godt prosjekterte kuldebroløsninger, som detaljeres i senere prosjektfase.
	Lekkasjetall	0,50 oms/t	Strengt krav til prosjektering og utførelse.
	Normalisert varmekapasitet <sup>1</sup>	82 Wh/m <sup>2</sup> K	Eksponert termisk masse i gulv og etasje-skiller i betong med 50-60 % eksponert betonghimling i 1 etg.
	Snitt luftmengde Virkningsgrad gjenvinner Spesifikk vifteeffekt, SFP Tilluftstemperatur	4,0-7,0 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> 87 % 0,70 kW/m <sup>3</sup> /s 18-20 °C	Luftmengde med god behovsstyring og høy ventilasjonseffektivitet som varierer med sesongen. Høyeffektiv roterende gjenvinner. Aggregater og kanalsystem med meget lavt trykktap.
	Kjøleeffekt	Ca. 15 W/m <sup>2</sup> Ca. 5 W/m <sup>2</sup>	Kun frikjøling fra energibrønner. Supplert med lite kjølebatteri aggregat.
	Oppv.effekt gulvarme Oppv.effekt varmebatteri	Ca. 20 W/m <sup>2</sup> Ca. 6 W/m <sup>2</sup>	Ut fra simulering ved dimensjonerende utetemperatur vinter.



# Energiytelse

**Tabell 2** Simulert energibehov for bygget.

Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
Romoppvarming	27 841 kWh/år	17,6 kWh/m <sup>2</sup> år
Ventilasjonsvarme	1 917 kWh/år	1,2 kWh/m <sup>2</sup> år
Varmtvann	14 239 kWh/år	9,0 kWh/m <sup>2</sup> år
Vifter	3 237 kWh/år	2,0 kWh/m <sup>2</sup> år
Pumper	1 076 kWh/år	0,7 kWh/m <sup>2</sup> år
Belysning	9 686 kWh/år	6,1 kWh/m <sup>2</sup> år
Teknisk utstyr	8 201 kWh/år	5,2 kWh/m <sup>2</sup> år
Romkjøling	15 494 kWh/år	9,8 kWh/m <sup>2</sup> år
Ventilasjonskjøling	2 635 kWh/år	1,7 kWh/m <sup>2</sup> år
<b>Sum energibehov</b>	<b>84 326 kWh/år</b>	<b>53,4 kWh/m<sup>2</sup>år</b>

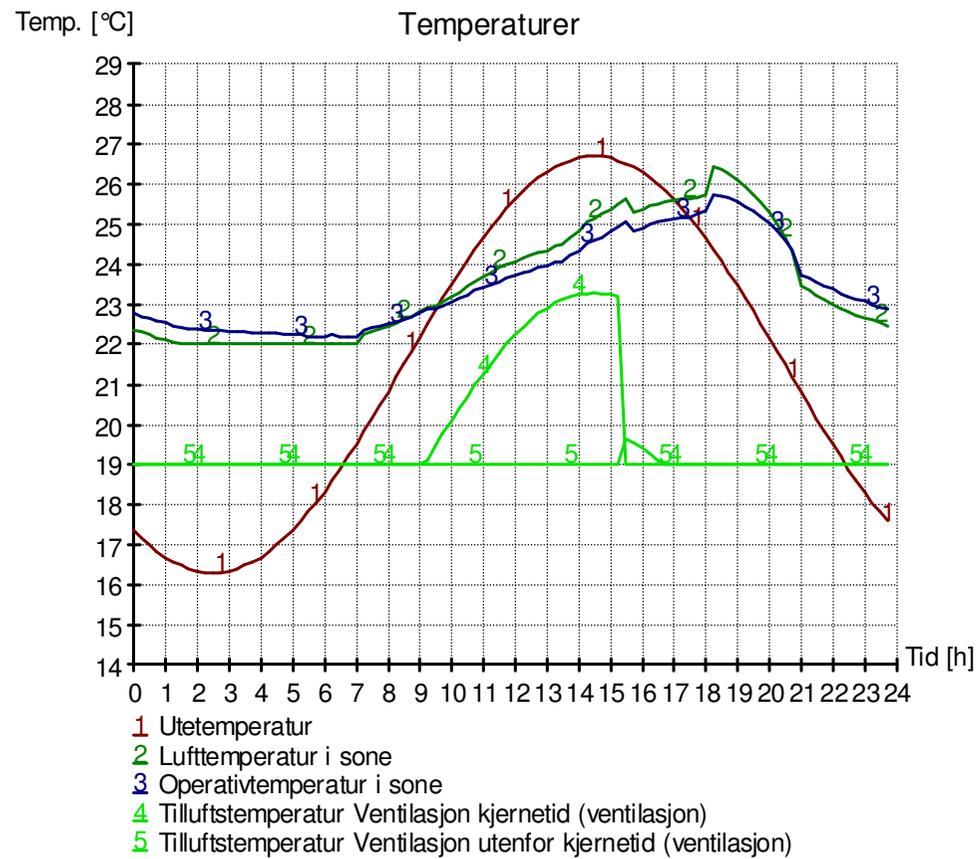
## LEVERT ENERGI

Tabell 3 viser simulert behov for levert energi til bygget<sup>12</sup>. Det er kun elektrisitet som leveres til bygget (og eksporteres tilbake, se neste kapittel). Behov for levert elektrisitet til bygget er på kun 21,7 kWh/m<sup>2</sup>år. Det er heller ikke her noen helt dominerende «energiposter».

**Tabell 3** Simulert behov for levert energi til bygget.

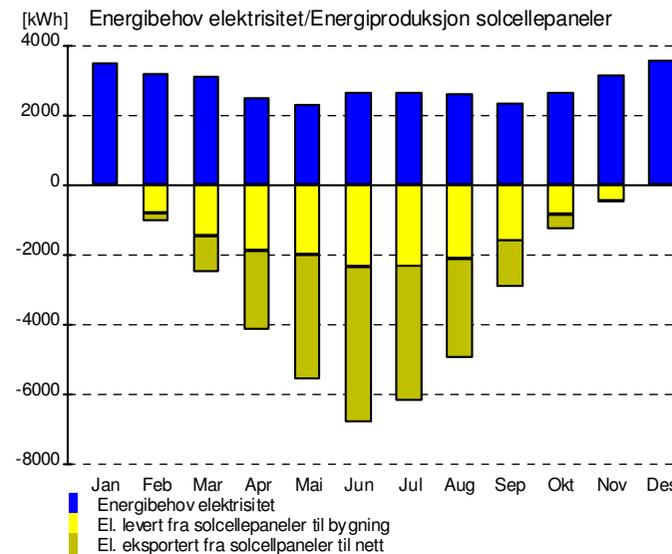
Energipost	Behov for levert energi	Spesifikk levert energi
Elektrisitet til vifter og pumper	4 313 kWh/år	2,7 kWh/m <sup>2</sup> år
Elektrisitet til belysning	9 686 kWh/år	6,1 kWh/m <sup>2</sup> år
Elektrisitet til teknisk utstyr	8 201 kWh/år	5,2 kWh/m <sup>2</sup> år
Elektrisitet til varmepumpesystemet	9 837 kWh/år	6,2 kWh/m <sup>2</sup> år
Elektrisitet til el-kjel	990 kWh/år	0,6 kWh/m <sup>2</sup> år
Elektrisitet til kjøling	1 137 kWh/år	0,7 kWh/m <sup>2</sup> år
<b>Sum levert energi</b>	<b>34 174 kWh/år</b>	<b>21,7 kWh/m<sup>2</sup>år</b>

## Lia BHG: Simien modell – temperaturforløp dimensjonerende sommer – baserom S/Ø

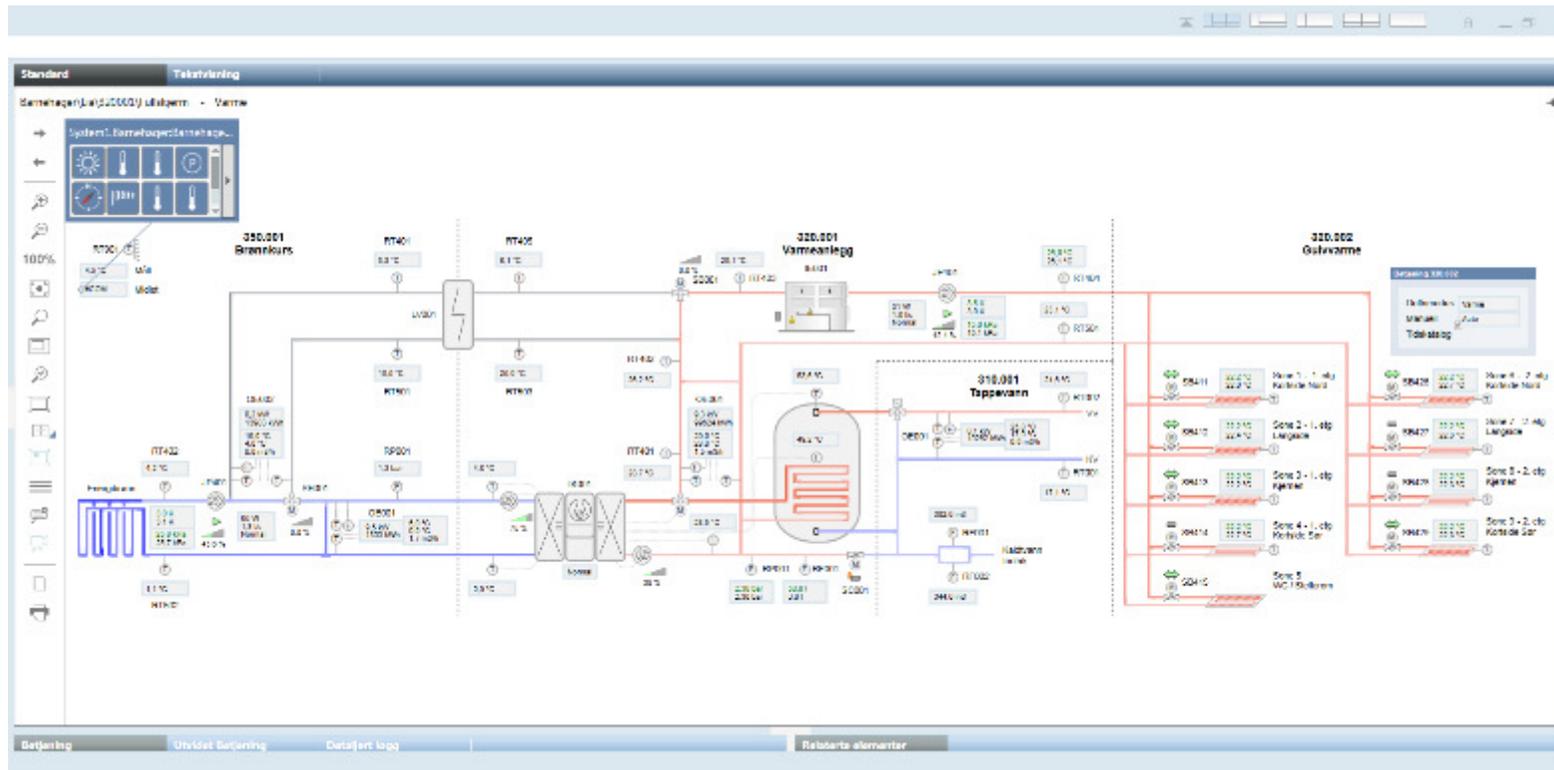


## Lia BHG: Simien modell – simulert energibehov og produksjon

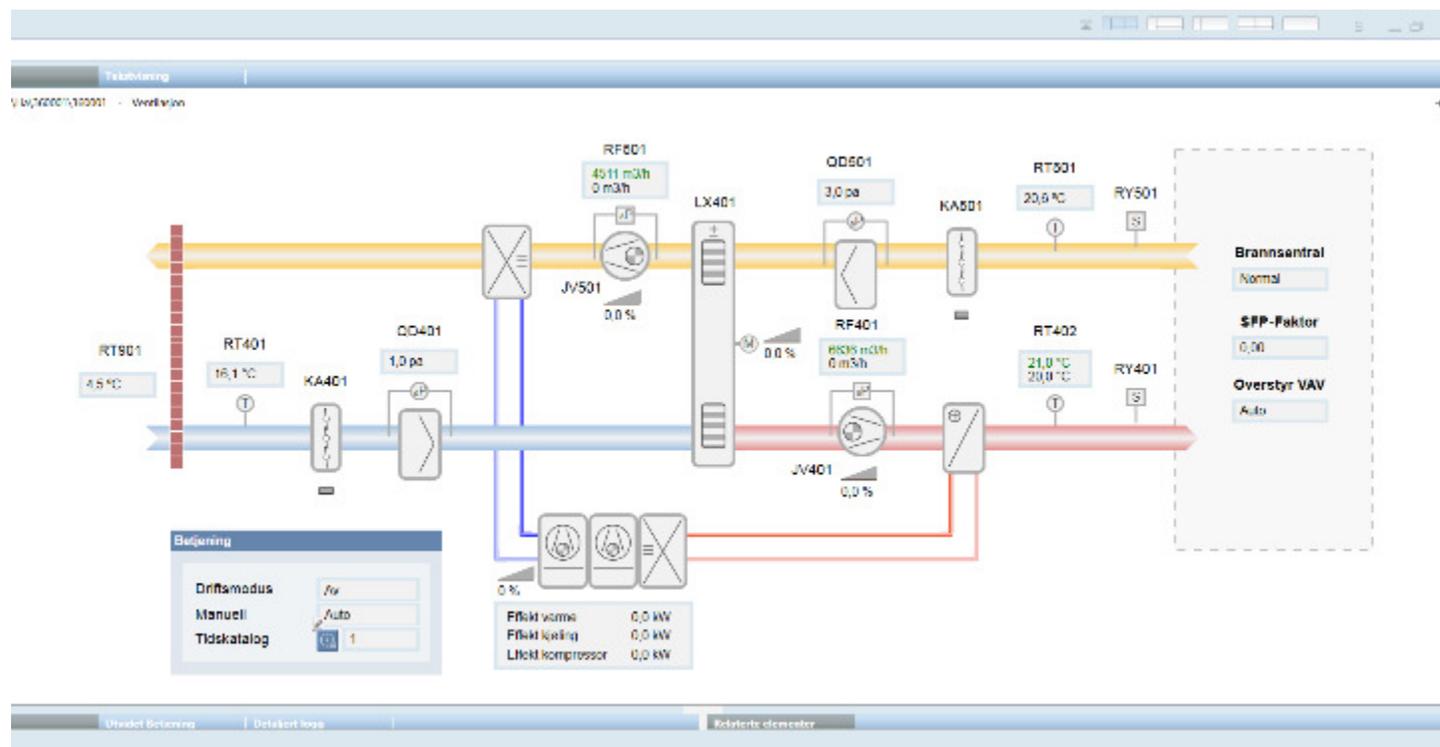
Energipost	Energibudsjett	
	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	29345 kWh	18,6 kWh/m <sup>2</sup>
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	1340 kWh	0,8 kWh/m <sup>2</sup>
2 Varmtvann (tappevann)	14247 kWh	9,0 kWh/m <sup>2</sup>
3a Vifter	3149 kWh	2,0 kWh/m <sup>2</sup>
3b Pumper	1083 kWh	0,7 kWh/m <sup>2</sup>
4 Belysning	9686 kWh	6,1 kWh/m <sup>2</sup>
5 Teknisk utstyr	8202 kWh	5,2 kWh/m <sup>2</sup>
6a Romkjøling	16092 kWh	10,2 kWh/m <sup>2</sup>
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	2573 kWh	1,6 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Totalt netto energibehov, sum 1-6</b>	<b>85719 kWh</b>	<b>54,3 kWh/m<sup>2</sup></b>



## Lia BHG: Siemens Desigo-systemet - energisentral



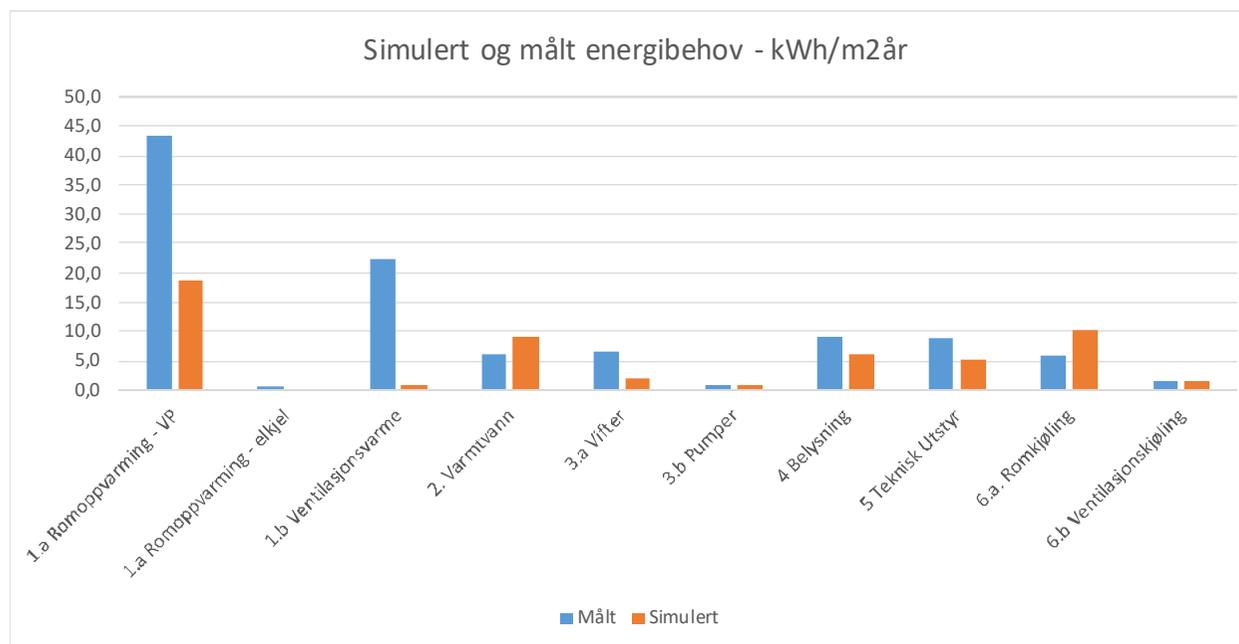
## Lia BHG: Siemens Desigo-systemet - ventilasjonsanlegg



## Lia BHG: Siemens Desigo-systemet – romtilstand



## Simulert vs. målt netto energibehov på årsbasis



Energibruk til oppvarming er høyt pga. døgnkontinuerlig (feil) drift av ventilasjon fra november til februar. Intern varmpumpe i aggregat fungerer heller ikke som forutsatt.

## House Zero

- In use since approximately May 2018
- The solar chimney installed late autumn 2018
- No energy use figures available yet
- The Windowmaster system is up-and-running, but reports on some over-ventilation in some zones/rooms
- The lowex floor system seems to work OK, based on user feedback
- The geothermal heat pump from Enertech worked until March this year, but got a leak in the heat exchanger. HP will be replaced.
- There is indicaton that the system has been running on only 1 instead of 2 energy wells. Maybe causing the HX leak
- The SIEMENS BEMS-system have been heavily delayed, and little data is available yet



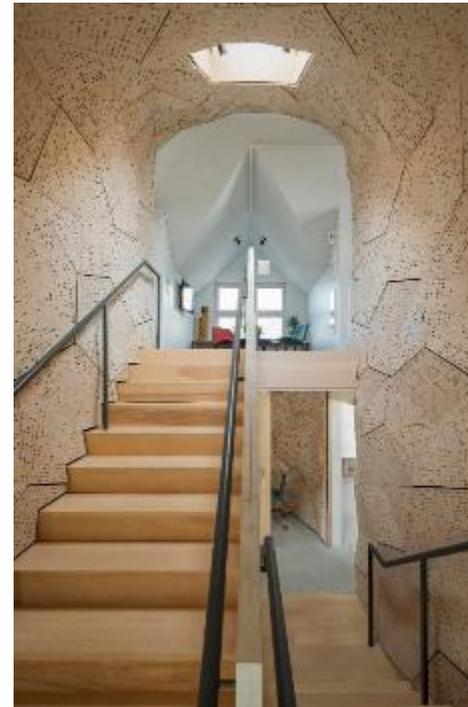
## House Zero



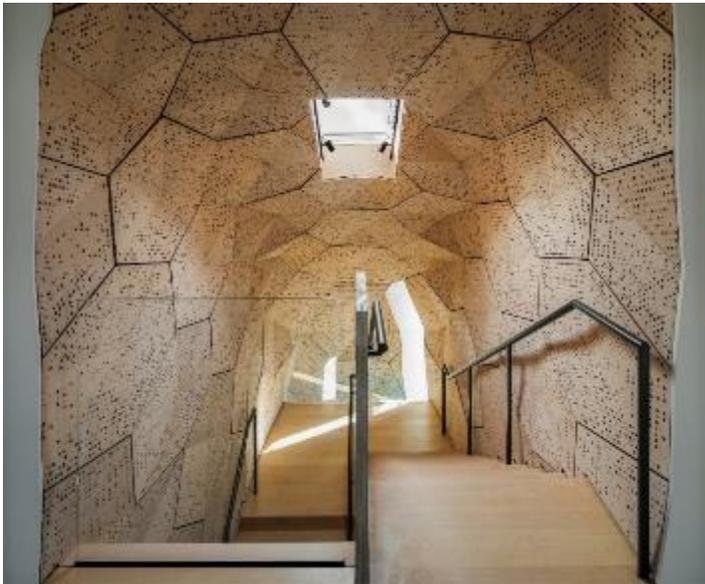
## House Zero



## House Zero



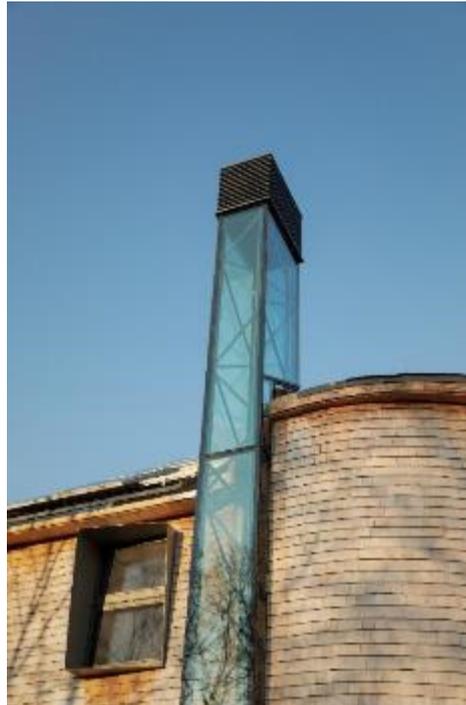
## House Zero



## House Zero



## House Zero



# Nydalen Vy

Varmepumper og forenklet teknisk anlegg

Maria Myrup

Skanska Norge, Avd. Klima, Energi og Bygningsfysikk



Illustrasjon: Snøhetta/MIR

# Skanska Teknikk – Skanskas egen spesialrådgiver



## Betongteknologi

Spisskompetanse innen betongteknologi i alle faser av byggeprosessen, og innen betongrehabilitering



## BIM

Spisskompetanse innen utvikling og bruk av BIM / VDC i alle faser av byggeprosessen. Leverer målbare bidrag til økt samhandling i byggeprosessen ved bruk av BIM som katalysator



## Klima, energi og bygningsfysikk

Norges ledende tverrfaglige kompetansemiljø innen utvikling av bærekraftige grønne løsninger, klima-, energi- og miljørådgivning, livsløpsvurderinger, byggeteknikk og bygningsfysikk.



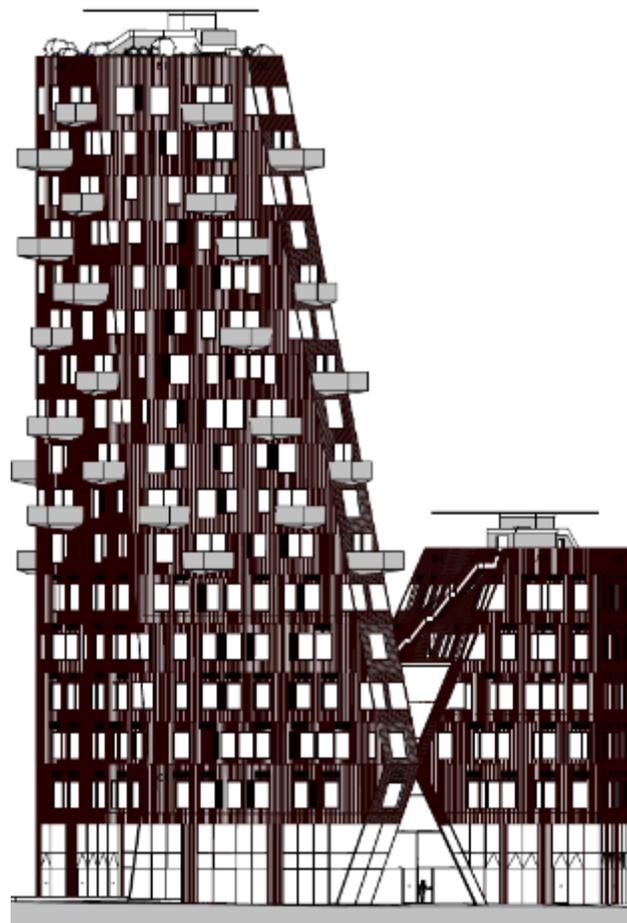
## Konstruksjon

Spisskompetanse innen konstruksjonsteknisk-, geoteknisk- og forskalingsteknisk rådgivning



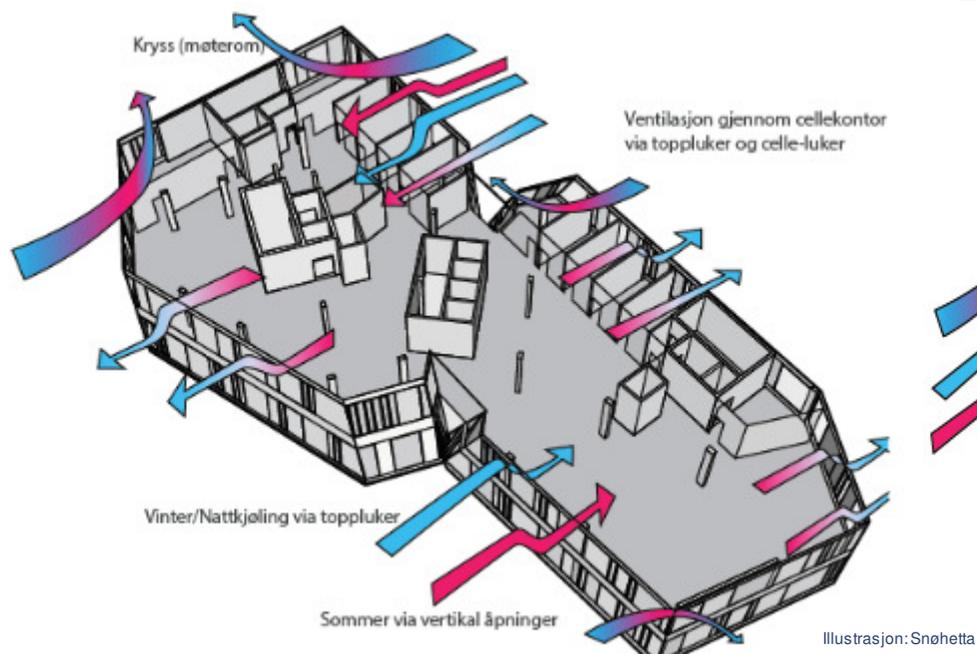
# Prosjektopplysninger

- Plassert sentralt i Nydalen
  - Gullhaug Torg
- Kombinasjonsbygg – 18 etasjer
- BRA: total 10 150 m<sup>2</sup>
- Fase / fremdrift
  - Forprosjekt avsluttet
  - Planlagt ferdigstilt 4. kvartal 2019
- Byggherre: Avantor
- Arkitekt: Snøhetta

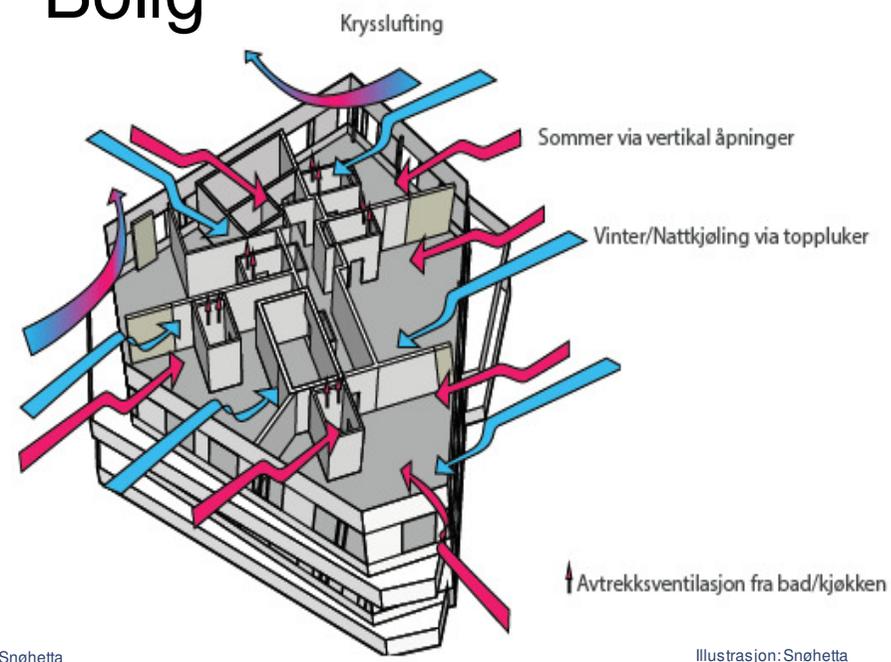


# Ventilasjonsstrategi

## Kontor

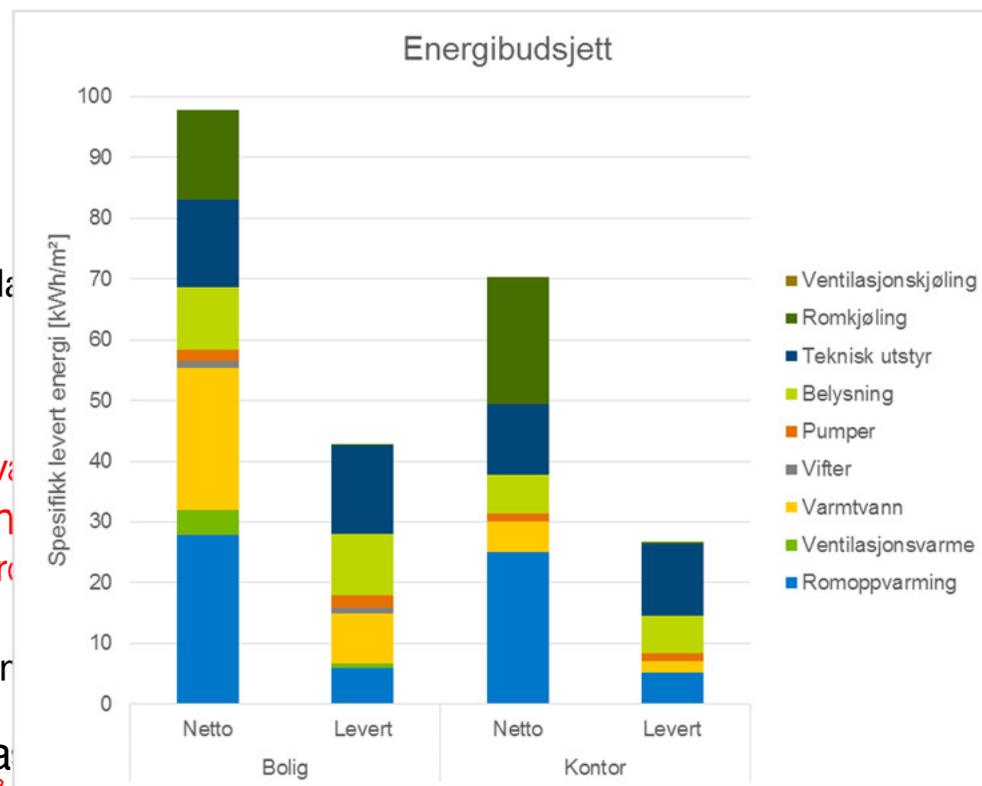


## Bolig



# Energieffektivitet

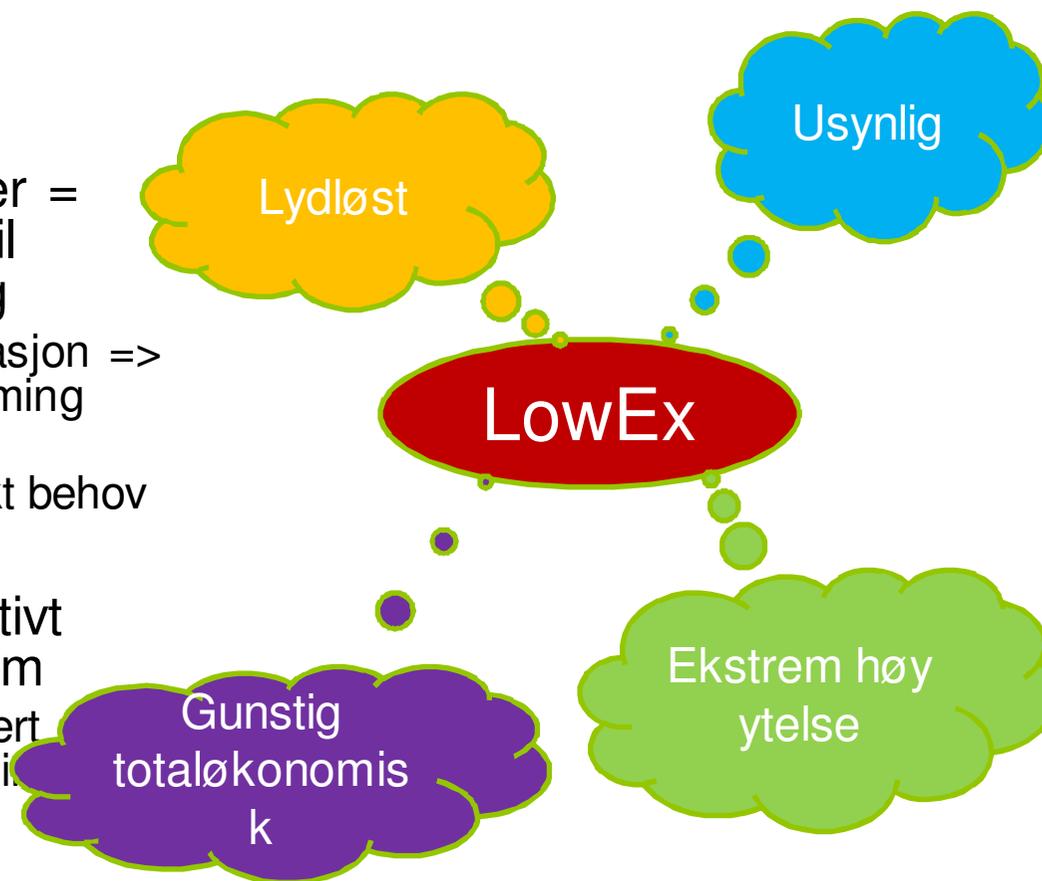
- Ventilasjon
  - Kontor:
    - Naturlig
  - Bolig:
    - Hybrid ventilasjon
    - Mekanisk ventilasjon pl
- Energiforsyning
  - Geo-varmepumpe
    - Gulvarme og litt veggva
  - Frikjøling via energibrøn
    - Gulv og litt vegg (møter)
  - CO<sub>2</sub>-varmepumpe
    - Varmtvann (ikke hensyn  
beregningen)
  - Fjernvarme som spissla  
(ekstremperioder/feil på VR)



# LowEx

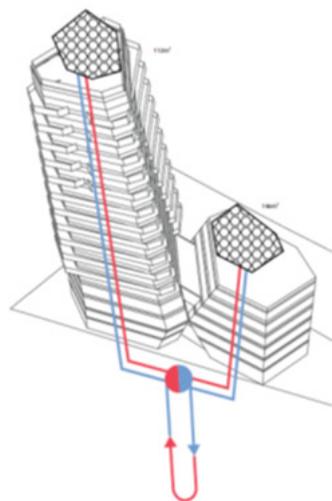
- Bruk av forenkla ventilasjons- og klimatiseringsløsninger = høyere energibehov til oppvarming og kjøling
  - Naturlig-/hybridventilasjon => økt behov for oppvarming
  - Uten automatisk solavskjerming => økt behov for kjøling
- Trenger et supereffektivt energiforsyningssystem
  - Gir lavt behov for levert til oppvarming og kjøling

## LowEx

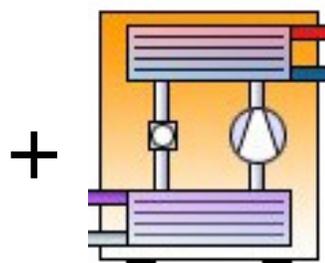


# Overordnet konsept - systemoptimalisering

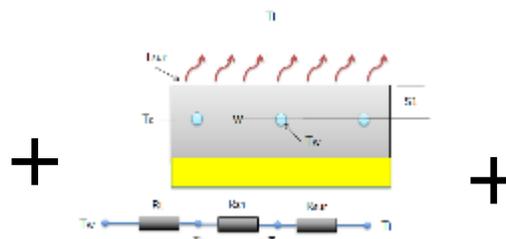
- Å analysere, optimalisere, videreutvikle og kombinere



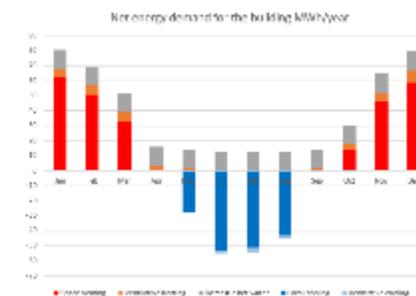
Optimal utforming og dimensjonering av energibrønner



Optimal design av varmepumpe- og varmevekslersystemet



Optimal utforming og design av varme- og kjølesystemet i bygget



Optimalisering og balansering av varme- og kjølebehovet til bygget

# LowEx beregning – Typisk kontoretasje



GULLHAUG TORG 2a

Exergy plan

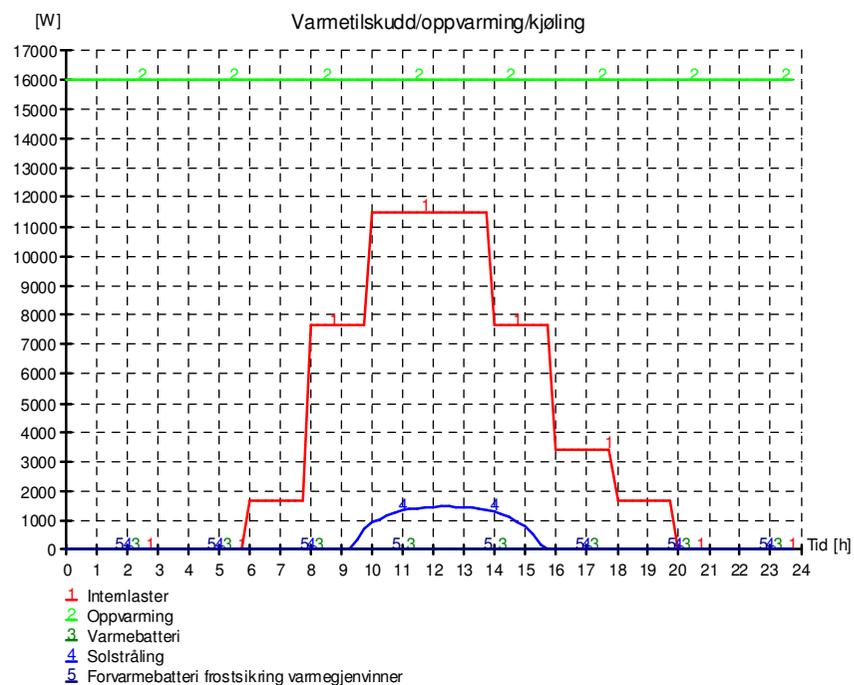
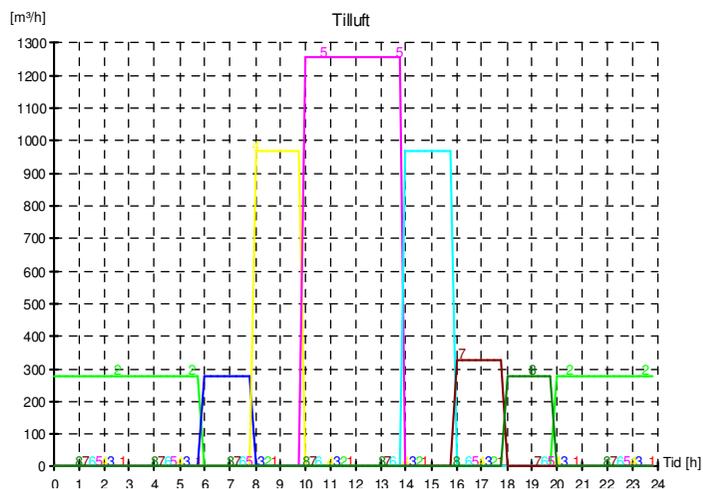
28.08.2107 // NTS

Snøhetta // kre

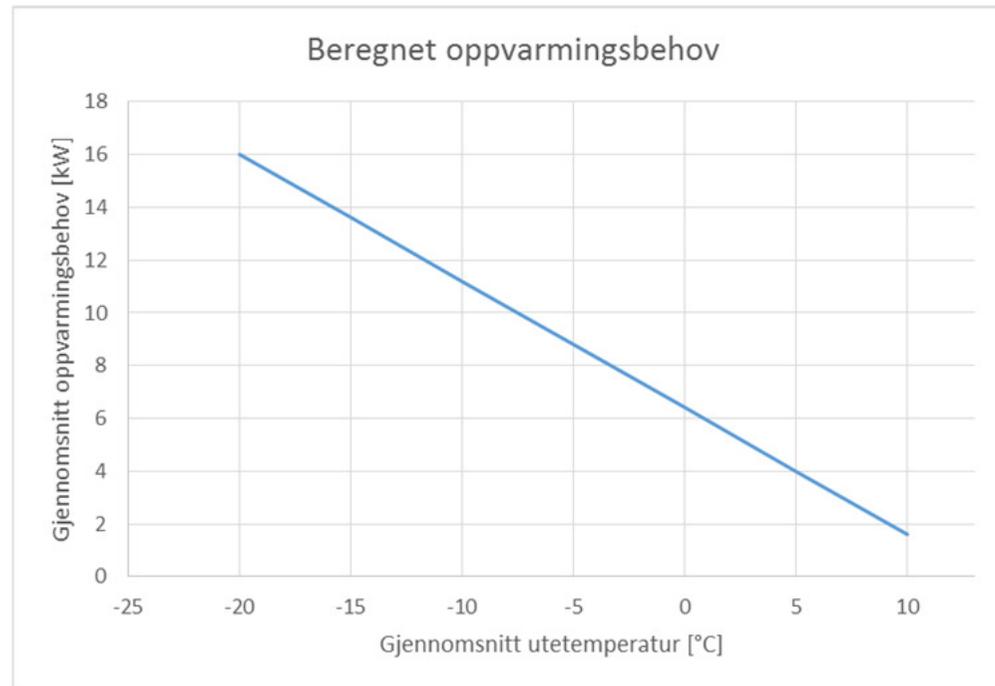
- Kontoretasje plan 4
  - BRA: totalt ca. 850 m<sup>2</sup>
  - Totalt ca. 21 soner/sløyfer (kan bli justert)
  - Hver aktiv sone på ca. 25 m<sup>2</sup>
- Dimensjonerende effekt estimert ved å modellere hele etasjen som én sone

# Luftmengder og belastningsprofil

- Luftmengde
  - Naturlig ventilasjon
  - Avhengig av personbelastningen



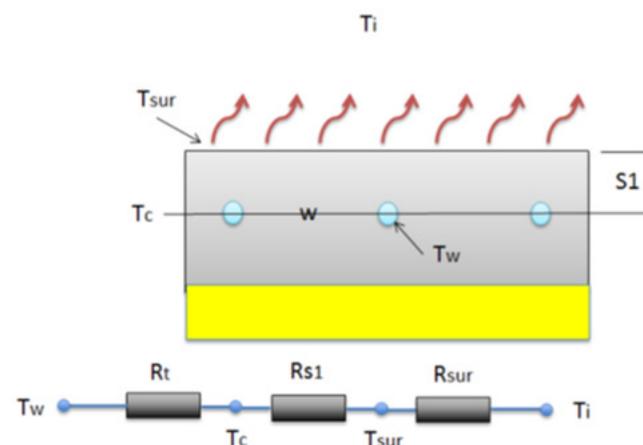
# Estimert varmebehov (eksl. stort møterom)



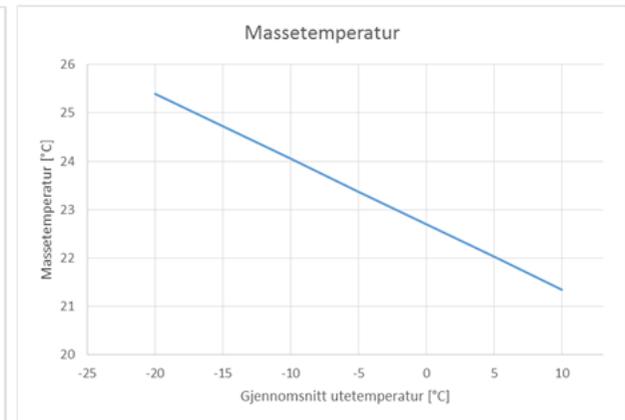
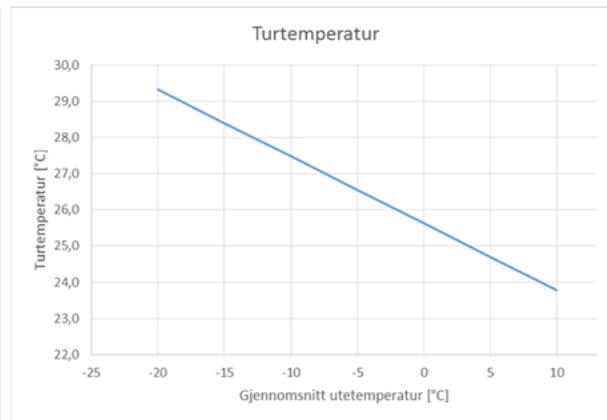
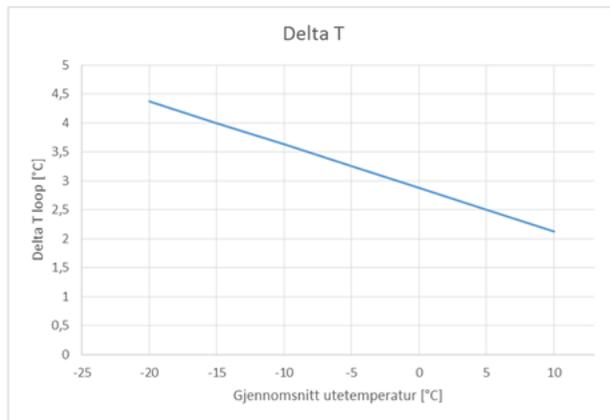
Ved gjennomsnitt utetemperatur på ca. 8-9 °C kan varmeanlegget slås av

# Design rørsløyfe – kontoretasje ekskl. møterom

- LowEx gulv
  - Slipt betong
  - Avstand rør til gulvoverflate 45 mm
  - Diameter rør 20 mm (innvendig diameter 16 mm)
  - C/C avstand 25 cm
  - Sone på ca. 25 m<sup>2</sup>
    - Sløyfelengde på ca. 100 m

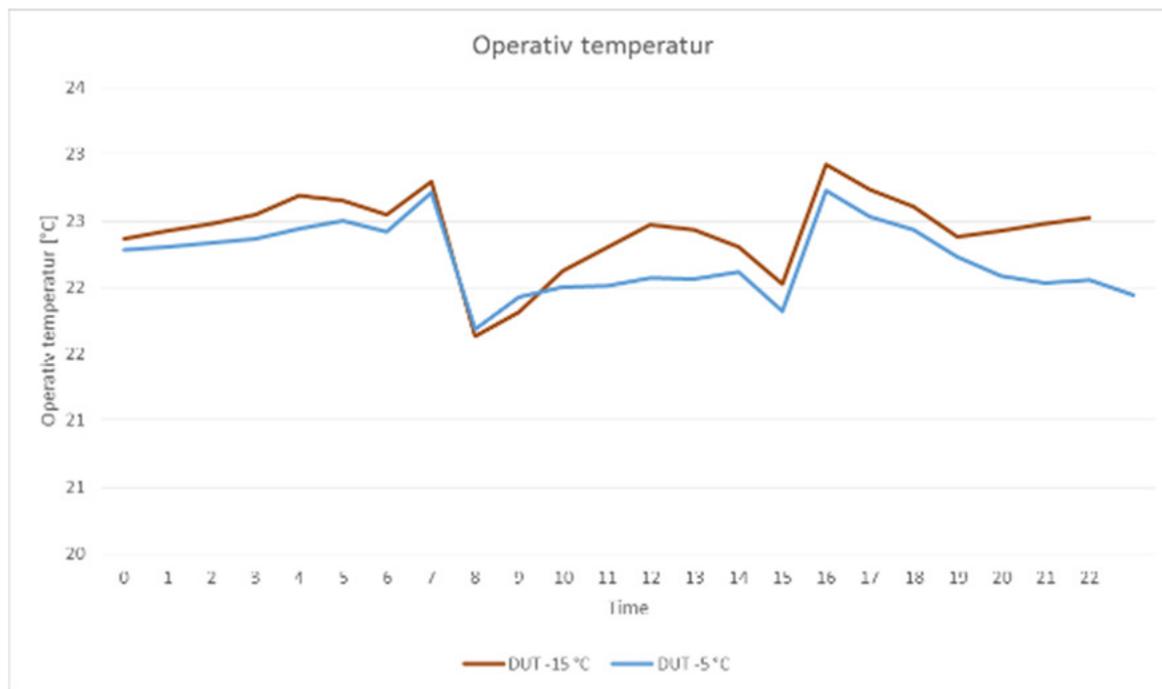
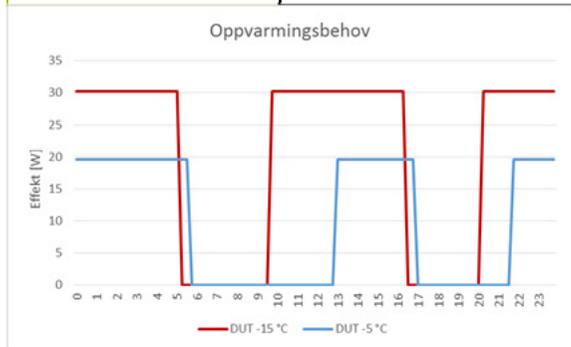


# Oppvarmings sesong: Utekompenserte kurver



# Oppvarmings sesong: Dynamisk simulering

	-15 °C	-5 °C
BRA	797 m <sup>2</sup>	797 m <sup>2</sup>
LowEx areal	450 m <sup>2</sup>	450 m <sup>2</sup>
Tilført varmeeffekt	30,2 W/m <sup>2</sup>	19,6 W/m <sup>2</sup>
Turtemperatur	28,4 °C	26,6 °C
Settpunkt massetemp.	24,8 °C	23,5 °C
Dødbånd	+/- 0,7 K	+/- 0,7 K



On-Off styring (0/24 V aktuator)

# Hydraulisk beregning

- Kontor og næring i plan 1-7
- Ca. 20-22 rørsløyfer pr. etasje
- Tatt utgangspunkt i plan 4
- Lengder grovestimert
- Lav spesifikk pumpeenergi (SPP) – 0,01-0,04 kW/(l/s)
- Lavt energibehov til pumper

Input	
Timer oppvarmingssesong	4 639 h
Pumpeenergi oppvarming	0,11 kWh/m <sup>2</sup> år
Timer kjølesesong	2 414 h
Pumpeenergi kjølesesong	0,02 kWh/m <sup>2</sup> år
Total pumpe energi	0,13 kWh/m <sup>2</sup> år
Total antall timer i bruk (pumpe)	7 053 h
Total antall timer i passivmodus	1 707 h

## Powerhouse Telemark

- Under construction (3rd floor)
- Will be finished around January-February 2020
- The river as heat/cooling source was ditched, and 9 energy wells is instead been drilled
- CO2 heat pump and CCV (circulation system) has been replaced with small local electric accumulators on each floor
- Lowex area is approximately 40 % of the floor area.
- Currently no external shading, only wooden balusters on the west facade

