SKANSKA

PH Kjørbo, Sandvika

Marit Thyholt, Bjørn Jenssen og Tor Helge Dokka

Skanska

Powerhouse
– samarbeid etablert i 2011

HYDRO

entra

SKANSKA

ZERO

SNØHETTA

sapa:

asplan viak

Partnere 2014

ZEB The Research Centre on Zero Emission Buildings

enova
Vi gir støtte til energi- og klimatiltak

Samarbeidspartnere 2014

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.

Powerhouse Kjørbo

SKANSKA

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

Bygningskroppen

- Passivhusnivå for isolasjon og vinduer/dører
- Yttervegger over bakken tilsvarende som for nybygg
- Etterisolasjon av yttervegger i kjeller med utvendig eller innvendig isolasjon
  - Fukthensyn viktig
- Taket etterisolert
- Kjellergulv ikke etterisolert pga. begrenset takhøyde
- Målt lekkasjetall 0,23 luftskifter per time (50 Pa)
- Effektiv utvendig solavskjerming (zip-screen)
- Økt vindusareal, klare glass

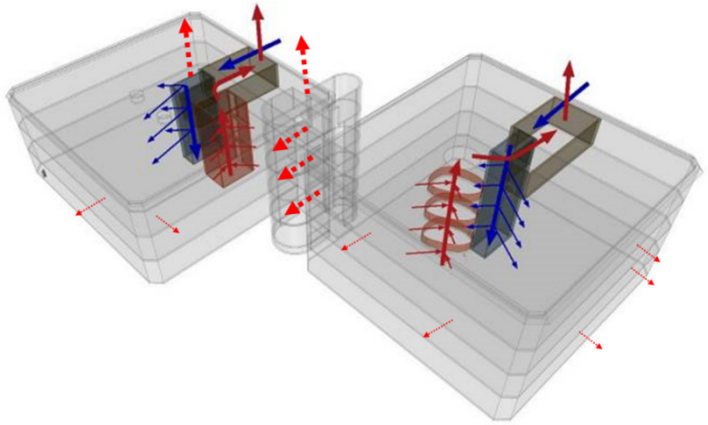
Effektiv utvendig solavskjerming. Foto: Skanska

Høyt fokus på lufttetting. Mansjettløsning for tetting rundt vinduer ble utviklet. 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.



SKANSKA

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).

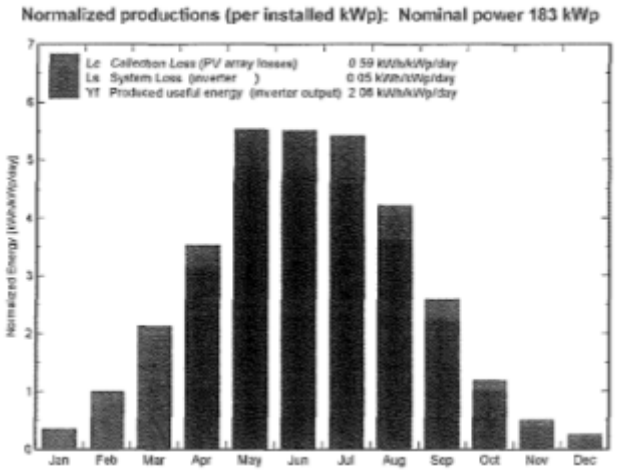
Utnyttelse av fornybar varme/kulde via energibrønner i bakken

- 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

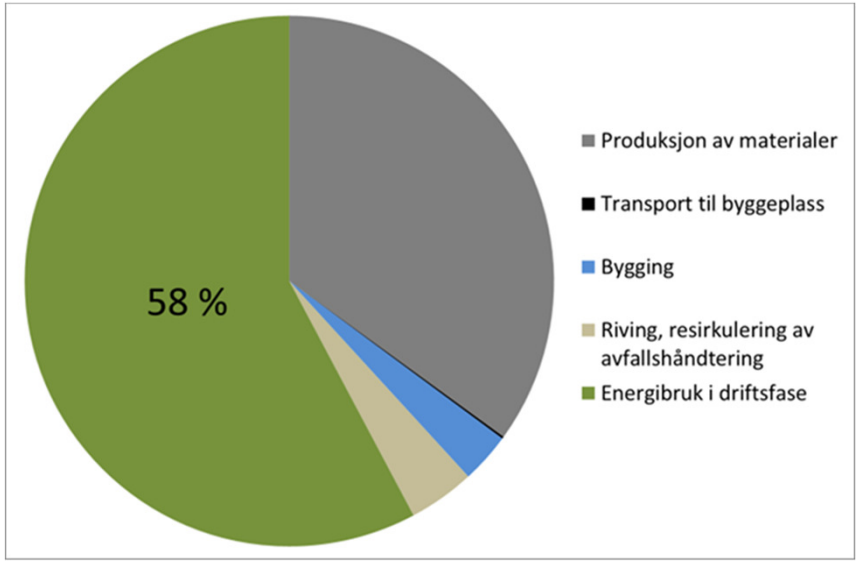
- Strømproduksjon med solceller på tak balanserer energibehov til drift, materialer og byggeplass
- Norges største solcelleanlegg
- Totalt 1556 m2 fordelt på to kontorblokker og garasjetak
- Totalproduksjon over 220.000 kWh/år for nytt anlegg, eller ca. 42 kWh/m2 BRA
- Beregnet ytelse 311 kWp
- Flatt tak, 10 graders symmetrisk helning øst/vest (men noe dreining for blokkene)
- Anlegget optimalisert for størst mulig årsproduksjon
- Produsent: Sun Power, leverandør Direct Energy



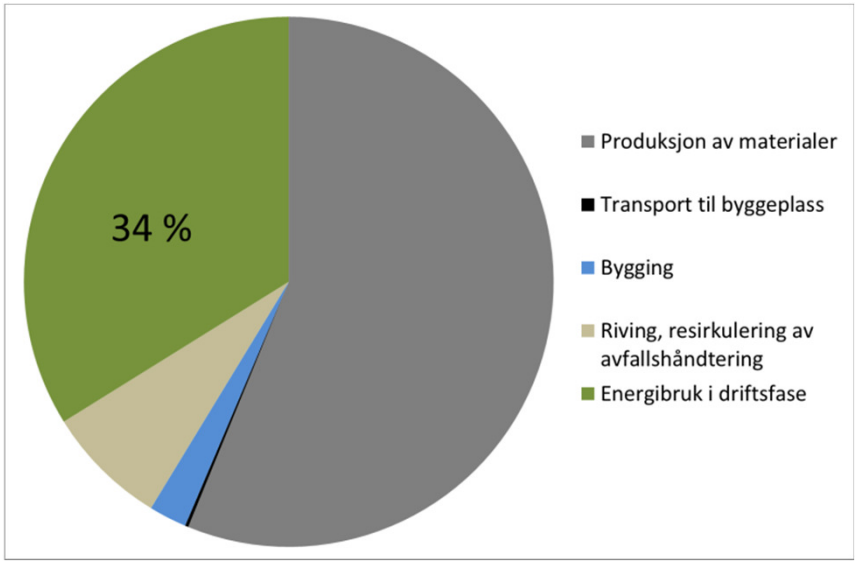
Produksjonsprofil over året for solceller på garasjetak (orientert symmetrisk øst/vest, 10 graders helning)

Solceller på blokk 4. Foto: Skanska

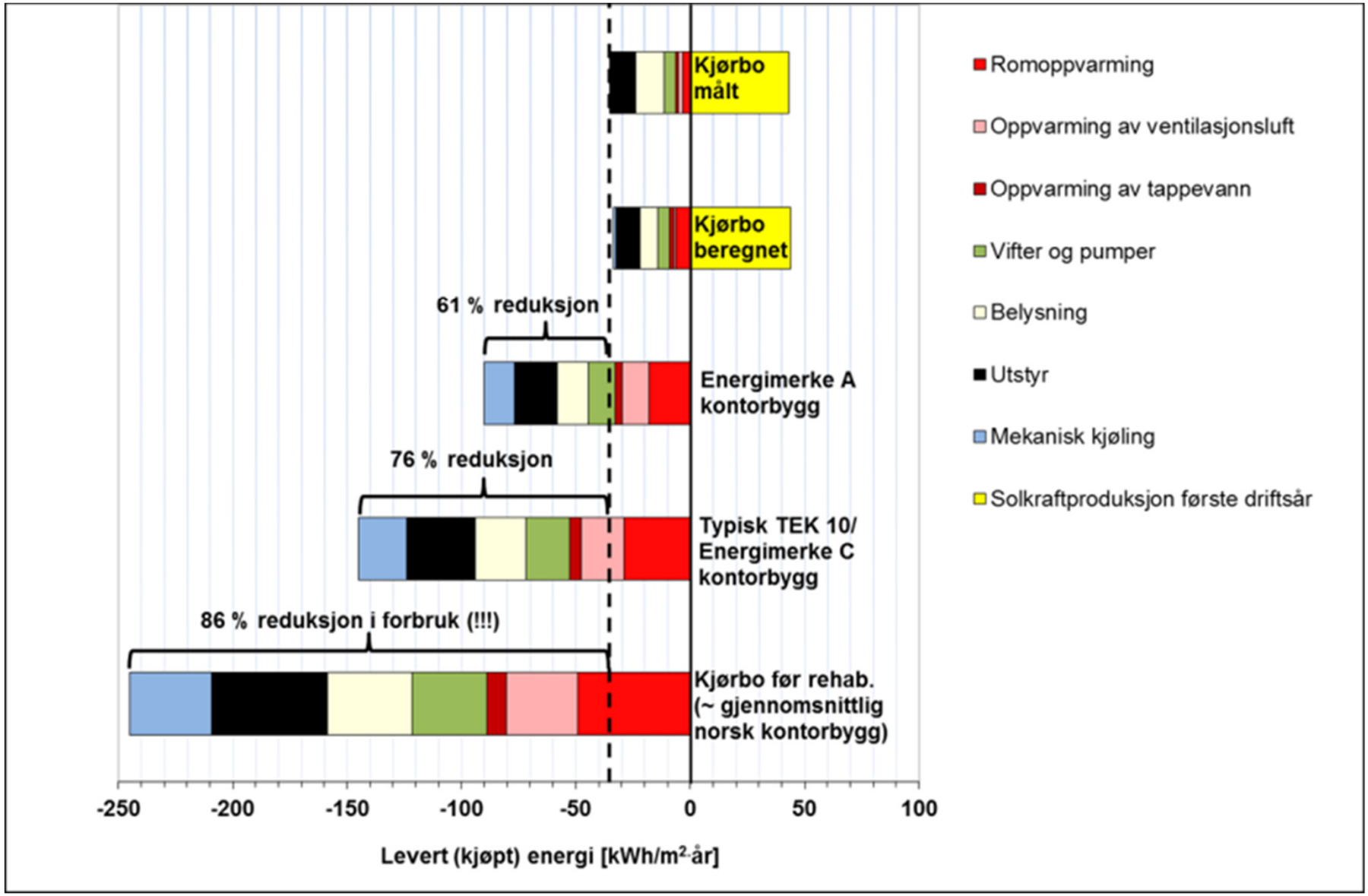
Beregnet energibruk over livsløpet



Beregnet klimagassutslipp over livsløpet



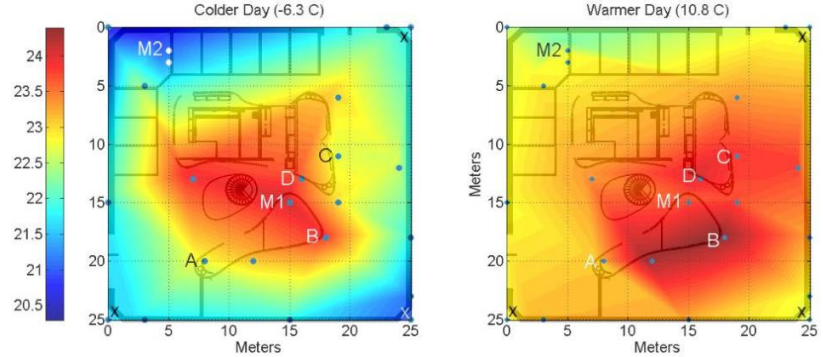
SKANSKA

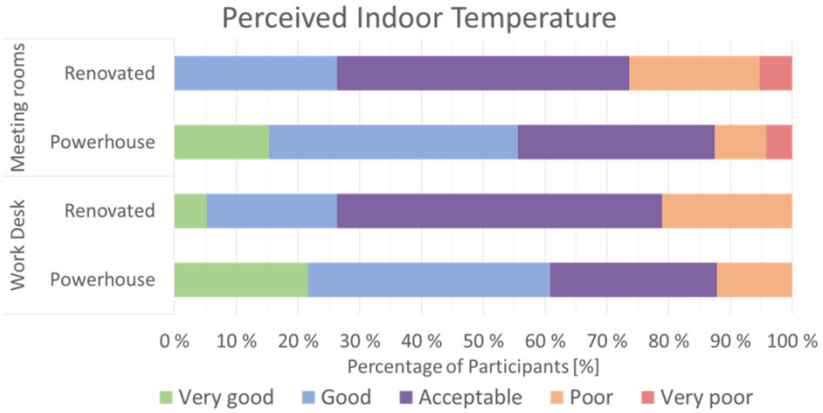

Kjørbo målt
Kjørbo beregnet
61 % reduksjon
Energimerke A kontorbygg
76 % reduksjon
Typisk TEK 10/ Energimerke C kontorbygg
86 % reduksjon i forbruk (!!!)
Kjørbo før rehab. (~ gjennomsnittlig norsk kontorbygg)
-250
-200
-150
-100
-50
0
50
100
Levert (kjøpt) energi [kWh/m²·år]
Romoppvarming
Oppvarming av ventilasjonsluft
Oppvarming av tappevann
Vifter og pumper
Belysning
Utstyr
Mekanisk kjøling
Solkraftproduksjon første driftsår

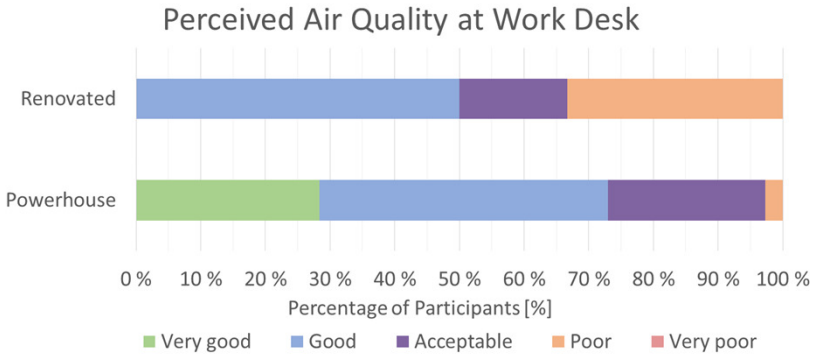
SKANSKA

Inneklima

- Omfattende målinger gjennomført i forbindelse med masteroppgaven til Odin Budal Søgnen
- Godt samsvar mellom målt temperaturfordeling, og temperaturer beregnet med ESP-r i prosjekteringsfasen
- Mer enn 87,5 % av de 74 brukere som svarte på brukerundersøkelsene er fornøyd med termisk inneklima, og mer enn 95 % er fornøyd med innendørs luftkvalitet

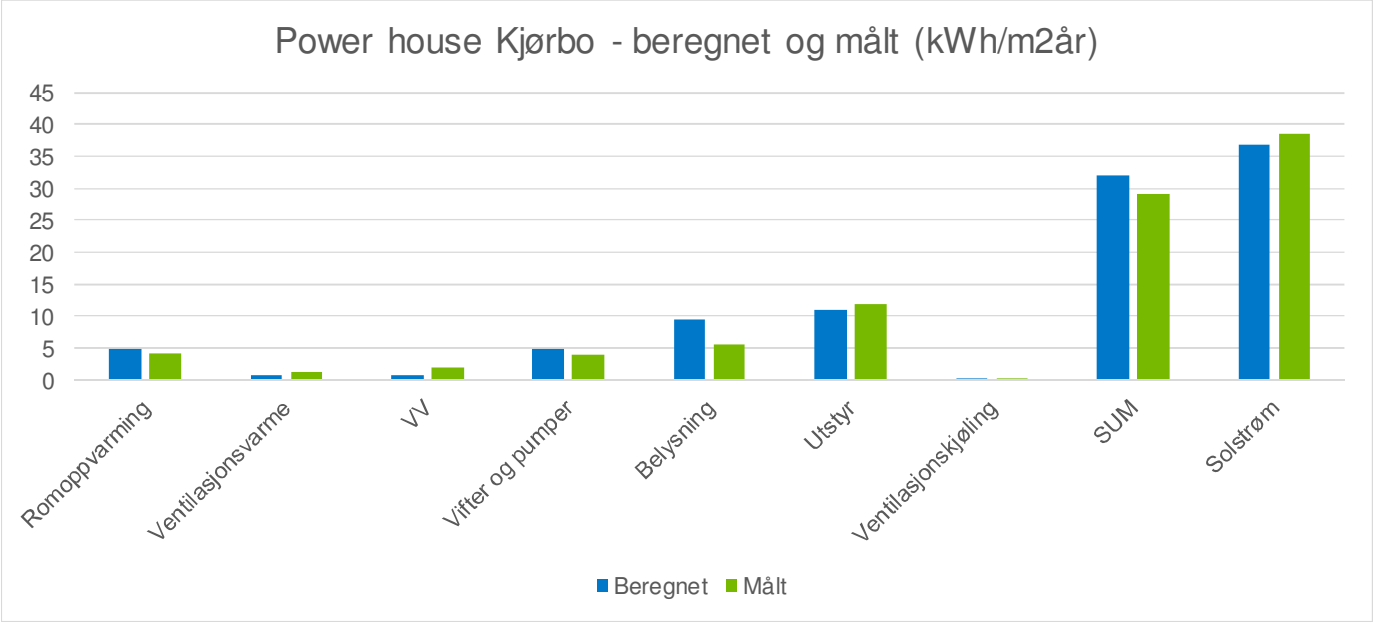






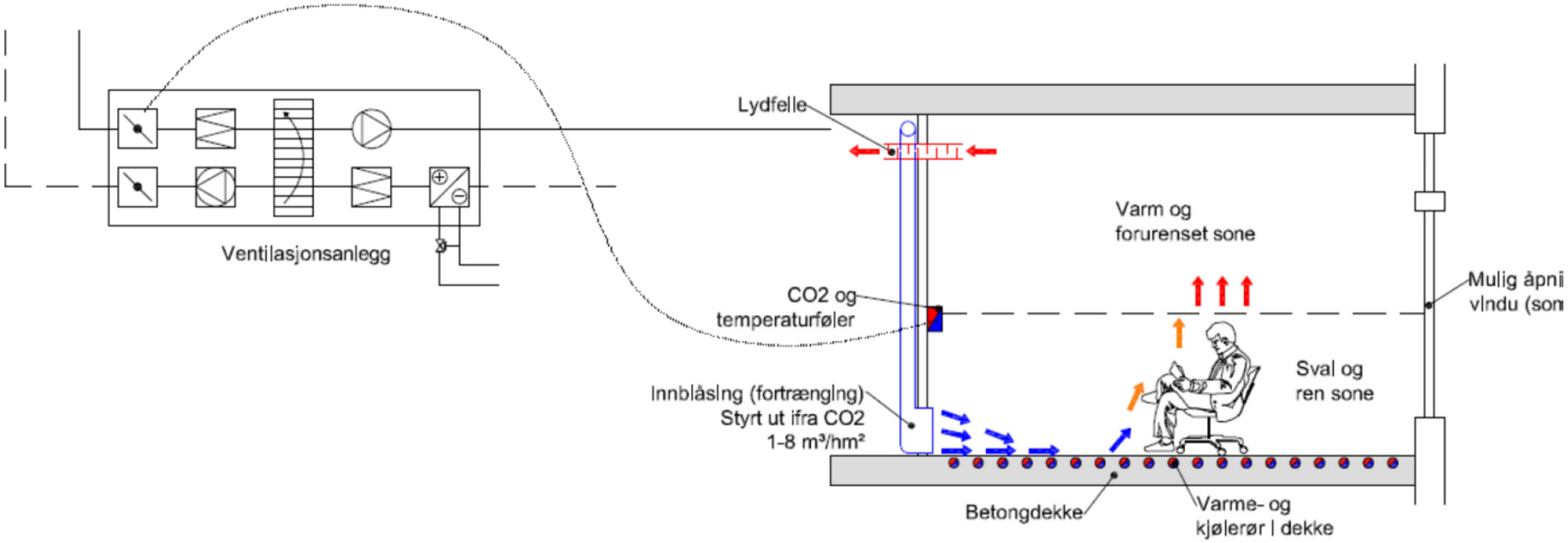
Kjørbo blokk 1-3

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



Erfaringer med Lia BH

Klimatiseringskonsept



Figur 3 Prinsippet for fortrengningsventilasjon med behovsstyring av luftmengde etter CO_2 og temperatur, og overstrømning ut til korridor.

Data for bygget

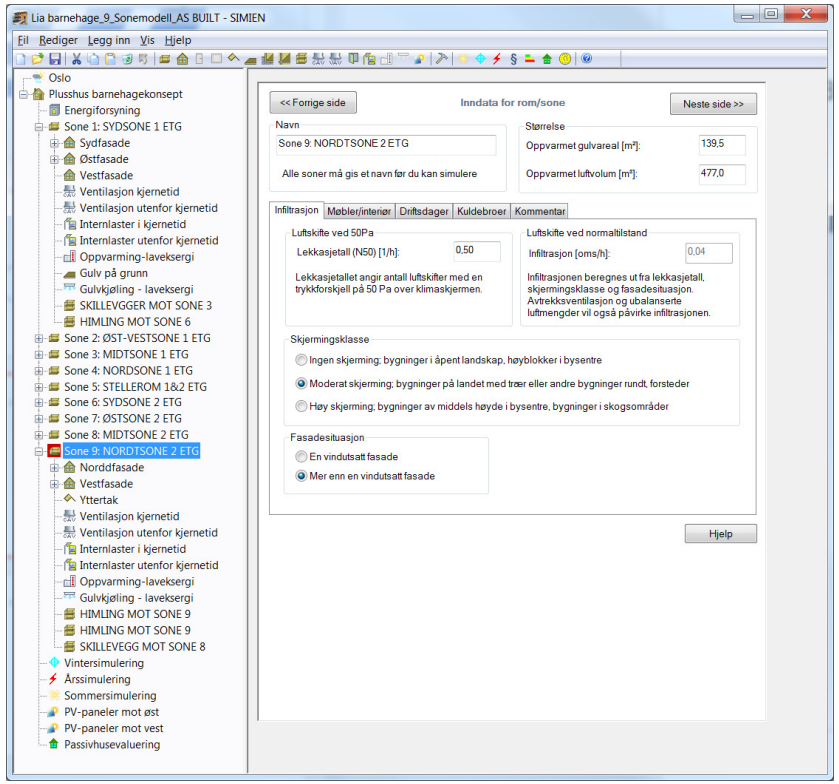
	Brukstid/driftstid	10/5/52	Ti timer per dag (07-17), 5 dager i uka, drift hele året, ihht. NS3031:2014. Kjernetid 08.30-15.30.
	Personbelastning i driftstiden	7/4 W/m²	7 W/m² i kjernetid og 4 W/m² utenfor kjernetid, gir tilnærmet samme personbelastning som NS3031:2014.
	Snitt belysningseffekt Årlig energibehov	2,35 W/m² 6,1 kWh/ m²år	Armaturer med LED. Beregnet LENI på 4,4 er lagt på for å ta høyde for ikke-ideell drift.
	Utstyrseffekt i driftstiden (energibehov over året)	2 W/m² (4 kWh/ m²år)	Snitt lokal utstyrseffekt ihht. NS3031:2014.
	Årsbehov varmtvann Dekningsgrad VP Årsvarmefaktor	9,0 kWh/m²år 98 % SCOP = 3	Behov basert på målte tall fra NVE-rapport[10] Estimert at varmepumpe kan dekke 98 % av varmebehovet med en årsvarmefaktor på 3.
	Varmeforsyning	Q_{VP} = 24 kW (98 % dekning) SCOP = 6,0 Q_{el} = 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. Integrert 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 m²	Fra tegninger datert 20.09.16
	U-verdi yttervegg	0,17 W/m²K	Ca. 25 cm isolasjon, prefabrikert elementvegg i tre.
	U-verdi yttertak	0,10 W/m²K	Ca. 45 cm isolasjon i kompakttakløsning.
	U-verdi gulv på grunn	0,10 W/m²K	Ca. 25-30 cm isolasjon i gulv på grunnnen, inkludert varmemotstand i grunnen.
	U-verdi vinduer	0,75 W/m²K	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/m²K	Forutsatt godt prosjekterte kuldebroløsninger, som detaljeres i senere prosjektfase.
	Lekkasjetall	0,50 oms/t	Strenge krav til prosjektering og utførelse.
	Normalisert varmekapasitet[1]	82 Wh/m²K	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 m³/hm² 87 % 0,70 kW/m³/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/m² Ca. 5 W/m²	Kun frikjøling fra energibrønner. Supplert med lite kjølebatteri aggregat.
	Oppv.effekt gulvvarme Oppv.effekt varmebatteri	Ca. 20 W/m² Ca. 6 W/m²	Ut fra simulering ved dimensjonerende utetemperatur vinter.

SKANSKA

Lia BHG: Simien simuleringsmodell – 9 soner



Energiytelse

Tabell 2 Simulert energibehov for bygget.

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

LEVERT ENERGI

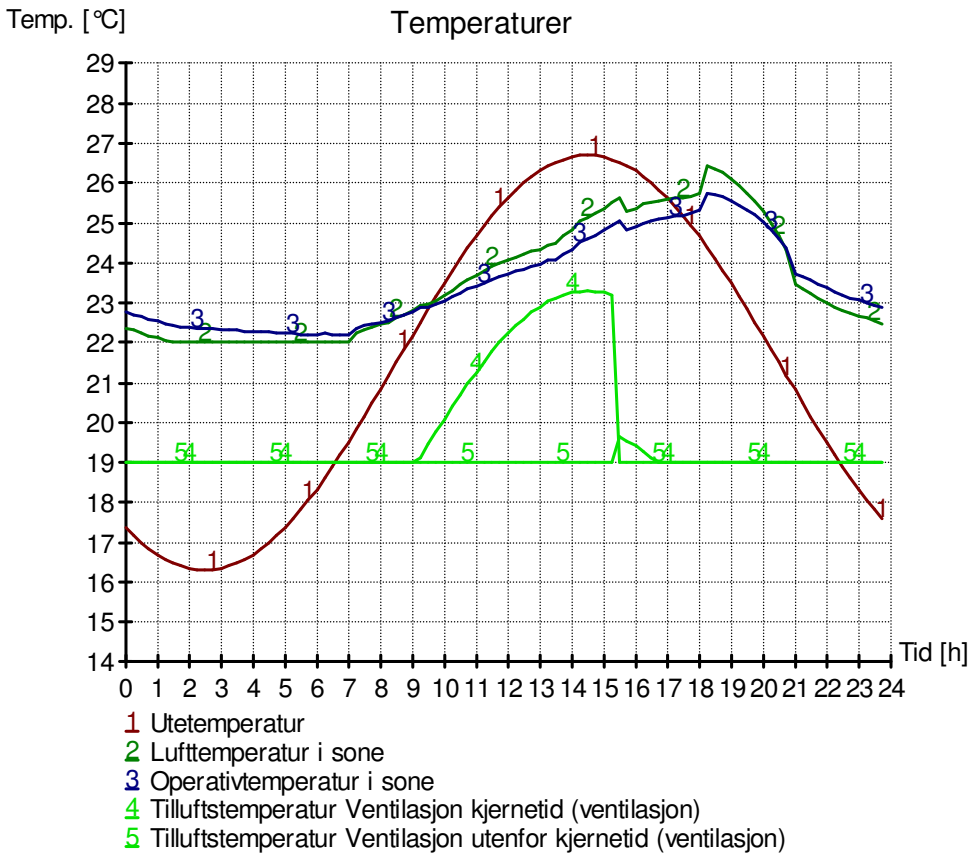
Tabell 3 viser simulert behov for levert energi til bygget[12]. Det er kun elektrisitet som leveres til bygget (og eksporteres tilbake, se neste kapittel). Behov for levert elektrisitet til bygget er på kun 21,7 kWh/m^{2}år. Det er heller ikke her noen helt dominerende «energiposter».

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^{2}år
Elektrisitet til belysning	9 686 kWh/år	6,1 kWh/m^{2}år
Elektrisitet til teknisk utstyr	8 201 kWh/år	5,2 kWh/m^{2}år
Elektrisitet til varmepumpesystemet	9 837 kWh/år	6,2 kWh/m^{2}år
Elektrisitet til el-kjel	990 kWh/år	0,6 kWh/m^{2}år
Elektrisitet til kjøling	1 137 kWh/år	0,7 kWh/m^{2}år
Sum levert energi	**34 174 kWh/år**	**21,7 kWh/m^{2}år**

SKANSKA

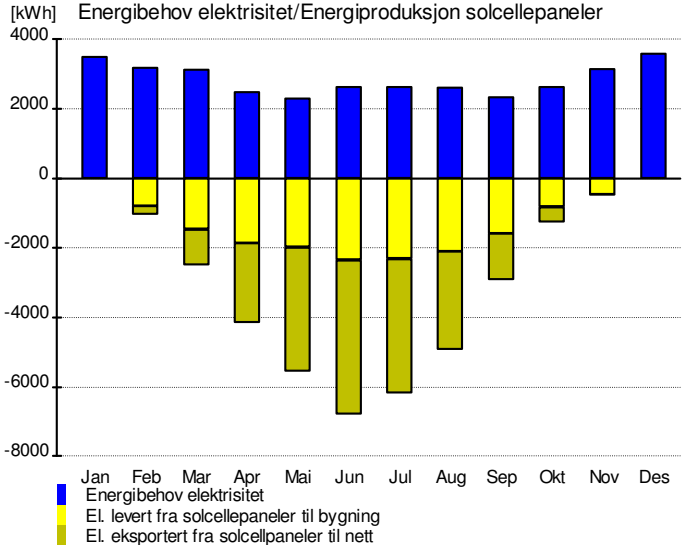
Lia BHG: Simien modell – temperaturforløp dimensjonerende sommer – baserom S/Ø



SKANSKA

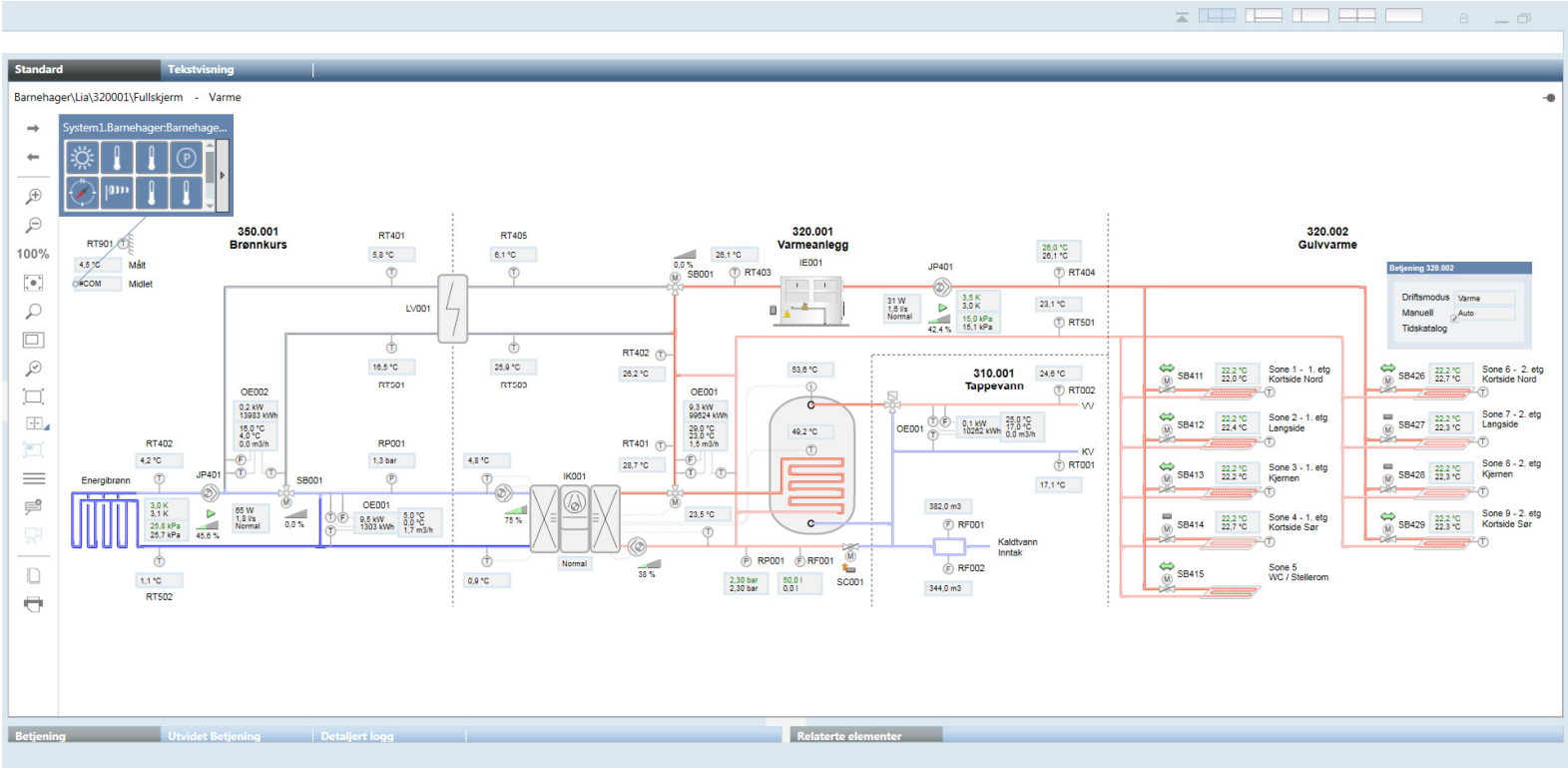
Lia BHG: Simien modell – simulert energibehov og produksjon

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming	29345 kWh	18,6 kWh/m²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	1340 kWh	0,8 kWh/m²
2 Varmtvann (tappevann)	14247 kWh	9,0 kWh/m²
3a Vifter	3149 kWh	2,0 kWh/m²
3b Pumper	1083 kWh	0,7 kWh/m²
4 Belysning	9686 kWh	6,1 kWh/m²
5 Teknisk utstyr	8202 kWh	5,2 kWh/m²
6a Romkjøling	16092 kWh	10,2 kWh/m²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	2573 kWh	1,6 kWh/m²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	85719 kWh	54,3 kWh/m²



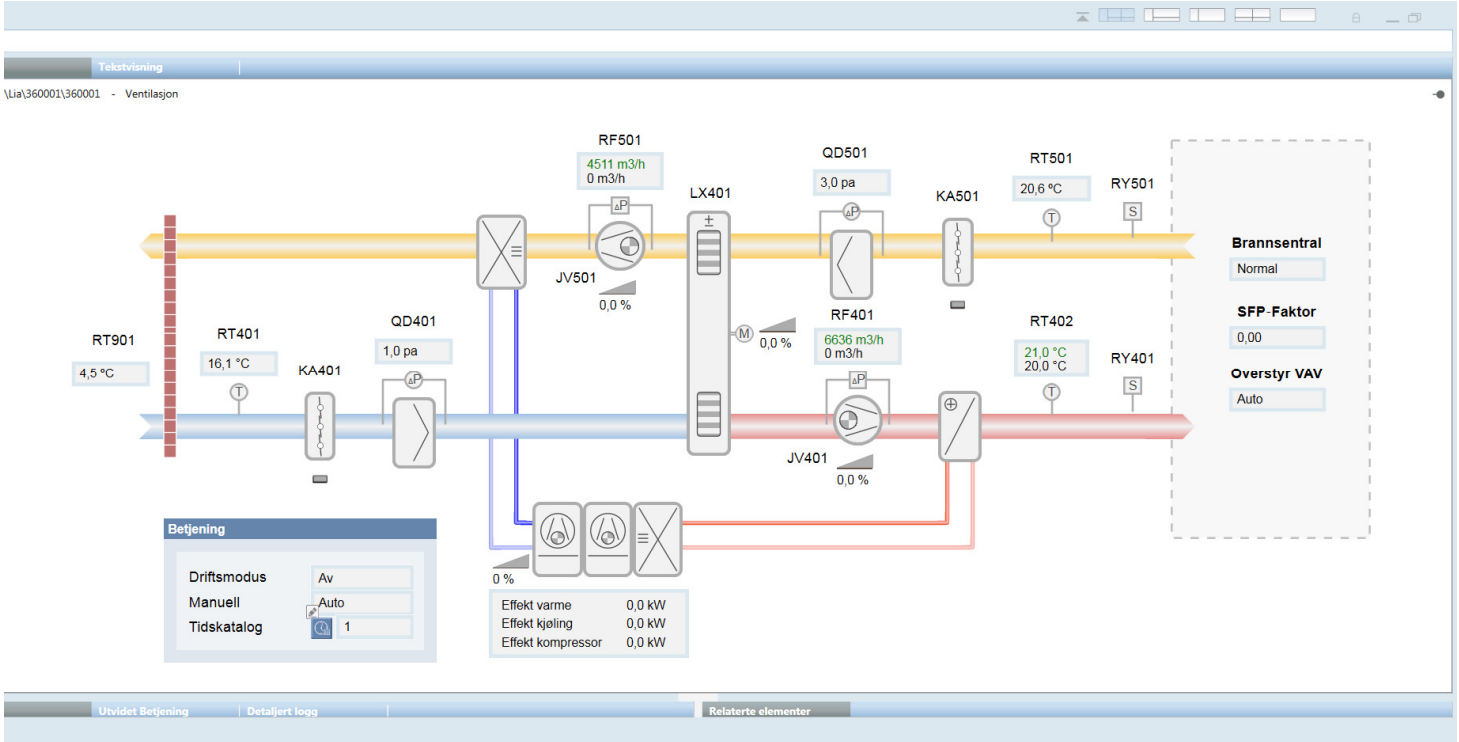
SKANSKA

Lia BHG: Siemens Desigo-systemet - energisentral



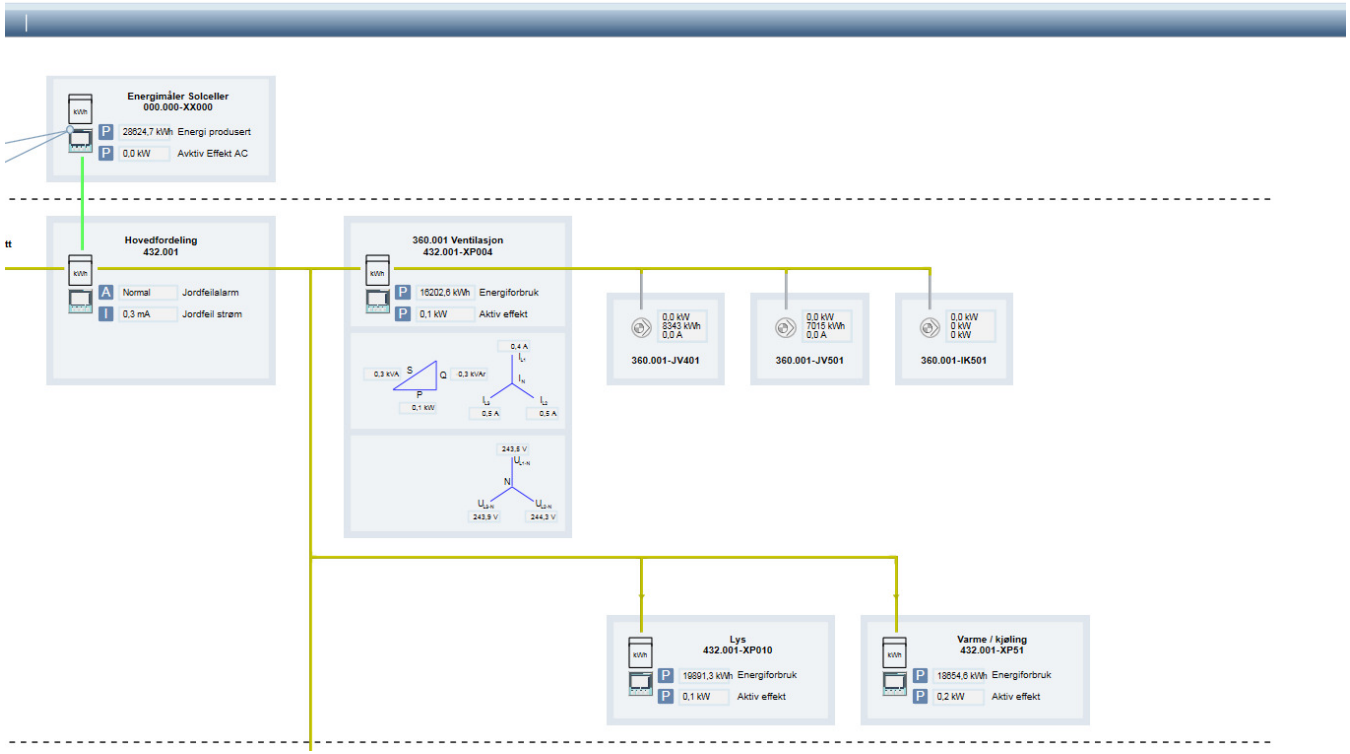
SKANSKA

Lia BHG: Siemens Desigo-systemet - ventilasjonsanlegg



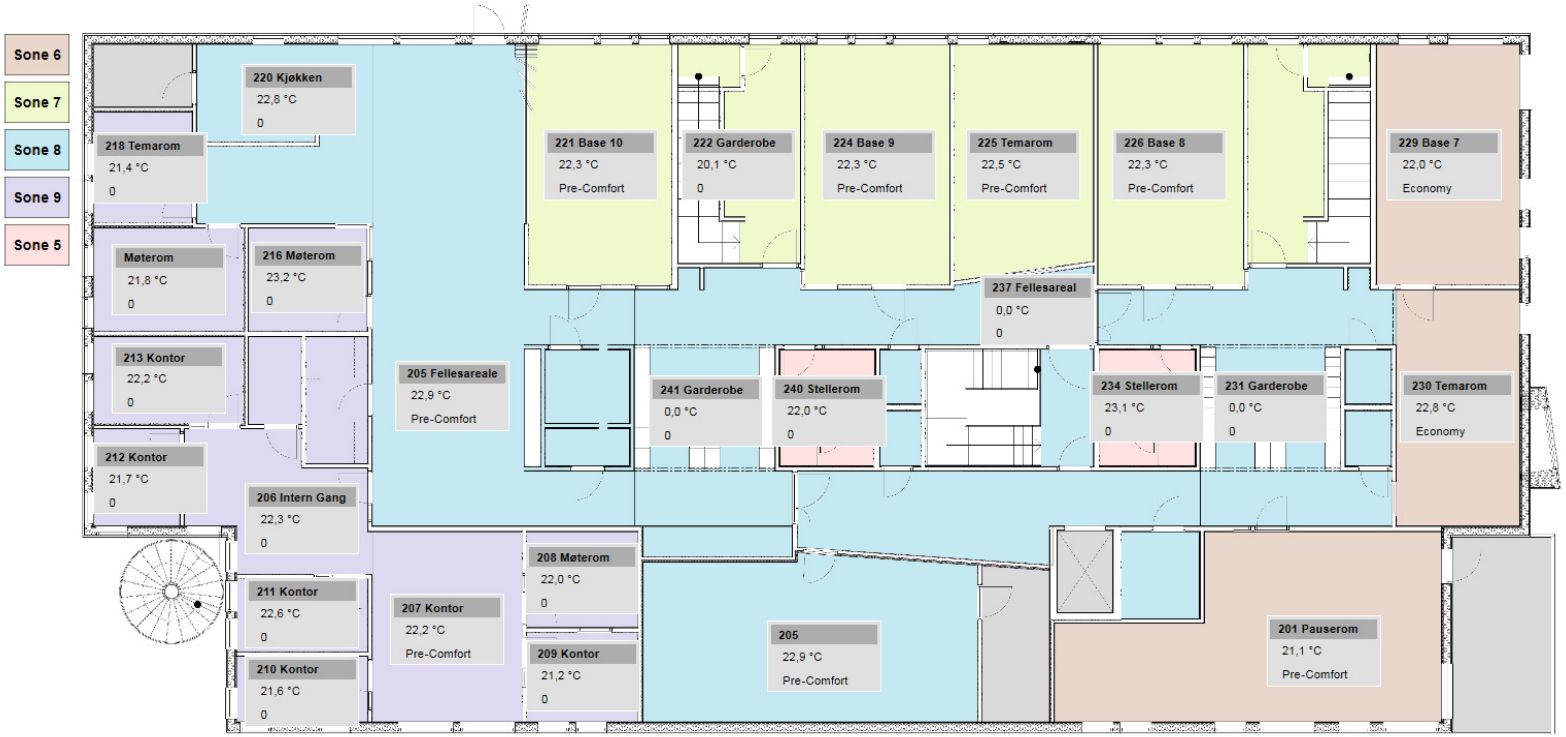
SKANSKA

Lia BHG: Siemens Desigo-systemet – el-målere



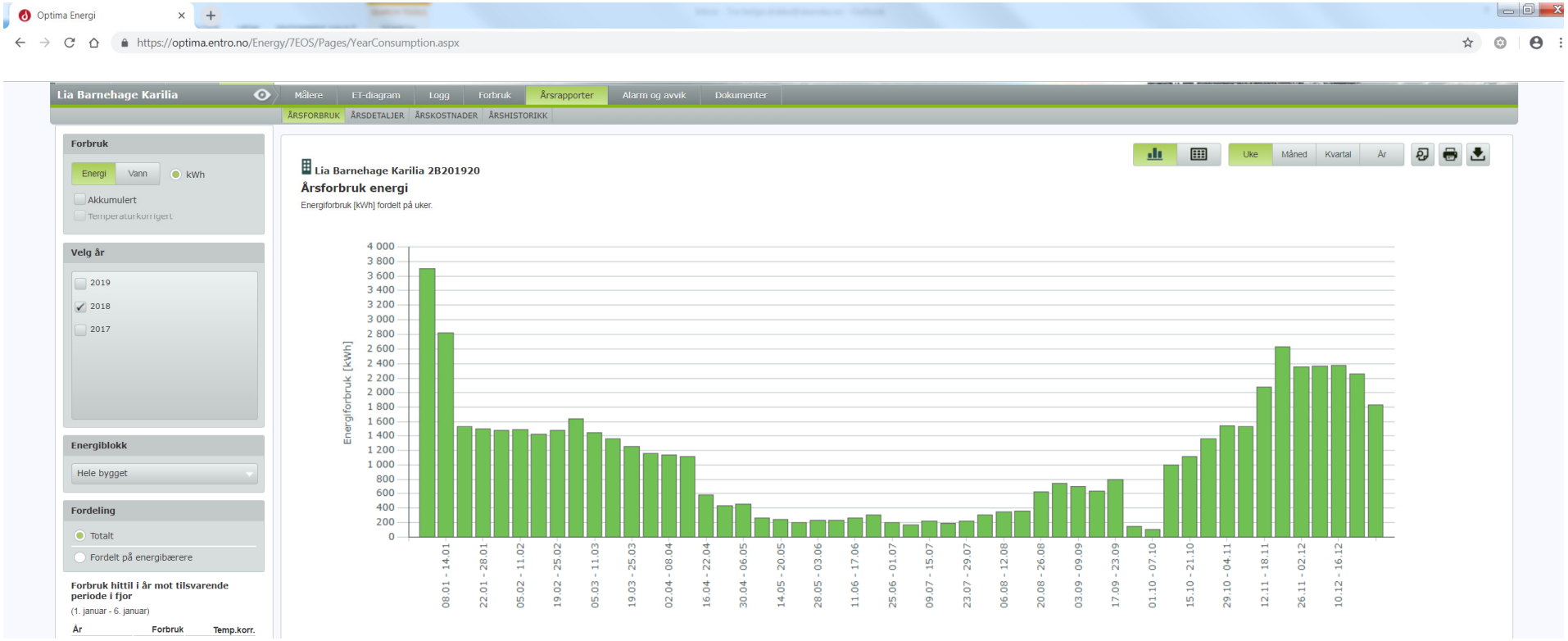
SKANSKA

Lia BHG: Siemens Desigo-systemet – romtilstand



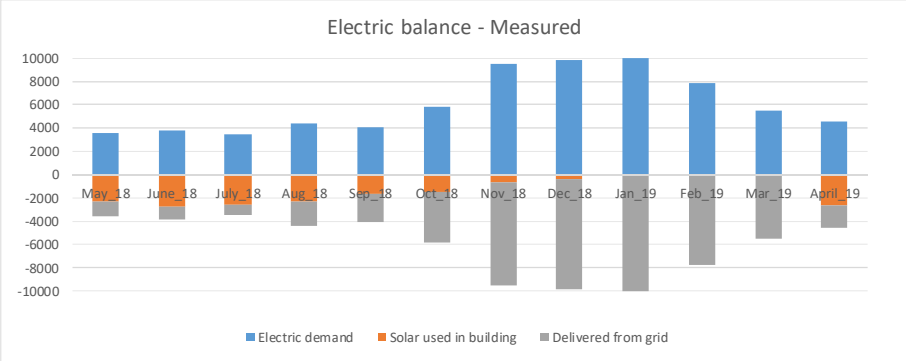
SKANSKA

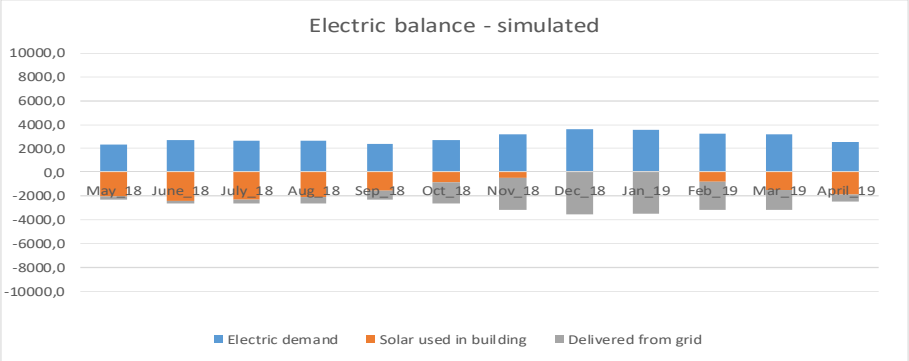
Lia BHG: Entro optima-systemet – «total» elektrisitetstbruk



SKANSKA

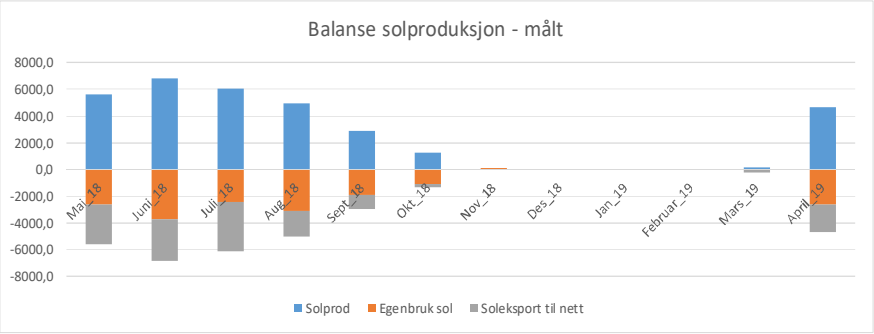
Lia BHG – simulert vs. målt el-balanse på månedsbasis

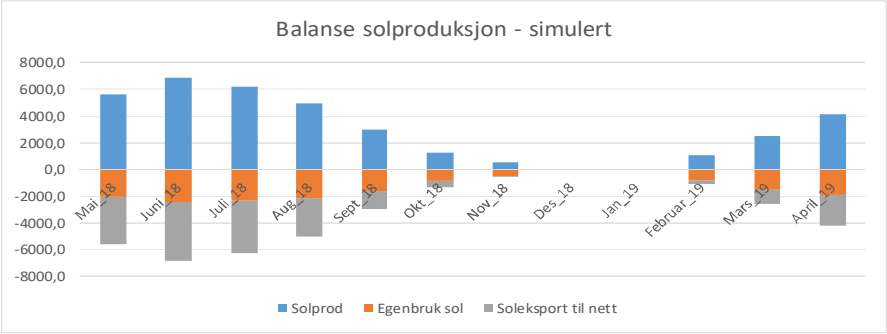




SKANSKA

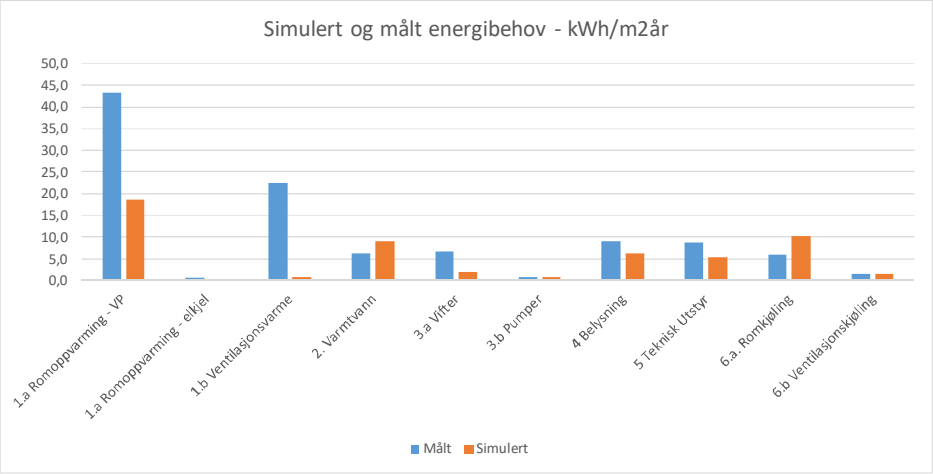
Simulert vs. målt solproduksjonsbalanse på månedsbasis





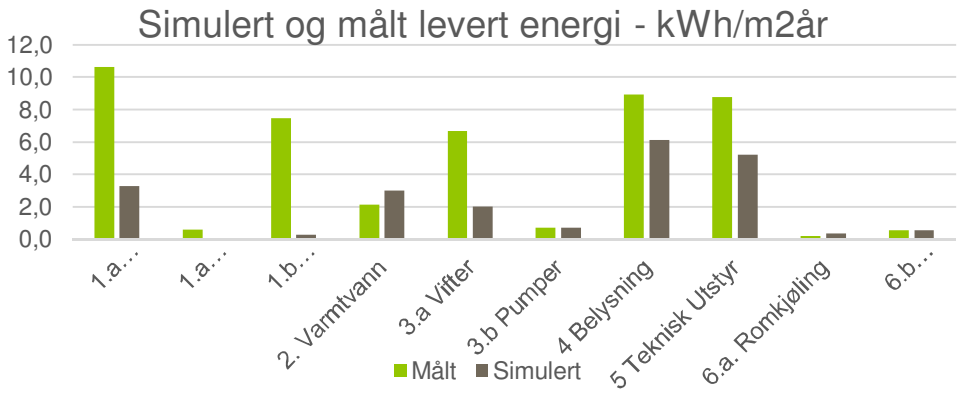
SKANSKA

Simulert vs. målt netto energibehov på årsbasis



SKANSKA

Simulert vs. målt levert energi på årsbasis



ANALYSE COP	Netto	COP	Levert	
Romoppvarming	68367	4,1	16774	Inkluderer interne sirkpumper, elektr. og event. el-element
Varmtvann	9624	2,9	3319	Bare antatt verdi
SUM	77992		20092	

MÅLT						
Måned	El.behov	Levert	Eksportert	Produsert	Egenbruk	Netto levert
Mai_18	3887	1245	2959	5600	2641	-1713
Juni_18	4836	1070	3034	6800	3766	-1964
Juli_18	3400	972	3673	6100	2428	-2700
Aug_18	5202	2106	1904	5000	3096	202
Sept_18	4307	2421	1014	2900	1886	1407
Okt_18	5495	4400	205	1300	1095	4195
Nov_18	8874	8875	1	0	-1	8874
Des_18	9494	9494	0	0	0	9494
Jan_19	10044	10044	0	0	0	10044
Februar_19	7817	7817	0,0	0	0	7817
Mars_19	5514	5454	107	167	60	5347
April_19	4593	1936	2037	4694	2657	-101
År	73461	55833	14933	32561	17628	40900
Spes. Per år	46,5	35,4	9,5	20,6	11,2	25,9