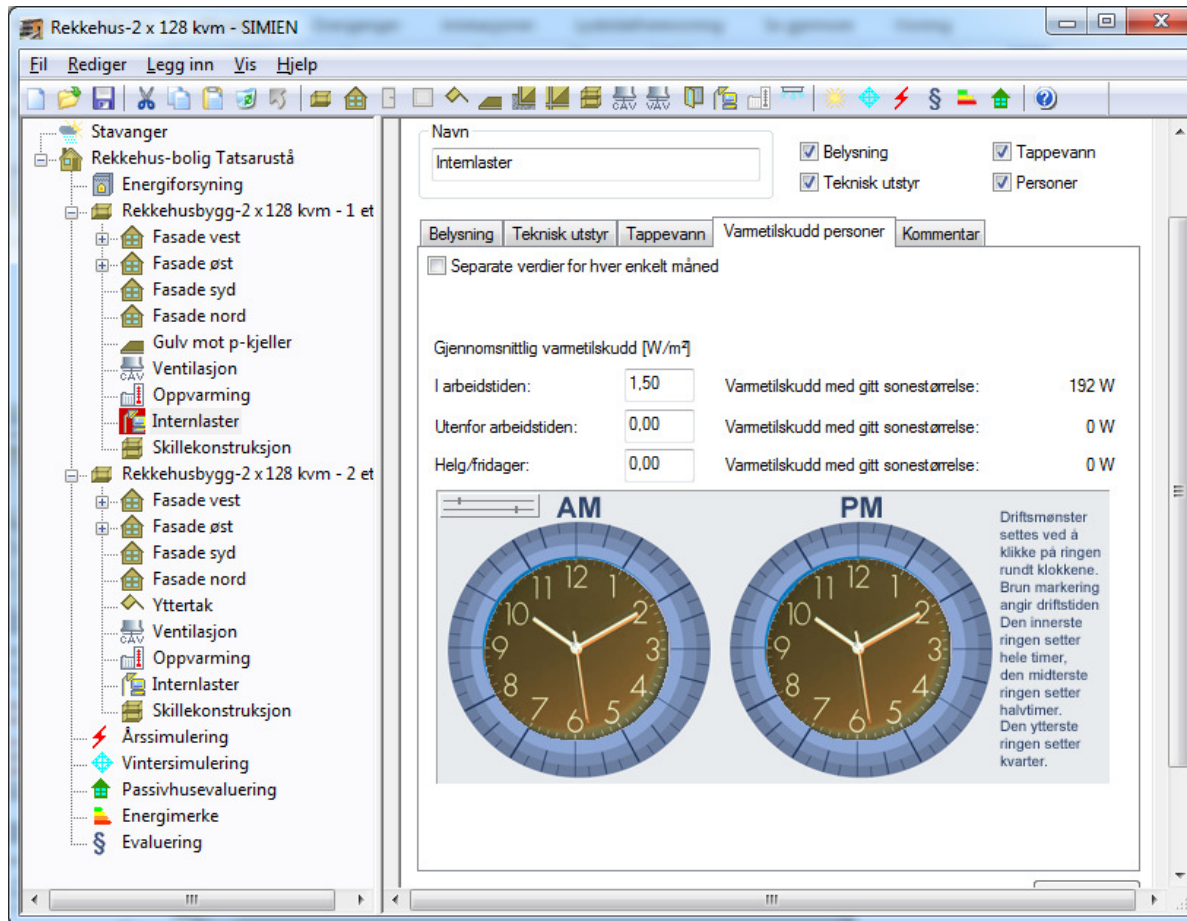


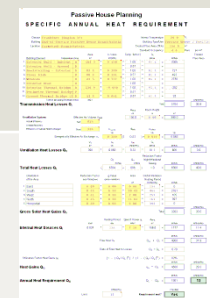
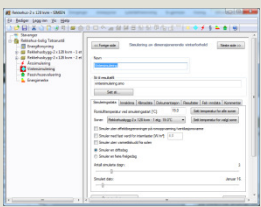
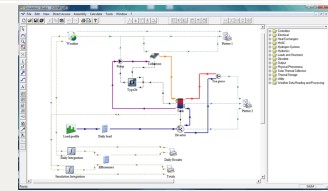
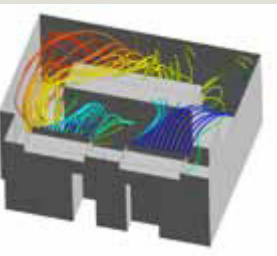
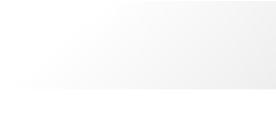
KURS I SIMIEN 5.0 - YRKESBYGG



PROGRAM

09.30 – 09.45	Registrering – Kaffe
09.45 – 10.20	Intro til energiberegninger – stasjonære og dynamiske beregninger, NS3031
10.20 - 10.50	Håndberegningsøvelse
10.50 - 11.05	Kaffepause
11.05 – 11.45	NS3031, TEK10, Energimerking, Passivhus og lavenergi++
11.50 – 12.15	Gjennomgang av et case som skal brukes etter lunsj – oppdeling i grupper
12.15 – 13.00	Lunsj
13.00 – 15.00	Arbeid med case – veiledning i grupper
15.00 – 15.15	Kaffepause
15.15 - 16.20	Presentasjon i plenum – diskusjon av løsninger og resultater
16.20 - 16.30	Oppsummering

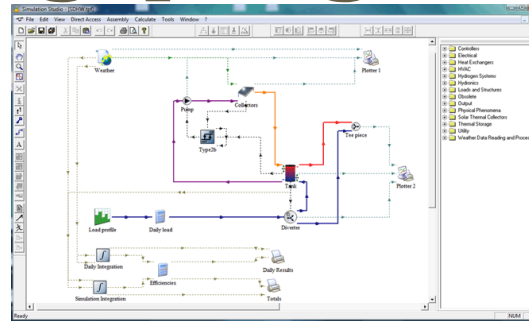
Energiberegningsmetoder

Type beregninger	Eksempler	
1. Håndberegninger/ enkle regnearkmodeller	NS3031:1987	
2. Månedstasjonære Beregninger	PHPP, ISO13790, NS3031:2007	
3. Dynamiske beregningsprogrammer, basert på elektrisk analogi (RC)	TEK-SJEKK SIMIEN ISO13790	
4. Avanserte dynamiske beregningsprogram basert på differanse-metoder. e.l.	TRNSYS. E-plus, ESP-r, IDA ICE,...	
5. Andre avanserte simuleringsprogrammet	CFD*: Eks. Fluent Kuldebroberegninger: eks: Heat 2/3, Therm,.. Varmeuttak grunnen: EED**	

* Computational fluid dynamics. ** Earth Energy Designer.

Energiberegningensprogram brukt i Norge

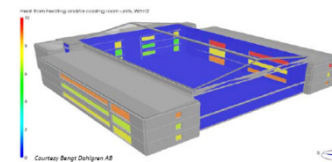
- TRNSYS: www.trnsys.com/



- E-PLUS: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>



- IDA-ICA: www.equa.se/eng.ice.html



IDA Indoor Climate and Energy 4

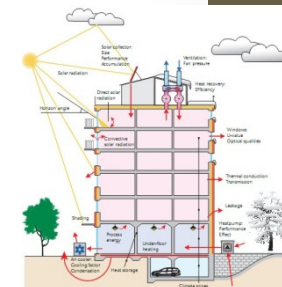
- VIP ENERGY: <http://www.strusoft.com/index.php/en/products/vip-energy>

- PHPP: http://www.passiv.de/index.html?/07_eng/phpp/PHPP2007_F.htm

- SIMIEN: www.programbyggerne.no

- Flere andre: TEK-sjekk, POLYSUN, Bsim, RIUSKA, ESP-r, ECOTECT, PARASOL:

[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects.cfm/pagename=subjects/pagename menu=whole building analysis/pagename submenu=energy simulation](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects.cfm/pagename=subjects/pagename%20menu=whole%20building%20analysis/pagename%20submenu=energy%20simulation)



Stasjonær varmebalanse for et rom/bygg



$$\overbrace{q''_{\text{int}} + q''_{\text{sol}} + q''_{\text{heat}}}^{\text{VArmetilskudd}} - \overbrace{H''(T_i - T_e)}^{\text{Varmetap}} = 0$$

Gir:

$$q''_{\text{heat}} = H''(T_i - T_e) - q''_{\text{int}} - q''_{\text{sol}}$$

Spesifikt varmetap og varmetapstall:

$$H = \overbrace{\sum UA}^{\text{Transmisjon}} + \overbrace{0.33 \cdot n_{\text{inf}} \cdot \dot{V}}^{\text{Infiltrasjon}} + \overbrace{0.33 \cdot \dot{V} \cdot (1 - \eta_T)}^{\text{Ventilasjon}}$$

$$H'' = H / A_{\text{fl}}$$

$$n_{\text{inf}} = 0,07 \cdot N_{50} \quad (\text{balansert ventilasjon, NS3031})$$

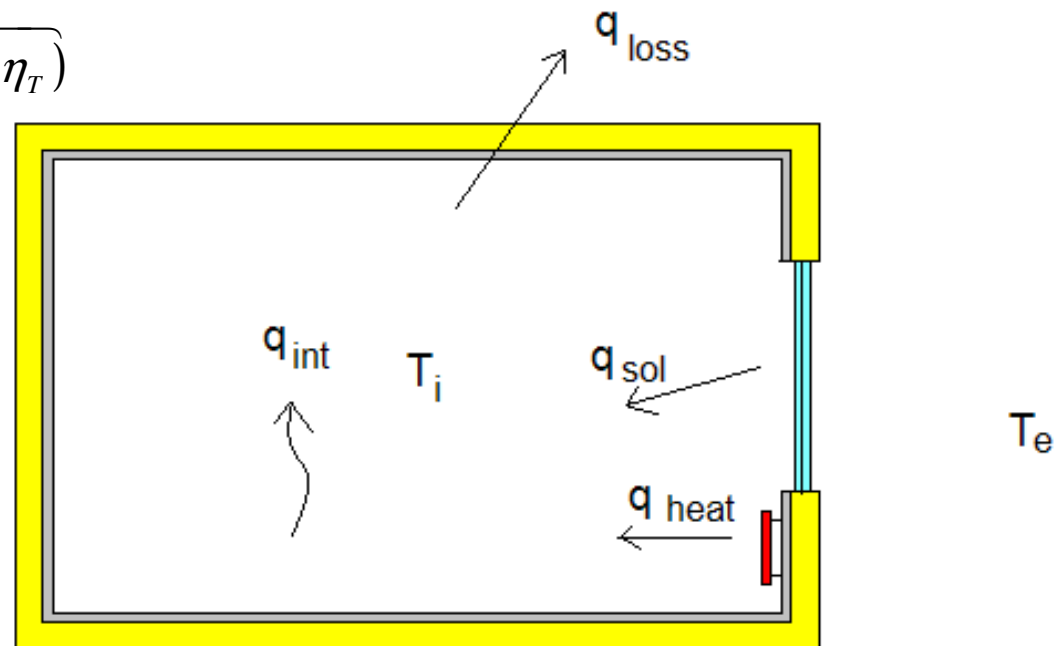
N_{50} : Lekkasjetall

\dot{V} : Luftmengde (m^3/h)

V: Volumet

U: U-verdi

A: Areal vegg, vindu, tak og gulv





Eksempel stasjonær beregning, oppvarmingsbehov cellekontor

- 10 m² kontorrom
- Fasade: 7.5 m²
- Vindu: 1 x 2 m
- Takhøyde: 3 m
- U-vegg: 0.18 W/m²K
- U-vindu: 1.2 W/m²K
- Ventilasjon: 10 m³/hm²
- Virk.grad gj.vinner: 70 %
- Tilluftstemperatur: 18 °C
- Lekkasjetall: 1.5 oms/t
- Utetemp: -20 °C
- Innetemp: 20 °C
- Neglisjerer internlast og sol

Totalt varmebehov:

$$H = 0.18 \cdot (7.5 - 2) + 1.2 \cdot 2 + 0.33 \cdot 0.07 \cdot 1.5 \cdot 10 \cdot 3 + 0.33 \cdot 10 \cdot 10 \cdot (1 - 0.7) = 14.33 \text{ W / K}$$

$$H'' = 1.43 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

$$q''_{heat} = 1.43 \cdot (20 + 20) = 57 \text{ W / m}^2$$

Splitta varmebehov:

$$\eta = \frac{T_{gv} - T_e}{T_i - T_e} \Rightarrow T_{gv} = 0.7 \cdot (20 + 20) - 20 = 8 \text{ °C}$$

$$q''_{VB} = 0.33 \cdot \dot{V}'' (T_s - T_{gv}) \\ = 0.33 \cdot 10 \cdot (18 - 8) = 33 \text{ W / m}^2$$

$$q''_{rom} = 57 - 33 = 24 \text{ W / m}^2$$

Dynamisk varmebalanse



$$\overbrace{q''_{\text{int}} + q''_{\text{sol}}}^{\text{Varmetilskudd}} - \overbrace{(H''_D + H''_{\text{inf}}) \cdot (T_i - T_e)}^{\text{Varmetap trans \& inf}}$$

$$- \overbrace{0.33 \cdot \dot{V}'' (T_i - T_s)}^{\text{Varmetapvent}} = \overbrace{C'' \frac{dT_i}{dt}}^{\text{Varmelagring}}$$

$$\Rightarrow \frac{dT_i}{dt} = -\frac{T_i}{\tau} + \frac{T_\infty}{\tau} \Rightarrow \frac{d\theta}{dt} = -\frac{\theta}{\tau}$$

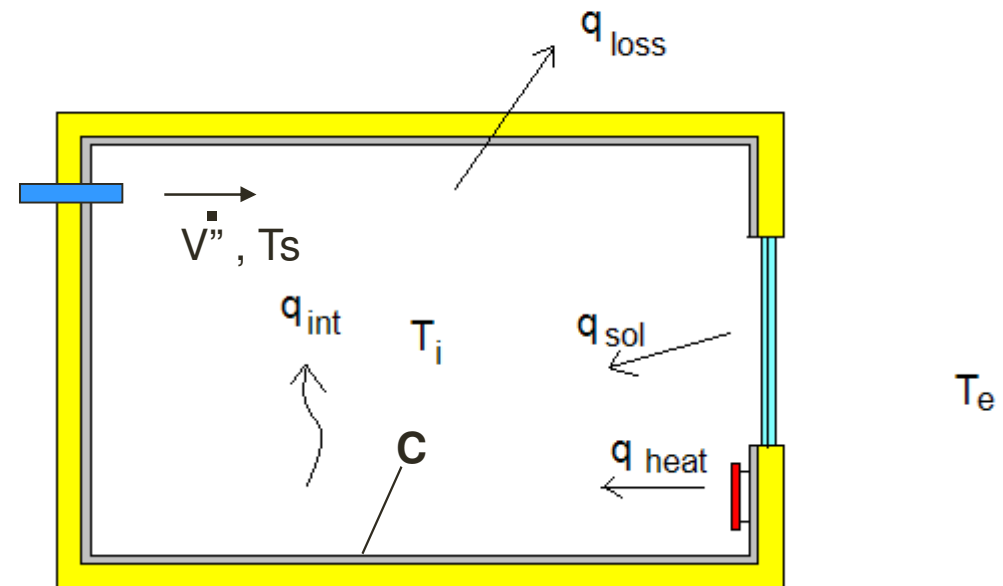
$$\Rightarrow \int_{\theta(0)}^{\theta} \frac{d\theta}{\theta} = -\frac{\theta}{\tau} \int_0^t dt$$

$$\Rightarrow \ln \frac{\theta}{\theta(0)} = -\frac{t}{\tau} \Rightarrow \theta(t) = \theta(0) e^{-t/\tau}$$

$$\Rightarrow T_i(t) = T_\infty + (T_i(0) - T_\infty) \cdot e^{-t/\tau}$$

$$T_\infty = \frac{q''_{\text{int}} + q''_{\text{sol}} + (H''_D + H''_{\text{inf}}) \cdot T_e + 0.33 \cdot \dot{V}'' \cdot T_s}{H''_D + H''_{\text{inf}} + 0.33 \cdot \dot{V}''} ;$$

$$\theta = T_i - T_\infty \quad ; \quad \tau = \frac{C''}{H''_D + H''_{\text{inf}} + 0.33 \cdot \dot{V}''}$$





Eksempel dynamisk beregning, temperaturforhold sommer

- Samme 10 m² kontorrom
- Varmekapasitet:
 - C''vegg = 3 Wh/m²K (43 m²),
 - C''gulv = 41 Wh/m²K (10 m²)
 - C''tak = 63 Wh/m²K (10 m²)
- Temperatur kl. 08.00: 20 °C
- Tilluftstemp: 18 °C
- Solfluks vindu (sør): 300 W/m², 16
- Vindu:
 - Solfaktor: 0.25
 - Karmfaktor: 0.20
 - Faktor horisont: 0.8
- Utetemp: + 20 °C
- Innetemp: 20 °C
- Internlast:
 - Lys: 8 W/m² (08-16)
 - Utstyr: 10 W/m² (08-16)
 - Personer: 9 W/m² (08-16)

$$q''_{\text{int}} = 8 + 10 + 9 = 27 \text{ W / m}^2$$

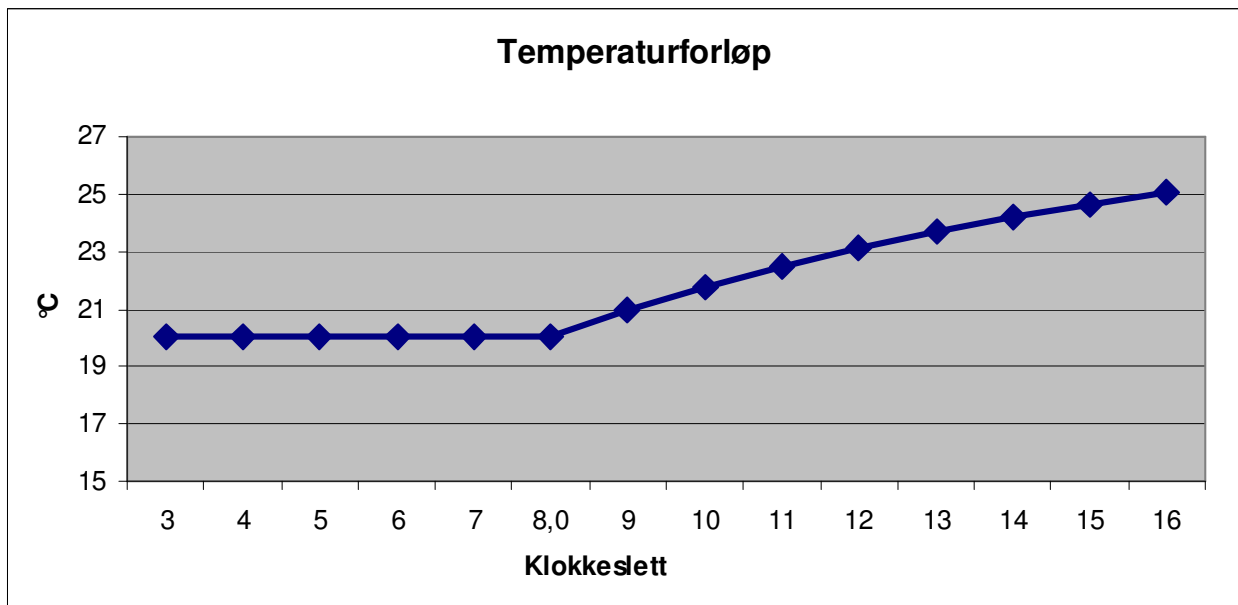
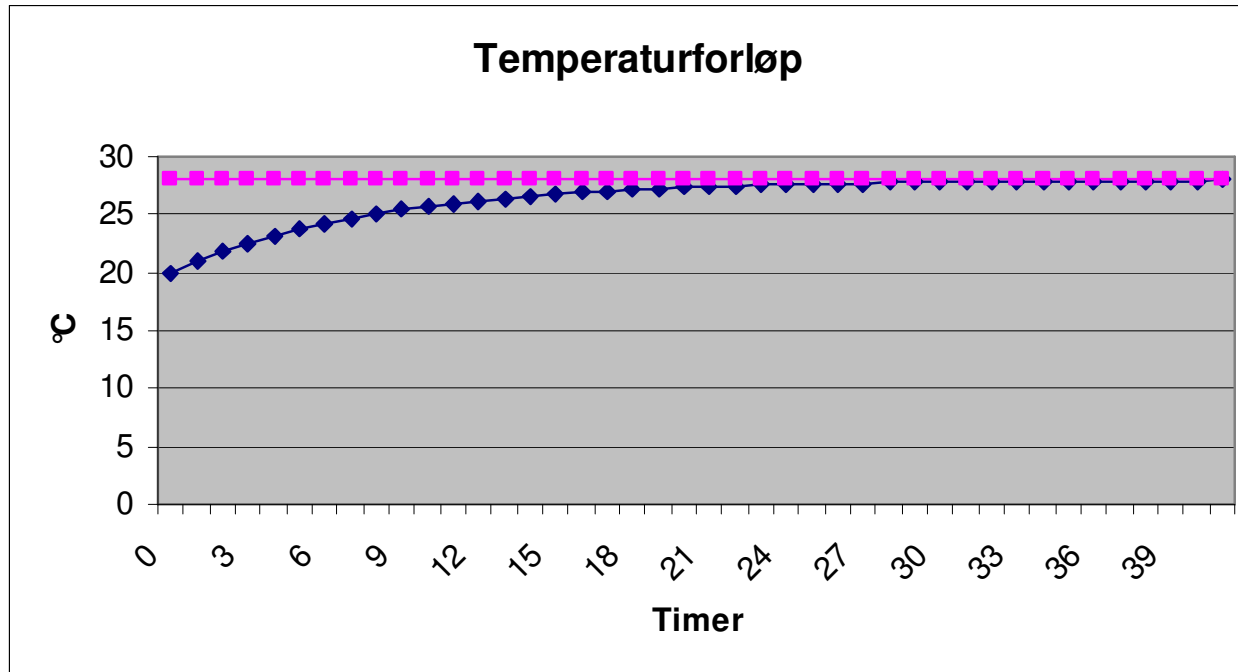
$$q''_{\text{sol}} = 2 \cdot 300 \cdot 0.25 \cdot (1 - 0.2) \cdot 0.8 / 10 = 9.6 \text{ W / m}^2$$

snitt 08-

$$T_{\infty} = \frac{27 + 9.6 + (0.34 + 0.1) \cdot 20 + 0.33 \cdot 10 \cdot 18}{0.34 + 0.1 + 3.3} = 28.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\tau = \frac{C''}{H''} = \frac{(43 \cdot 3 + 11 \cdot 10 + 8 \cdot 10) / 10}{0.34 + 0.1 + 3.3} = 8.0 \text{ h}$$

$$T_i(t) = 28 + (20 - 28) \cdot e^{-t/8}$$



Håndberegningsscase: Klasserom



- 60 m² klasserom
- Fasade: 30 m²
- Vindu: 16 m² (2 x 8 m)
- Takhøyde: 3 m
- Samme temperatur over og under (adiabatisk gulv og himling)
- U-vegg: 0.18 W/m²K
- U-vindu: 1.2 W/m²K
- Ventilasjon: 14 m³/hm²
- Virk.grad gj.vinner: 70 %
- Lekkasjetall: 1.5 oms/t
- Utetemp: -20 °C
- Innetemp: 20 °C
- Neglisjerer internlast og sol (varmebehov)
- Varmekapasitet:
 - C''vegg = 3 Wh/m²K (80 m²),
 - C''gulv = 10 Wh/m²K (60 m²)
 - C''tak = 63 Wh/m²K (60 m²)
- Temperatur kl. 08.00: 20 °C
- Tilluftstemp: 18 °C
- Solfluks vindu (sør): 300 W/m², snitt 09-15
- Vindu:
 - Solfaktor: 0.25
 - Karmfaktor: 0.20
 - Faktor horisont: 0.8
- Utetemp: + 20 °C
- Innetemp: 20 °C
- Internlast:
 - Lys: 8 W/m² (08-16)
 - Utstyr: 2 W/m² (08-16)
 - Personer: 30 W/m² (08-16)

Oppgave klasserom

- Beregn varmetapstall
- Beregn nødvendig installert oppvarmingseffekt
- Beregn temperaturforløp og maksimal temperatur kl. 16.00
- Håndberegnet med kalkulator, eller legg inn i excel



NS3031, TEK10, EMS og NS3701



Norsk Standard NS 3031:2007

ICS 01.040.91; 91.120.10
Språk: Norsk

Beregning av bygningers energiytelse Metode og data

Calculation of energy performance of buildings
Method and data

Innarbeidet i standarden: / Incorporated in this standard:
AC:2007

© Standard Norge. Henvendelse om gjengivelse rettes til Pronorm AS, www.standard.no

Dokumentet er levert av Pronorm AS til Tor Helge Dokka 2007-11-19

Tor Helge Dokka, SINTEF Byggforsk



Norsk Standard NS 3701:2012

ICS 91.040.01; 91.120.10
Språk: Norsk

Kriterier for passivhus og lavenergibygninger Yrkesbygninger

Criteria for passive houses and low energy buildings
Non-residential buildings



© Standard Norge. Henvendelse om gjengivelse rettes til Standard Online AS, www.standard.no

Beregning av bygningers energiytelse Metode og data

Calculation of energy performance of buildings
Method and data

Innarbeidet i standarden: / Incorporated in this standard:
AC:2007

Varmetapstall og varmetapsbudsjett

$$H = H_D + H_U + H_g + H_v + H_{inf}$$

$$H'' = \frac{H}{A_{fl}}$$

Varmetapspost	Varmetapstall, H'' [W/(m ² ·K)]
Yttervegger	
Yttertak	
Gulv	
Vinduer og dører	
Kuldebroer	
Infiltrasjon	
Ventilasjon	
Samlet varmetapstall	

Netto energibudsjett

Energipost	Energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m²·år)]
1a Romoppvarming		
1b Ventilasjonsvarme ^a		
2 Varmtvann		
3a Vifter		
3b Pumper		
4 Belysning		
5 Teknisk utstyr		
6a Romkjøling		
6b Ventilasjonskjøling		
Totalt netto energibehov, sum 1 - 6		

MÅLEPUNKT TEK10

Leverert energi

$$E_{\text{del,er-el}} = \frac{Q_{\text{H,nd}} f_{\text{H,er}} + Q_{\text{W,nd}} f_{\text{W,er}}}{\eta_{\text{er}}}$$

Energivare	Leverert energi [kWh/år]	Spesifikk leverert energi [kWh/(m ² ·år)]
1 Elektrisitet ^a		
2 Olje		
3 Gass		
4 Fjernvarme		
5 Biobrensel		
6 Annen energivare ^{b, i}		
Totalt leverert energi, sum 1 - 6		

MÅLEPUNKT ENERGIMERKE

CO₂-utslipp, primærenergi, energikost

$$m_{\text{CO}_2} = \sum (E_{\text{del},i} K_{\text{del},i})$$

Energivare	Primærenergibehov, E_{prim} [kWh/år]	CO ₂ -utslipp, m_{CO_2} [kg/år]	Energikostnad, K [kr/år]	Energipolitisk vektet levert energi, E_{vektet} [kWh/år]
1 Elektrisitet				
2 Olje				
3 Gass				
4 Fjernvarme				
5 Biobrensel				
6 Andre energivarer ^a , i				
Totalt, sum 1 - 6				

Revidert bygningsenergidirektiv: TEK15/TEK20, ny EMS??

Mange normative og informative tillegg

Bygningskategori	Belysning ^a		Utstyr ^b		Varmtvann ^b	
	W/m ²	kWh/(m ² ·år)	W/m ²	kWh/(m ² ·år)	W/m ²	kWh/(m ² ·år)
Småhus	2,9	17	4	23	5,1	30
Boligblokker	2,9	17	4	23	5,1	30
Barnehager	8	21	2	5	3,8	10
Kontorbygg	8	25	11	34	1,6	5
Skolebygg	10	22	6	13	4,5	10
Universitets- og høyskolebygg	8	25	11	34	1,6	5
Sykehus	8	47	8	47	5,1	30
Sykehjem	8	47	4	23	5,1	30
Hoteller	8	47	1	6	5,1	30
Idrettsbygg	8	21	1	3	18,9	50
Forretningsbygg	15	56	1	4	2,7	10
Kulturbygg	8	23	1	3	3,5	10
Lett industri, verksteder	8	19	10	23	4,3	10

Norsk passivhusstd: NS 3701



- Bygger videre på NS3700 og SINTEF prosjektrapport 42
- Bryter en del med den Tyske definisjonen/standarden

Krav til varmetapstall

Tabell 2 – Høyeste varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonstap

Varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonstap, $H_{tr,inf}^n$ W/(m ² ·K)	
Bygning der $A_{fl} < 1\ 000\ m^2$	Bygning der $A_{fl} \geq 1\ 000\ m^2$
$H_{tr,inf,0}^n + W \frac{(1\ 000 - A_{fl})}{100}$	$H_{tr,inf,0}^n$

Tabell 3 – Verdier for å bestemme kravet til varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap

Bygningskategori	Passivhus		Lavenergibygning	
	$H_{tr,inf,0}^n$ W/(m ² ·K)	W W/(m ² ·K)	$H_{tr,inf,0}^n$ W/(m ² ·K)	W W/(m ² ·K)
Barnehage	0,40	0,014	0,50	0,022
Kontorbygning	0,40	0,009	0,50	0,014
Skolebygning	0,40	0,013	0,50	0,017
Universitets- og høyskolebygning	0,40	0,014	0,50	0,021
Sykehus	0,40	0,014	0,50	0,019
Sykehjem	0,40	0,014	0,50	0,018
Hotellbygning	0,40	0,014	0,50	0,016
Idrettsbygning	0,45	0,010	0,60	0,013
Forretningsbygning	0,40	0,014	0,50	0,018
Kulturbygning	0,40	0,012	0,50	0,016
Lett industribygning, verksted	0,40	0,017	0,55	0,022

Krav til oppvarmingsbehov

Tabell 4 – Krav til høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til oppvarming

Arsmiddeltemperatur, θ_{ym}	Høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til oppvarming kWh/(m ² ·år)	
	Bygning der $A_{fl} < 1\,000\text{ m}^2$	Bygning der $A_{fl} \geq 1\,000\text{ m}^2$
$\geq 6,3\text{ °C}$	$EP_{H,0} + X \frac{(1\,000 - A_{fl})}{100}$	$EP_{H,0}$
$< 6,3\text{ °C}$	$EP_{H,0} + X \frac{(1\,000 - A_{fl})}{100} + \left(K_1 + K_2 \frac{(1\,000 - A_{fl})}{100} \right) (6,3 - \theta_{ym})$	$EP_{H,0} + K_1 (6,3 - \theta_{ym})$

Tabell 5 – Verdier for å bestemme kravet til netto spesifikt energibehov til oppvarming

Bygningskategori	Passivhus				Lavenergibygning			
	$EP_{H,0}$	X	K_1	K_2	$EP_{H,0}$	X	K_1	K_2
Barnehage	25	1,55	3,6	0,15	40	2,2	4,8	0,15
Kontorbygning	20	0,85	3,6	0,10	35	1,3	4,9	0,13
Skolebygning	20	1,30	3,5	0,15	30	1,7	4,1	0,22
Universitets- og høyskolebygning	20	1,50	3,7	0,10	35	2,0	4,7	0,10
Sykehus	20	1,30	4,7	0,15	35	1,9	6,0	0,10
Sykehjem	20	1,20	4,3	0,12	30	1,6	5,0	0,15
Hotellbygning	25	1,40	4,0	0,10	40	1,8	4,8	0,03
Idrettsbygning	20	0,80	3,8	0,10	35	0,8	5,1	0,10
Forretningsbygning	25	1,40	4,6	0,12	40	1,9	5,7	0,11
Kulturbygning	25	1,30	3,5	0,11	40	1,8	4,6	0,08
Lett industribygning, verksted	25	1,70	3,8	0,15	40	2,3	5,0	0,15

Krav til kjølebehov

Tabell 6 – Krav til høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til kjøling

DUT_s	Høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til kjøling kWh/(m ² ·år)
> 20 °C	$\beta (DUT_s - 20)$
≤ 20 °C	0

Tabell 7 – Kjølebehovskoeffisient for å bestemme kravet til netto spesifikt energibehov til

Bygningskategori	Passivhus	Lavenergibygning
	β	β
Barnehage	0,75	0,75
Kontorbygning	1,4	2,1
Skolebygning	0,75	0,75
Universitets- og høyskolebygning	1,5	3,0
Sykehus	2,9	3,6
Sykehjem	1,6	2,3
Hotellbygning	1,5	2,2
Idrettsbygning	0,9	1,6
Forretningsbygning	3,3	4,8
Kulturbygning	1,2	1,9
Lett industribygning, verksted	1,1	1,8

MERKNAD: Verdiene i tabellen gir ingen garanti for at termisk komfort tilfredsstilles.

Krav til belysning

Tabell 8 – Krav til høyeste beregnede netto spesifikt energibehov til belysning

Bygningskategori	LENI kWh/(m ² ·år)	Gjennomsnittlig effektbehov i driftstiden ^a W/m ²
Barnehage	13,0	5,0
Kontorbygning	12,5	4,0
Skolebygning	9,9	4,5
Universitets- og høyskolebygning	14,0	4,5
Sykehus	29,1	5,0
Sykehjem	29,1	5,0
Hotellbygning	17,5	3,0
Idrettsbygning	14,5	5,5
Forretningsbygning	28,1	7,5
Kulturbygning	17,2	6,0
Lett industribygning, verksted	10,5	4,5

Krav til energiforsyning og minstekrav

4.5 Energiforsyning

Passivhus og lavenergibygninger skal oppfylle krav til energiforsyning i forskrift om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift).

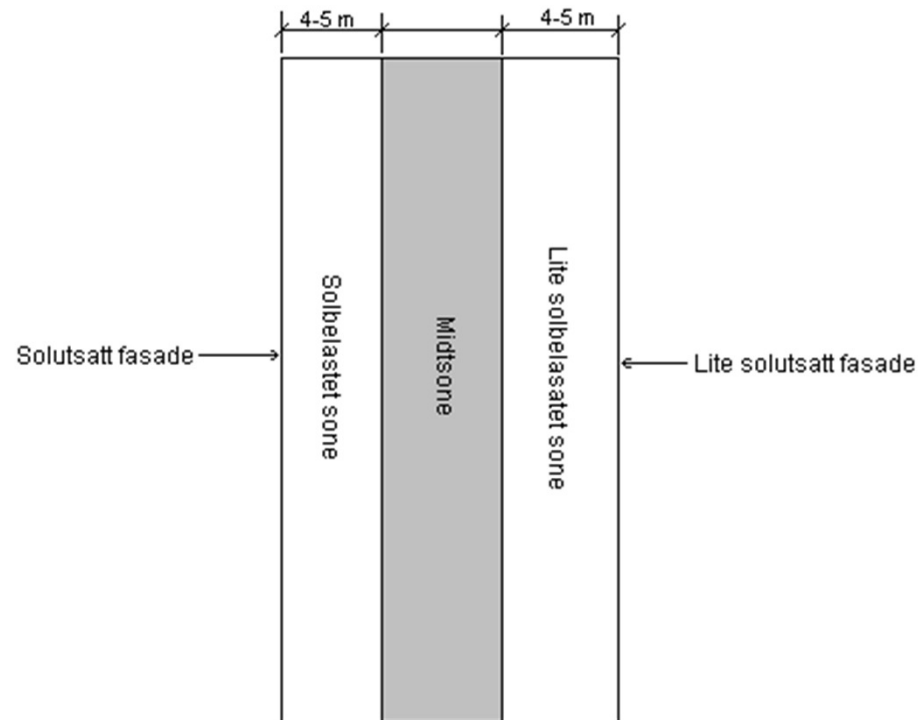
Tabell 9 – Minstekrav til bygningsdeler, komponenter, systemer og lekkasjetall

Egenskap		Passivhus	Lavenergibygning
U -verdi vindu og dør ^a		$\leq 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Normalisert kuldebroverdi, Ψ^a ^b		$\leq 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner ^{c, d}		$\geq 80 \%$	$\geq 70 \%$
SFP -faktor ventilasjonsanlegg		$\leq 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$	$\leq 2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$
Lekkasjetall ved 50 Pa, n_{50}		$\leq 0,60 \text{ h}^{-1}$	$\leq 1,5 \text{ h}^{-1}$
Belysning	Dynamisk dagslys- og konstantlysstyring	Minst 60 % av installert effekt til belysning er underlagt styringssystemet	
	Dynamisk behovsstyring ved tilstedeværelse	Minst én styringssone per rom eller én styringssone per 30 m ² i større rom	

Kort om soning – og energi vs. effektbehovs&inneklimatevurderinger

SONING NØDVENDIG

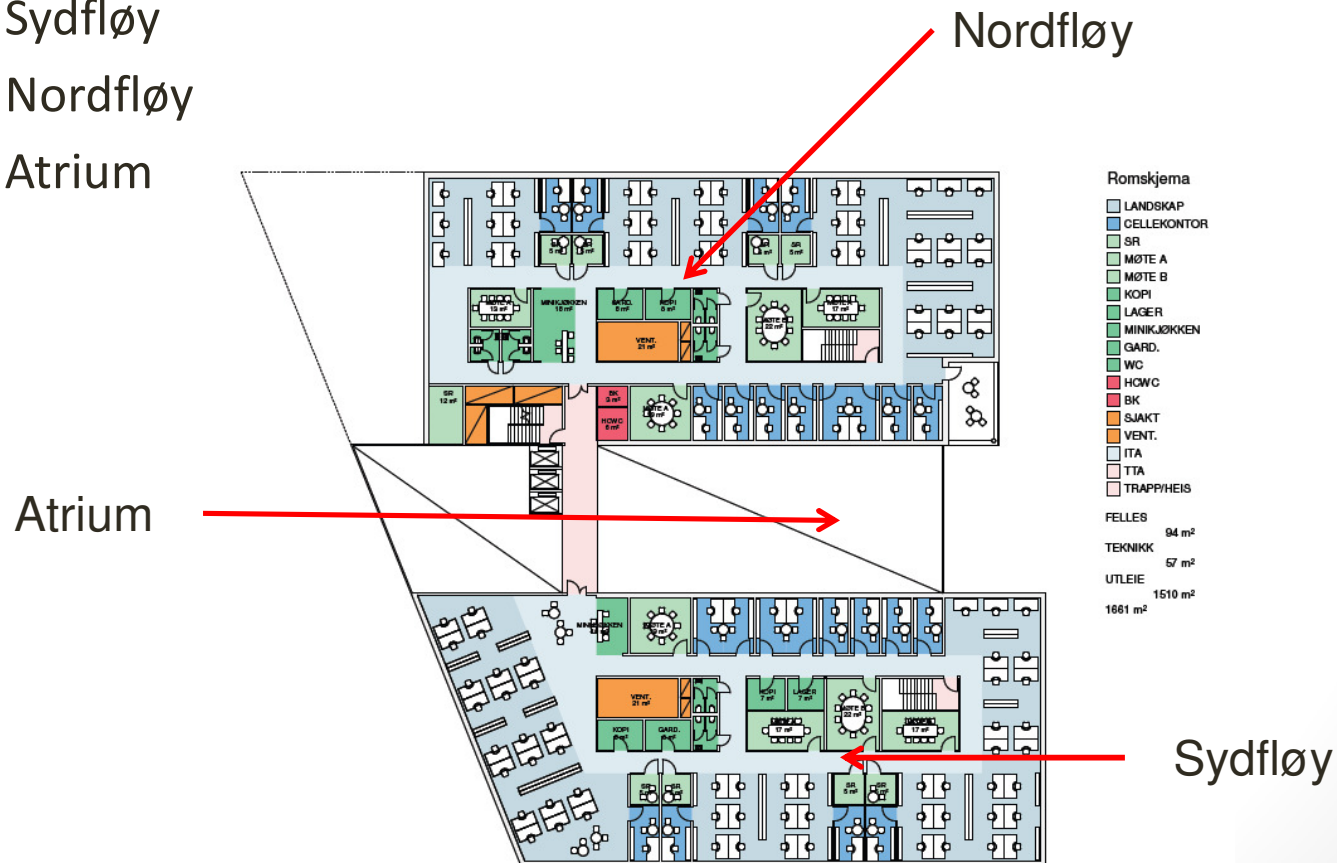
- flerfunksjonsbygninger;
- ulike tekniske installasjonssystemer som betjener forskjellige deler av bygningen;
- ulikt soltilskudd i forskjellige deler av bygningen;
- ulike interne varmetilskudd i forskjellige deler av bygningen.



MERKNAD For bygninger der produktet av arealandel vinduer, dører og glassfelt, γ_{sol} , og total solfaktor for vindu og solskjerming, γ_{tot} , er under 5 % ($\gamma_{sol} < 5\%$), vil det i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å regne bygningen som én sone.

Kort om soning – og energi vs. effektbehovs&inneklimavurderinger

- Energi:
 - Dele opp i tre soner:
 - Sydfløy
 - Nordfløy
 - Atrium



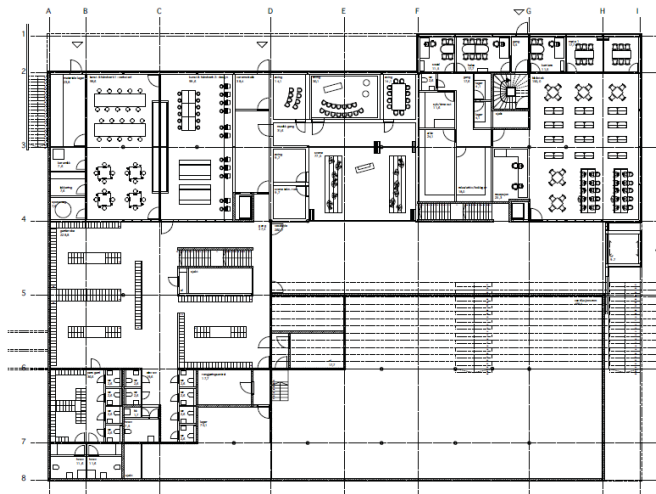
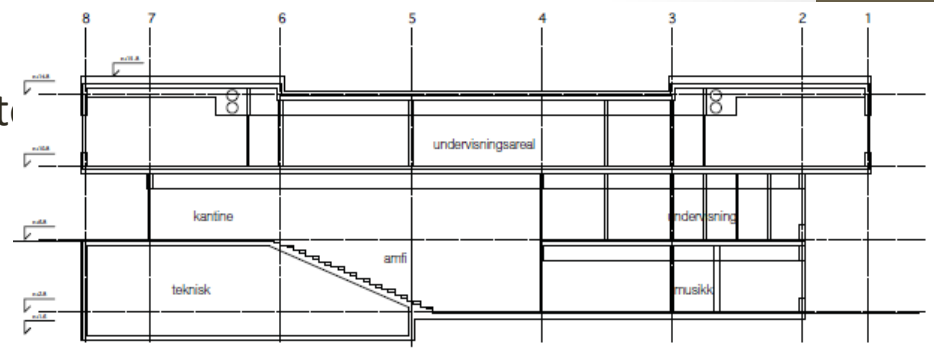
Kort om soning – og energi vs. effektbehovs&inneklimatevurderinger



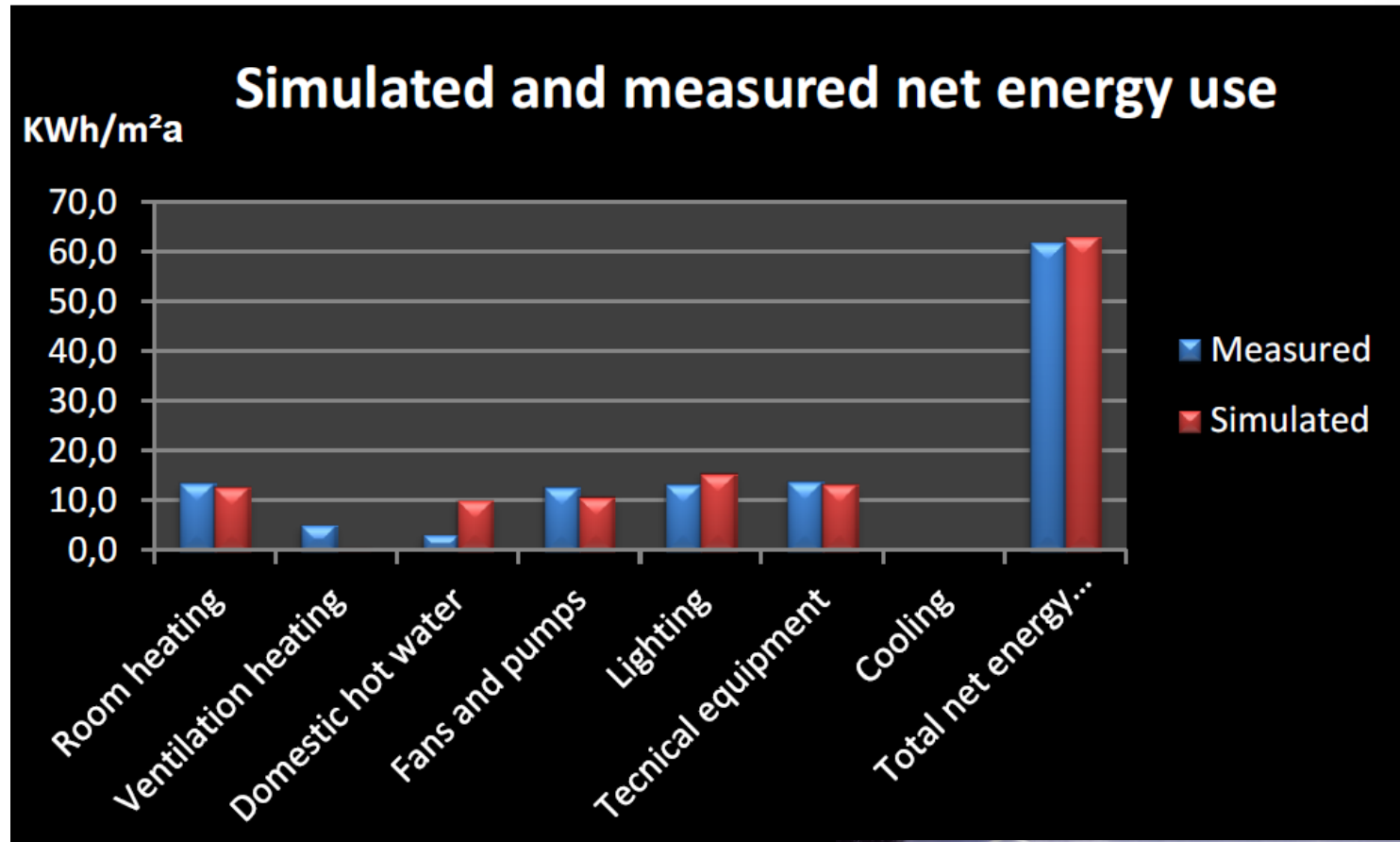
Effektbehov/inneklima: Kontorlandskap, cellekontor syd, atrium, kontor mot atrium, atrium, internt møterom.

Marienlyst school – key information

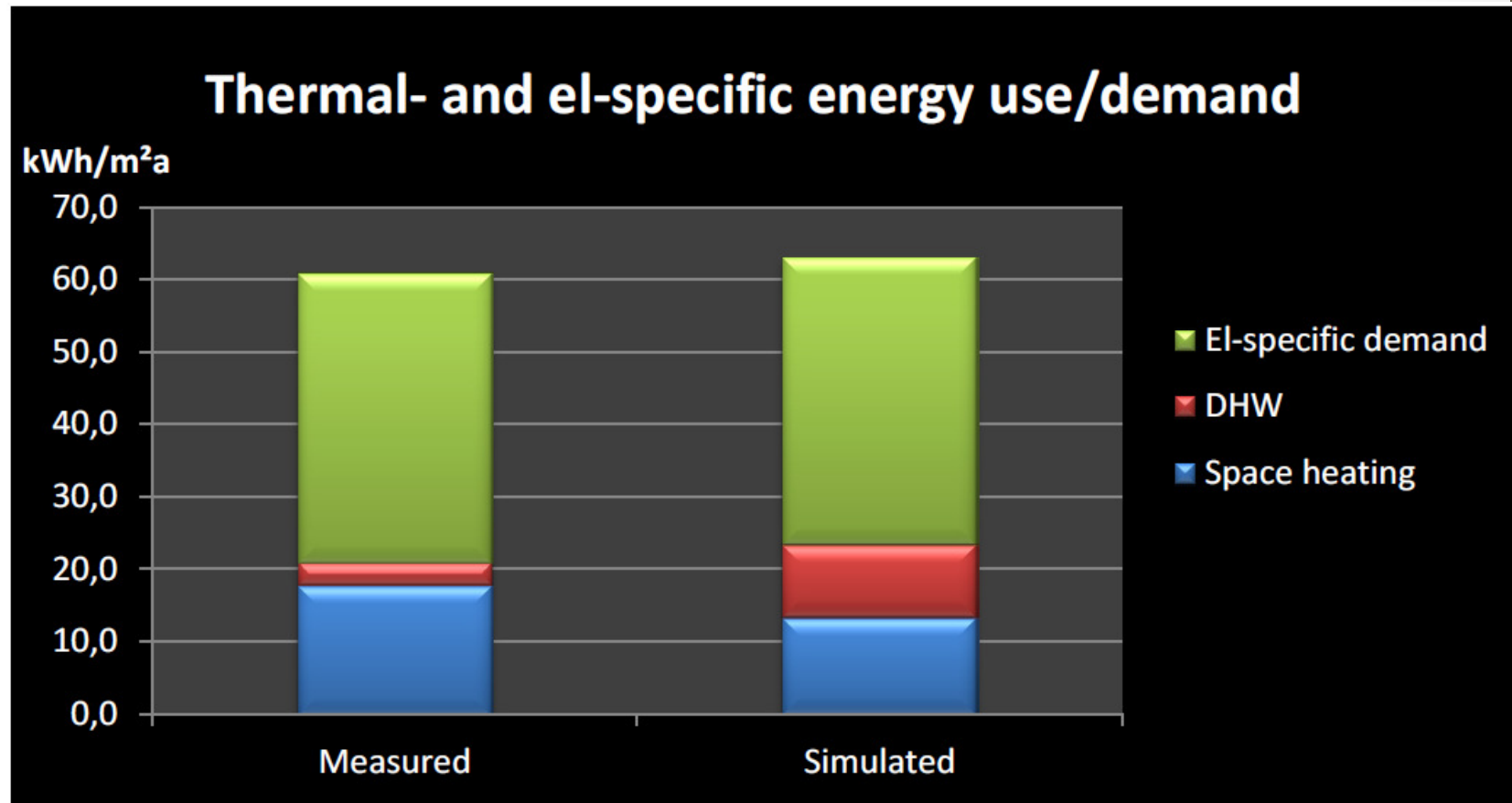
- Drammen (40 km west of Oslo)
- Marienlyst is a lower secondary school (8 to 10th grade)
- Square meters: 6485 m²
- Approx. 550 pupils
- 2-3 Storeys
- "Deep" floor plan
- Slab on ground (large inertia)
- Compact wooden roof construction(Lettak)
- Concrete sub structure, wooden walls



Comparison measured – simulated energy use



Thermal- and electric demand/measured



Space heating: 2009 - 2012

