

SBF2012A0199 – Åpen

Rapport

Bruksprofil i skoler

– som grunnlag for å vurdere energisparepotensialet med behovsstyrt ventilasjon

Forfatter

Mads Mysen



SINTEF Byggforsk

Postadresse:
Postboks 124 Blindern
0314 OsloSentralbord: 73593000
Telefaks: 22699438byggforsk@sintef.no
<http://www.sintef.no/Byggforsk/>
Foretaksregister:
NO 948007029 MVA

Bruksprofil i skoler

– som grunnlag for å vurdere energisparepotensialet med behovsstyrt ventilasjon

EMNEORD:
EmneordVERSJON
2DATO
2012-07-04FORFATTER(E)
Mads Mysen, SINTEFOPPDRAGSGIVER(E)
Oppdragsgiver(e)OPPDRAGSGIVERS REF.
Oppdragsgivers referansePROSJEKTNR
NFR 191042, SINTEF 3B0270ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
9+ vedlegg

SAMMENDRAG

Overskrift sammendrag

Bruksprofilltall fra 2002 viste at energisparepotensialet ved å behovsstyre ventilasjon i skoler er stort. Imidlertid kan bruken av skolene ha endret seg som følge av skolereformen "Kunnskapsløftet" som kom i 2006. Formålet med dette studiet er å se om eventuelt endret bruk av skolene påvirker det påviste energisparepotensialet ved behovsstyrt ventilasjon.

Antall timer undervisningsarealene er i bruk (brukstid) har ikke endret seg. Primære undervisningsareal i grunnskolen brukes ca 4 timer i gjennomsnitt på normale skole dager. Dette er i overensstemmelse med tidligere konklusjoner.

Det er tendens til større areal per elev enn ved observasjoner gjort i 2002. Dette kan skyldes at klassene/trinnet deles mer opp i grupper som til dels gjennomfører undervisningen utenfor primærrommet, og at valgt metode med CO₂-logging, i større grad fanger det opp. Resultatet kan også skyldes usikkerhet i dataene og tilfeldig variasjon.

Dette studiet dokumenterer bruk av skolearealer utenfor primær undervisningstid med utilfredsstillende luftkvalitet når ventilasjonsanlegget er avslått.

UTARBEIDET AV
Mads Mysen

SIGNATUR

KONTROLLERT AV
Kari Thunshelle/Anna Svensson

SIGNATUR

GODKJENT AV
Torger Frogner Berg

SIGNATUR

RAPPORTNR
SBF2012A0199ISBN
ISBN-nummerGRADERING
ÅpenGRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2012-05-31	1.utgave
2	2012-07-04	Mindre endringer. Presisering av driftstid

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
2	Metode	5
3	Resultater	6
4	Diskusjon	8
5	Konklusjon	9
6	Finansiering og grunnlagsdata	9
7	Referanser	9

BILAG/VEDLEGG

Vedlegg 1. Egenrapportert bruk av klasserom

1 Innledning

Prosjektet reDuCeVentilation skal utvikle og stimulere til bruk av robuste og energioptimale behovsstyrte ventilasjonssystemer.

Tidligere studier (Mysen m.fl 2005) viser at energisparepotensialet ved å behovsstyre ventilasjon i skoler er stort. Disse beregningene er basert på en dags observasjon av 157 4. klasser i Oslo-skolen i perioden mars til juni 2002. Resultatene er vist i tabell 1.

Tabell 1. Resultat fra inspeksjon av 157 klasserom.

	Gjennomsnitt	Min.	Maks.	Standard avvik
Elever tilknyttet klassen	22.3	13.0	28.0	3.5
Elever tilstede ved inspeksjon	20.9	13.0	28.0	3.6
Lærere tilstede ved inspeksjon	1.3	1.0	3.0	0.5
Gulvareal klasserom [m ²]	61.5	43.0	93.0	8.2
Volum klasserom [m ³]	190.0	150.0	285.0	31.0
<i>t_{use}</i> – Brukstid, dvs registrert bruk av undervisningsrommet på inspeksjonsdagen [timer]	4.0	3.0	5.0	0.4

I dette studiet var det klasseromsbasert undervisning som dominerte. Klasserommene var normalt dimensjonert for 30 personer med størrelse på 60 m². I gjennomsnitt ble rommene brukt av 22,3 personer, dvs at 74% av kapasiteten ble utnyttet når klasserommene var i bruk. Gjennomsnittlig brukstid var 4 timer. Det er denne begrensede brukstiden av arealene i forhold til ventilasjonen av arealene som gir det store energisparepotensialet med behovsstyrt ventilasjon i forhold til anlegg med konstante luftmengder (CAV – Constant Air Volume).

CAV-anlegg har full ventilasjon gjennom hele ventilasjonsanleggets driftstid. 12 timers driftstid, med start av ventilasjonsaggregat ca klokken 7 og stopp ca klokken 17 er ansett som "normalt" for skoler uten at det er systematisk dokumentert. Det er også eksempler på døgnkontinuerlig drift med konstante luftmengder. Utenfor driftstiden er ventilasjonsanlegget avslått, det vil si ingen ventilasjon utover luftutveksling mellom rom, vinduslufting eller luftlekkasje over bygningskonstruksjonen.

Figur 1 viser sparepotensialet med behovsstyring i forhold til CAV og driftstid. Både sparepotensialet med styring med tilstedeværelsesdetektor (DCV-IR) og styring med CO₂-sensor (DCV-CO₂) er vist.

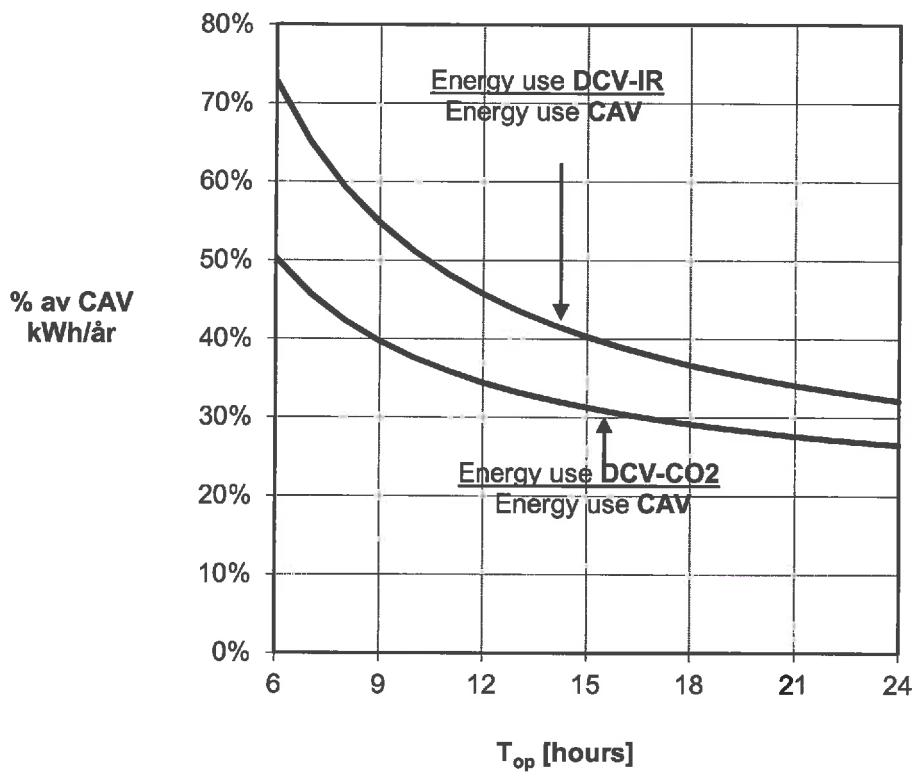


Fig. 1. Sammenheng mellom CAV-anleggets driftstid (T_{op}) og sparepotensialet ved behovsstyring. DCV-IR er behovsstyring med tilstedeværelsesdetektor og DCV-CO₂ er behovsstyring med CO₂-sensor.

Basert på bruksprofil tall fra 2002 vil tilstedeværelsesstyrt behovsstyring mer enn halvere energibruken til ventilasjon 1 forhold til CAV-ventilasjon med 12 timers driftstid. Med CO₂-styring blir energibruken redusert til en tredjedel.

Bruken av skolene imidlertid ha endret seg, blant annet kom skolereformen Kunnskapsløftet i 2006. Formålet med dette studiet er å se om bruken av skolene har endret seg slik at det påvirker det påviste energisparepotensialet med behovsstyrt ventilasjon.

2 Metode

Mycoteam gjennomfører en rekke inneklimateundersøkelser i undervisningsbygg. I undersøkelsen inngår logging av CO₂-nivå og lærer-rapportering av tilstedeværelse i undervisningsrom. Vi har gjennomgått disse dataene fra 4 barneskoler og en 8-13 trinn skole. Totalt er 85 dager analysert fordelt på 35 klasserom. Skolene og tidsrom fremgår av tabell 2.

Tabell 2. Klasserom som er gjennomgått

Skole	Trinn	Antall klasserom	Perioder	Skoledager i perioden	Antall dager
Løvenstad	1-7	4	18-19.april 2012	2	8
Bjørndal	1-7	5	3-4.juni 2010	2	10
Klemetsrud	1-7	4	14-19.desember 2011	4	16
Klemetsrud	1-7	6	28-29.mai 2009	2	12
Klemetsrud	1-7	7	26-28.januar 2010	3	21
Eiganes	1-7	2	15-16.februar 2012	2	4
Bjørnholt	8-13	7	11-14.mai 2012	2	14
Sum		35			85

CO₂-logging gir ganske eksakt informasjon om når rommene tas i bruk og når de forlattes og disse dataene er sammenlignet med lærerrapportering som angir når rommet er tatt i bruk og antall brukere.

I noen klasserom mangler lærerrapportering, der er kun CO₂-loggeresultatene benyttet. I to klasserom på Klemetsrud manglet CO₂-logget data pga teknisk feil, der er kun lærer rapporten benyttet.

CO₂-loggingen skjer kontinuerlig over døgnet. Dette gir oss informasjon om bruk også utenom ordinær skoletid. Kun hele døgn som er logget er med, det vil si at dagene hvor loggeren ble satt ut og tatt inn, ikke er med i datagrunnlaget.

3 Resultater

Tabell 3 viser resultatene for bruk av skoler i skoletiden og utenfor skoletiden for 1-7 klasse. Snitt areal pr elev er registrert på skolene hvor antall elever i hver time ble notert av lærer. I mange tilfeller ble klassen delt i løpet av dagen, det vil si at en del av dagen var med full klasse, men resterende del ble gjennomført med halv klasse. Eksempel på slik variasjon er vist i vedlegg 1. Tidsvektet middel over brukstiden er brukt i statistikken. Et undervisningsareal som er brukt av hele klassen i to timer og halve klassen i to timer får registrert bruk av $\frac{3}{4}$ klasse i fire timer.

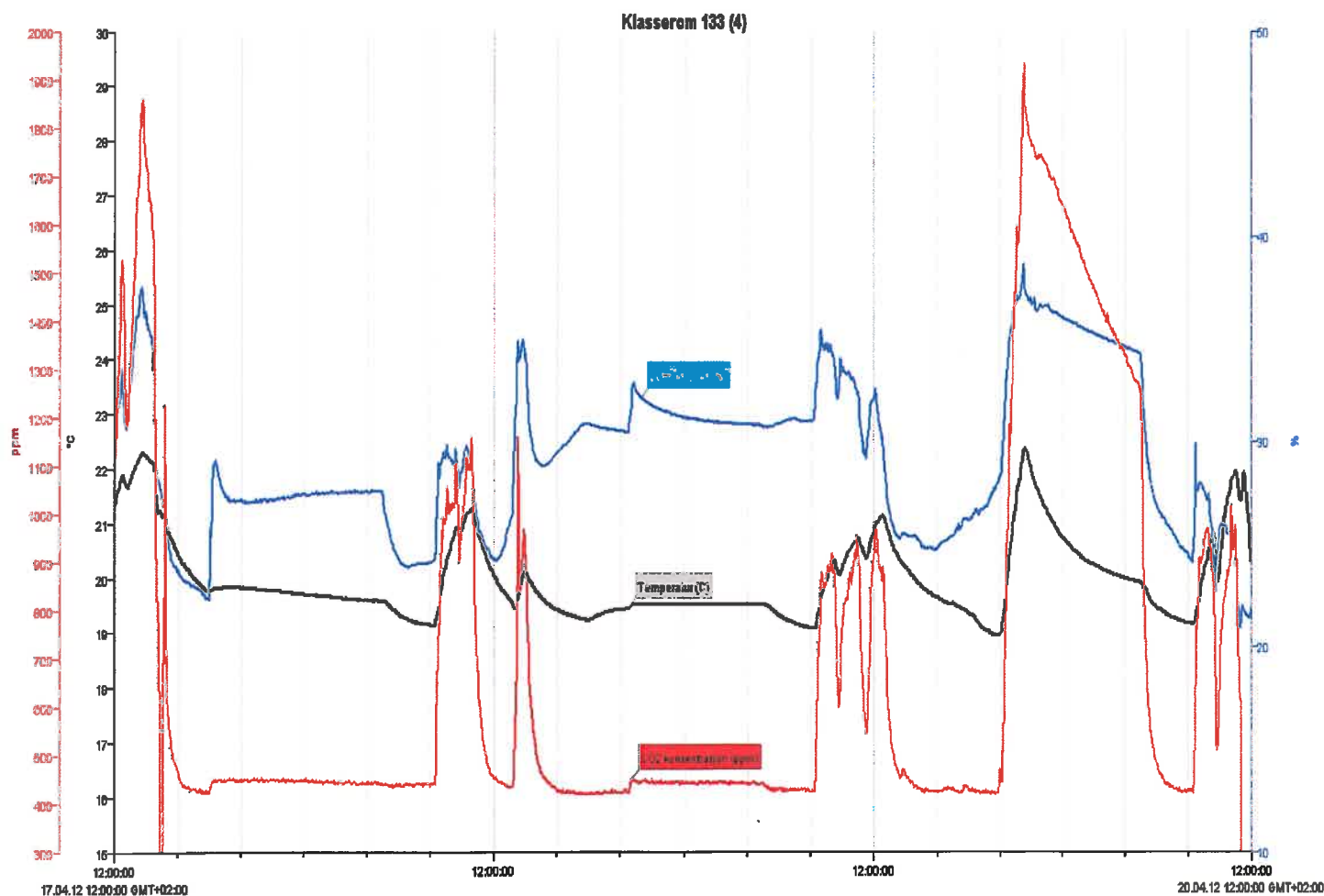
Minste registrerte brukstid var 0 timer, mens lengste registrerte brukstid mellom 8-16 var 5 timer.

I 13 av 30 rom med CO₂-logger, ble det registrert aktivitet etter klokken 16. Lengste registrerte kveldsaktivitet er anslått til 5 timer, men her er det betydelig usikkerhet i forhold til vindusåpning og avslått ventilasjon. Uansett ble det registrert perioder med aktivitet etter skoletid (kl 16) i mer enn 40% av måledøgnene. Noen av disse periodene var lange (> 2 timer) med til dels høye CO₂-konsentrasjoner.. Kortvarige CO₂-topper (typisk <15 min) som kan skyldes rengjøring og lignende, er neglisjert.

Tabell 3. Bruk av skoler 1-7 trinn

Skole	Ant. Rom	Fra dato	Til dato	Snitt bruk, skoletid [tim:min i perioden 8-16]	Snitt areal pr elev ved bruk i skoletid [m ² /elev]	Snitt bruk, etter skoletid [tim:min i perioden 16-8]
Løvenstad	4	18.04.2012	19.04.2012	04:03	5,2	01:11
Bjørndal	5	03.06.2010	04.06.2010	02:39	2,4	00:50
Klemetsrud	4	14.12.2011	19.12.2011	03:53	Mangler data	01:02
Klemetsrud	6	28.05.2009	29.05.2009	03:47	Mangler data	Mangler data
Klemetsrud	7	26.01.2010	28.01.2010	04:14	3,6	Mangler data
Eiganes	2	15.02.2012	16.02.2012	03:22	Mangler data	Mangler data
Snitt				03:40	3,7	01:01

Figur 2 viser resultater fra CO₂- og temperaturlogging i et klasserom. Bruken av rommet er vurdert ut fra bredden på CO₂-toppene. CO₂-nivået dokumenterer bruk av rommet på kveldstid.



Figur 2. Klasserom med CO₂-produserende aktivitet og høyt CO₂-nivå fra klokken 20 den 19.april (kilde: Mycoteam as).

Tabell 4 viser resultatene for en 8-13 skole. CO₂-loggingen ble foretatt i klasserom som ble brukt av 11-13 trinn-elever (videregående skole). Minste registrerte brukstid var 0 timer, mens lengste registrerte brukstid mellom 8-16 var 8 timer.

Det ble ikke registrert CO₂-produserende aktivitet etter klokken 16 i noen klasserom. Maksimal brukstetthet er beregnet ut fra antall sitteplasser og målt areal.

Tabell 4. Bruk av skoler 8-13 trinn

Skole	Antall rom	Fra	Til	Snitt brukstid i skoletiden [tim:min i perioden 8-16]	Snitt maks brukstetthet, estimert [m ² /elev]	Snitt brukstid etter skoletid [tim:min i perioden 16-8]
Bjørnholt	8	11.05.2012	14.05.2012	04:14	2,0	00:00

4 Diskusjon

Gjennomsnittlig brukstid av klasserom i skoletiden var 3 timer og 40 minutter for 1-7 trinn. Dette samsvarer med tidligere studier. Snitt areal pr elev over brukstiden er imidlertid litt høyere enn ved observasjoner gjort i 2002. Dette kan skyldes økt variasjon i undervisningen med mer klassedeling og gruppeoppdeling og økt bruk av andre deler av skolen som undervisningsareal. Et av formålene med skolereformen Kunnskapsløftet var mer individuell tilpasning og man kan tenke seg at større variasjon i undervisningen, blant annet med tilpasset undervisning i mindre grupper, er en logisk konsekvens av dette. Dette studiet er imidlertid ikke tilstrekkelig for å konkludere her.

Referanseundersøkelsen fra 2002 baserte seg utelukkende på observasjoner i løpet av skoledagen. Dette studiet baserer seg på loggede CO₂-verdier i tillegg til egenrapporterte lærerobservasjoner. CO₂-loggingen dokumenter bruk av undervisningsarealene utenom etter ordinær skoletid. Gjennomsnittlig brukstid etter skoletid var 1 time og ca 1/3 av klasserommene hadde CO₂-produserende aktivitet (ble brukt) i tidsperioden 18-24. I denne perioden var ventilasjonsanlegget som oftest avslått og CO₂-nivåene langt over 1000 ppm, noe som normalt blir vurdert som utilfredsstillende i forhold til luftkvalitet.

En av de undersøkte skolene var på 8-13 trinn. Brukstiden på denne skolen var noe lengre og areal pr elev noe lavere enn på 1-7 trinn.

Disse observasjonene dokumenterer at ventilasjonsbehovet varierer og at det er perioder med behov også på kveldstid. CAV-ventilasjon med urstyring vil gi perioder med uakseptabelt inneklime og energisløsing. Uakseptabelt inneklime fordi ventilasjon er avslått når lokalene er i bruk. Energisløsing, fordi tomme lokaler ventileres som om de er i maksimal bruk. Full ventilasjon med begrenset bruk av lokalene, kan også medføre dårligere termisk komfort enn behovsstyrt ventilasjon grunnet lave temperaturer eller høye lufthastigheter.

5 Konklusjon

Observasjonen fra 2002 viste at energisparepotensialet ved å behovsstyre ventilasjon i skoler er stort. I forhold til brukstid har bruken av skoler i undervisningstiden ikke endret seg, men det er en tendens til at areal pr elev kan ha økt noe.

Dette studiet viser at energisparepotensialet ved behovsstyrt ventilasjon er minst like stort som referansestudiet fra 2002. I tillegg dokumenter studiet betydelig bruk av undervisningsrom på barneskolene etter skoletid med utilfredsstillende luftkvalitet når ventilasjonsanlegget er avslått.

CAV-ventilasjon med urstyring, vil gi perioder med uakseptabelt inneklima og energisløsing i norske skoler. Velfungerende behovsstyrt ventilasjon vil bidra til akseptabel luftkvalitet med minimal energibruk og driftskostnad.

6 Finansiering og grunnlagsdata

Dette arbeidet inngår i FoU-prosjektet reDuCeVentilation (www.reduceventilation.no) som er finansiert av Norges forskningsråd, VKE, Undervisningsbygg Oslo KF, Skanska as, Optosense as, Micro Matic Norge as, Swegon AS og TROX Auranor Norge AS.

Takk til Mycoteam as ved Ole Erik Carlson for bidrag med grunnlagsdata.

7 Referanser

Mysen M, Berntsen S, Nafstad P, Schild PG (2005). Occupancy density and benefits of demand-controlled ventilation in Norwegian primary schools. *Energy and Buildings* 37 (2005) 1234-1240.

Vedlegg 1. Egenrapportert bruk av klasserom



Registreringsskjema ved bruk av CO₂-logger

Vedlagte skjema er ment for å avklare personbelastningen (antall personer) tilstede ved CO₂-målinger. Skjemaet fylles ut av lærer.

Prøvested / Bygning: Gamle bygget

Fløy / Rom nr / Klasse: Rom 3

CO₂-logger (nr): 4

Utplassert - Start (dato / tid): 25/1-10 KL12

Hentet - Stopp (dato / tid): 29/1- KL13

Normalt antall elever i klasserommet ved full klasse: 27 + lærer

Oversikt over antall personer i løpet av uken:

Dagen er i skjemaet delt i to deler (før / etter lunsj eller midttime). Hvis klassen har normal undervisning med "full klasse" hele dagen kan kun dette noteres.

Hvis det er store avvik i antall elever en av dagene (skidag, stort sykefravær osv) noteres dette for den aktuelle dagen (for eksempel "ingen undervisning etter midttimen" eller "tomt klasserom hele dagen").

Dag	Noter ca antallet personer	Diverse / kommentarer
Mandag 25/1	Time 1-3:	
	Time 4-6: Full klasse 27 elever	
Tirsdag	Time 1-3: delt / full klasse (15/27)	1 time: 13 elever + lærer 2 time: 20 elever + lærer 3. time: 21 elever + lærer
	Time 4-6:	
Onsdag	Time 1-3: delt / full klasse	1. time: 12 elever + lærer 2. time: 24 elever + lærer 3. time: -
	Time 4-6:	
Torsdag	Time 1-3: full klasse	1. okt: 24 elever + 2 lærer 2. okt: -
	Time 4-6:	3. okt: 24 elever + lærer
Fredag 25/1	Time 1-3: full klasse	1. okt: 25 elever + lærer 2. okt: -
	Time 4-6: full klasse	3. okt: - 4. okt: -