

Energimyndighetens titel på projektet – svenska <b>Anpassning av luftflöden i lokalbyggnader - ett demonstrationsexempel från vårdsektorn</b>	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska <b>Adaptation of ventilation rates - an example from healthcare facilities</b>	
Universitet/högskola/företag <b>Stockholms läns landsting</b>	Avdelning/institution <b>Locum</b>
Adress <b>Box 22550</b>	
Namn på projektledare <b>Lars Ekberg, CIT Energy Management AB</b>	
Namn på ev övriga projektdeltagare <b>Toni Cvetkovic, Annika Karlsson, Pedro Gandra, Locum (med flera)</b>	
Nyckelord: 5-7 st <b>ventilation, luftflöden, energianvändning, luftkvalitet, inomhusklimat</b>	

## Förord

Projektet som redovisas i denna rapport har genomförts med ekonomiskt stöd från Energimyndigheten och med medfinansiering från Locum, Västfastigheter, Vasakronan, Landstingsfastigheter i Värmland och i Dalarna. Dessa organisationer har varit representerade i projektets arbetsgrupp tillsammans Reglyr AB (Locums entreprenör för obligatorisk ventilationskontroll), samt CIT Energy Management AB. Vidare har viktiga insatser i samband med genomförda fältmätningar utförts av Caverion Sverige AB (Locums driftentreprenör på Karolinska sjukhuset).

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	2
Summary .....	2
Inledning/Bakgrund .....	3
Genomförande .....	4
Resultat .....	4
Förstudien och inledande erfarenhetsutbyte .....	4
Fältmätningar Objekt D2, Karolinska sjukhuset.....	8
Fältmätningar Objekt Q10, Karolinska sjukhuset.....	19
Fältmätningar Lilla Bommen, Göteborg.....	25
Diskussion.....	30
Sammanfattande noteringar från fältstudierna.....	30
Checklista.....	31
Bilaga 1. Rumsidentitet och utökat OVK-protokoll Objekt Q10 (2 sidor).....	33
Bilaga 2. Rumsidentitet och utökat OVK-protokoll Objekt D2 (2 sidor).....	35
Bilaga 3. Genomgång av riktlinjer för hygienluftflöde .....	37
Bilaga 4. Grunder beträffande CO <sub>2</sub> som luftkvalitets-indikator .....	39
Bilaga 5. Inverkan av läckage och internt luftutbyte .....	40

## Sammanfattning

En erfarenhet från flera fastighetsförvaltare - speciellt inom vårdlokalsektorn - är att lokalbyggnader i många fall har onödigt och omotiverat höga ventilationsflöden, speciellt vintertid. En konsekvens är att energianvändningen blir onödigt hög, en annan att rumsluften få besvärande låg relativ fuktighet. Det finns flera exempel på lokalfastighetsföretag som därför arbetar aktivt med att i befintliga byggnader anpassa ventilationsflödena med hänsyn till rådande verksamhet och rådande utomhusklimat.

Reduktion av ventilationsflöden kan vara förknippat med risker som måste hanteras - så att tillräckliga hygienflöden och godtagbar luftkvalitet säkerställs. Projektet är inriktat mot kvalitetssäkrat arbete med driftoptimering som innefattar reduktion av ventilationsflöden.

Erfarenheter från flera lokalförvaltande organisationer har samlats in och fältmätningar har genomförts som demonstrationsexempel. En mall för utökad OVK har tagits fram och tillämpats som förberedelse inför genomförandet av flödesanpassningar. Mätningar har genomförts i två vårdbyggnader i på Karolinska sjukhuset och i en kontorsbyggnad i Göteborg. Mätningarna innefattade loggning av temperatur, relativ fuktighet och koldioxidkoncentration.

Med ledning av mätresultatet har en checklista utarbetats beträffande kvalitetssäkrad driftoptimering som bygger på anpassning/reduktion av ventilationsflöden – med eller utan hänsyn till utetemperaturen.

## Summary

Experience from property managers - especially in the healthcare sector - is that in many cases the ventilation rates are unnecessarily high, especially in during the winter. One consequence is that the energy consumption becomes unnecessarily high, another that the indoor climate may suffer from low relative humidity. There are examples of property owners which work actively to adapt the ventilation rates in existing buildings with respect to current activities in the building and the prevailing outdoor climate.

Reduction of ventilation flows can be associated with risks that must be managed in order to ensure adequate airflow rates and acceptable indoor air quality. The project is therefore focused on quality-assured work with building operation involving reducing ventilation flows.

Experience from several building management organizations have been gathered and field measurements have been carried out as demonstration examples. A template for expanded mandatory ventilation checks (OVK) has been developed and applied as preparation for the implementation of flow adjustments. Measurements have been carried out in two health-care buildings at Karolinska Hospital

and in an office building in Gothenburg. The measurements included recording of temperature, relative humidity and carbon dioxide concentration.

Based on the measurement result, a checklist has been prepared regarding quality-assured work with adaptation / reduction of ventilation flows - with or without respect to the outdoor temperature.

## Inledning/Bakgrund

En erfarenhet från flera fastighetsförvaltare - speciellt inom vårdlokalsektorn - är att lokalbyggnader i många fall har onödigt och omotiverat höga ventilationsflöden, speciellt vintertid. En konsekvens är att energianvändningen blir onödigt hög. Dessutom kan rumsluften få besvärande låg relativ fuktighet. Det finns flera exempel på lokalfastighetsföretag som därför arbetar aktivt med att i befintliga byggnader anpassa ventilationsflödena med hänsyn till rådande verksamhet och rådande utomhusklimat. Man försöker åstadkomma lägre energianvändning med bibehållen eller förbättrad kvalitet på inomhusklimatet genom att reducera luftflödena vid kall väderlek och under perioder med litet behov, t ex vid låg personbelastning. Det finns en utbredd uppfattning att det på detta vis även går att markant reducera förekomsten av klagomål på torr luft inne. Endast i undantagsfall finns någon dokumentation beträffande metoder eller utfall.

Förutom stor energibesparingspotential finns risker som måste hanteras så att tillräckliga hygienflöden och godtagbar luftkvalitet säkerställs. Projektet är inriktat mot kvalitetssäkrat arbete med driftoptimering som innefattar reduktion av ventilationsflöden. Erfarenheter från flera lokalförvaltande organisationer har samlats in och fältmätningar har genomförts som demonstrationsexempel.

Projektet har motiverats av att det finns ett stort värde i att fastighetsförvaltande organisationer samverkar bättre kring de energi- och inneklimatrelaterade frågor som uppstår, inte bara när det gäller reducerade ventilationsflöden, utan i samband med driftoptimering av ventilationssystem i stort.

*Projektets mål är att:*

- Dokumentera de samlade erfarenheterna från flera lokalförvaltande organisationer och att gemensamt utarbeta en checklista för kvalitetssäkrat arbete med driftoptimering som bygger på anpassning/reduktion av ventilationsflöden.
- Utarbeta förslag på hur driftoptimeringen ska dokumenteras, exempelvis genom komplettering av driftkort
- Följa upp och dokumentera minst ett genomförande av den aktuella principen för driftoptimering – med ledning av en framtagen checklista.

## Genomförande

I den första etappen av projektet bildades en arbetsgrupp med representanter för Locum, Västfastigheter, Vasakronan, Landstingsfastigheter i Värmland och i Dalarna, Locums OVK-entreprenör (Reglyr), samt CIT Energy Management. Ett heldagsseminarium genomfördes hos Locum och ett web-möte hölls under perioden september – oktober 2017. Därvid utbyttes erfarenheter, diskuterades en mall för utökad OVK och val av studieobjekt i Locums fastighetsbestånd.

I den andra etappen fastställdes mallen för utökad OVK och det praktiska genomförandet planerades genom fastställande av detaljer beträffande mätningarna och val av studieobjekt i Locums fastighetsbestånd. Under 2018 beslutades att utöka projektets experimentella del med mätningar även i en av Vasakronans kontorsfastigheter i Göteborg. Mätningar av temperatur, relativ fuktighet och koldioxidkoncentration har genomförts i följande lokaler:

- Objekt Q10: Barnakuten Karolinska sjukhuset (november 2017 och februari 2018)
- Objekt D2: Vårdbyggnad vid Karolinska sjukhuset med undersökningsrum, dagvård och expeditioner. (februari – mars 2018)
- Lilla Bommen 1, Kontorsfastighet i Göteborg (januari-mars 2019)

Innan mätningarna startade i Objekt Q10 och Objekt D2 utfördes utökad OVK enligt protokoll som visas i Bilaga 1 och 2. Lilla Bommen 1 är ett kontorshus där fastighetsägaren redan sedan flera år anpassar luftflödet med hänsyn till utetemperatur och verksamhetstid. Där genomfördes ingen utökad OVK.

Med ledning av mätresultatet har en checklista och förslag på dokumentation utarbetats beträffande driftoptimering som bygger på anpassning/reduktion av ventilationsflöden.

## Resultat

### Förstudien och inledande erfarenhetsutbyte

Vintern 2016-17 genomförde Locum en förstudie med syfte att granska föreskrivna luftflödesnivåer och att ta fram ett underlag för bedömning av möjligheterna att åstadkomma effektivare energianvändning genom anpassning av ventilationsflöden enligt ovan nämnda princip. De inledande diskussionerna i projektets arbetsgrupp bekräftade resultatet av förstudien. Resultatet av diskussionerna kan sammanfattas med följande punkter:

- Flera lokalfastighetförvaltande företag tillämpar utetemperaturkompenserade ventilationsflöden sedan många år.
- Intervjuer med representanter för tre förvaltare av landstingsfastigheter och ytterligare ett fastighetsföretag utanför vårdsektorn visade att det finns

en uttalad vilja att dela med sig av sina erfarenheter (Locum, Västra Götaland, Dalarna, Värmland och Vasakronan).

- Äldre lokaler med kontorsverksamhet eller liknande har ofta konstanta luftflöden (CAV) under verksamhetstid. Dessutom är de ofta dimensionerade för kylbehovet sommartid, ibland med flöden uppåt 2 – 3 l/s per m<sup>2</sup> golvarea. Vintertid är behovet snarare under 1 l/s per m<sup>2</sup>.
- Tillgängliga loggningar utförda i några av Locums lokaler visade genomgående mycket låg koncentration av koldioxid i rumsluften vilket är en indikation på att luftflödena, ur lufthygiensynpunkt, är onödigt höga i allmänna lokaler, såsom kontor, mötesrum, expeditioner etc.
- Det tycks alltså finnas möjligheter att vintertid reducera ventilationsflödena utan att bryta mot gällande krav och riktlinjer. Det är en grundläggande förutsättning att inte tillåta lägre luftflöden än vad som anges av gällande föreskrifter och kravspecifikationer.
  - I Bilaga 3 återges en genomgång av riktlinjer för hygienluftflöden. Texten har hämtats från Locums förstudie 2016.
  - Arbetet förutsätter att koncentrationen av koldioxid kan användas som en indikator på luftflödets storlek.
  - Bilaga 4 återfinns diagram som visar, dels sambandet mellan ventilationsflödets storlek och koldioxidkoncentrationen vid jämvikt, dels resultatet av några undersökningar av hur folk uppfattar luftkvaliteten vid olika CO<sub>2</sub>-koncentration.
- Representanter för fastighetsförvaltare inom flera landsting menar att det ofta finns utrymme att reducera flödena till ca 70 - 80% av fullflöde vid kall väderlek. Det finns även exempel där man halverat luftflödena. Det handlar då sannolikt om byggnader med höga flöden för borttransport av överskottsvärme sommartid – där de höga flödena bibehålls även vintertid.
- Inverkan av klimatskärmens täthet och intern luftväxling kan påverka luftflöde och borttransport av värme och luftföroreningar. Dessa faktorer behandlas kort i Bilaga 5.
- Teoretiska beräkningar visar att om flödet sänks till ca 80 % av fullflöde vid kall väderlek kan energibehovet förväntas minska med 15 - 25%, både när det gäller värmning av tilluft och el till fläktdrift. Om flödet istället som mest halveras förväntas energibesparingen uppgå till mellan 30% och 50%, beroende på vilken kurva som väljs för utetemperaturkompenseringen. Dessa siffror gäller vid oförändrad konstant tilluftstemperatur. Om tilluftstemperaturen sänks i samband med flödesreduktionen blir behovet av eftervärmning väsentligt lägre.
- Implementering av utetemperaturanpassade ventilationsflöden bör planeras, följas upp och dokumenteras noggrant för att undvika att de reducerade luftflödena får negativa konsekvenser, exempelvis::

- att ventilationsflödet blir lägre än normenligt, i enstaka rum, eller generellt i hela huset
- att ventilationsflödet blir så lågt att luftomblandningen / ventilationseffektiviteten försämras påtagligt
- att ventilationsflödet blir så lågt att det uppstår kallras från tilluftsdon
- att rummets temperatur påverkas negativt på grund av att värmebalansen ändras
- att tryckförhållandena i huset påverkas negativt om tilluftsfläkt och frånluftsfläkt inte regleras på rätt sätt och om utetemperaturpassad ventilation endast införs i en del av ett hus, men inte i en annan del av samma hus, där flera luftbehandlingsaggregat kan påverka varandra.
- att brukarna upplever en försämring av luftens kvalitet
- att OVK inte blir godkänd
  - Det finns exempel där OVK-kontrollen har kunnat utföras och godkännas vid rådande driftfall vid det flöde som råder för stunden. Detta har då förutsatt att driftkort är kompletterade med detaljerad beskrivning av hur anpassningen av ventilationsflödet sker med hänsyn till utetemperatur och verksamhetstider.
  - Det har påpekats att OVK-kontrollen ska utföras för att visa att systemet ger de projekterade luftflödena. I det sammanhanget har det också argumenterats mot att tillfälligt återställa systemet till nominellt flöde (fullflöde) för att erhålla godkänt OVK-resultat.

Erfarenhetsutbytet mellan de medverkande i projektets inledning kan sammanfattas med följande punkter, som måste vara avklarade/verifierade innan någon optimering av luftflödena kan påbörjas:

- Rätt funktion ska finnas på anläggningen och samverkande system
  - Se byggnaden, byggnadens tekniska system och verksamheten som en helhet
  - Säkerställ att luftflödena är kontrollerade och korrekta i förhållande till projekterade värden
  - Säkerställ rätt temperatur i byggnaden och i systemet

- Det får inte finnas misstanke om att det förekommer byggnadsrelaterad ohälsa, eller att det finns fuktrelaterade problem som kan leda exempelvis till mikrobiell växt
- Det ska finnas uppdaterade och aktuella DU-instruktioner, ritningar mm
- Ventilationsanläggningen ska vara ren och prydlig. Eventuella fel och brister ska kartläggas analyseras och åtgärdas innan optimeringen

### Fältmätningar Objekt D2, Karolinska sjukhuset

Objekt D2 är en vårdbyggnad med undersökningsrum, dagvård och expeditioner. Huset har tio våningar över markplanet. Mätningarna genomfördes under en period i mitten-slutet februari 2018 med normala/nominella luftflöden. Vid slutet av februari - början mars 2018 reducerades luftflödet till 80% av nominellt och nya mätningar utfördes.

I redovisningen nedan behandlas mätningar utförda på plan 3. Inledningsvis redovisas resultaten från ett utvalt typiskt rum. Därefter visas en sammanfattning av uppmätta CO<sub>2</sub>-halter i samtliga rum.

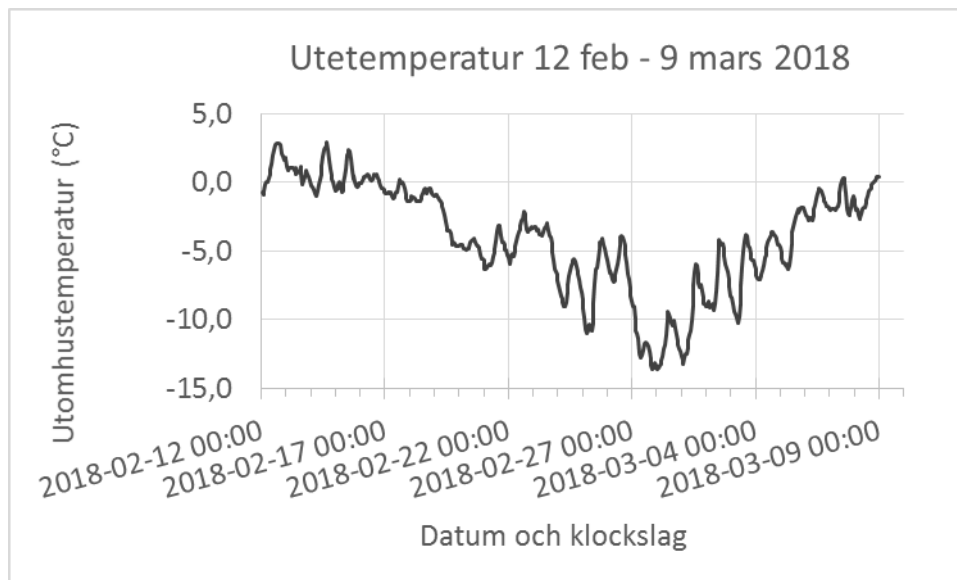
Det utomhusklimat som rådde under mätperioderna sammanfattas i Tabell 1 samt i Figur 1 och Figur 2. Mätdata med fullflöde (Period 1) loggades 12 - 23 februari, medan data med reducerat luftflöde (Period 2) loggades 25 februari – 9 mars.

Mätserierna omfattar nio arbetsdagar med fullflöde och ytterligare nio arbetsdagar med reducerat luftflöde.

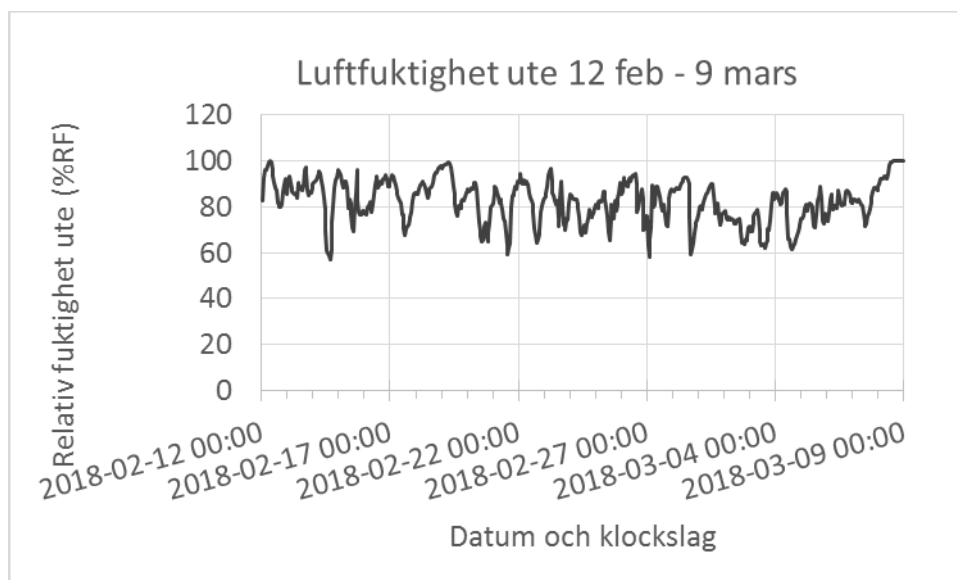
**Tabell 1.** Utomhusklimat enligt loggningar av Miljöförvaltningen i Stockholm. Data från Torkel Knutssonsgatan.

Storhet	Period 1 D2 (12 - 23 feb 2018)	Period 2 D2 (25 feb – 9 mars 2018)
Utetemperatur	-1,6°C (-6,7° till +2,9°C)	-6,1°C (-13,6° till +0,4°C)
Relativ fuktighet ute	85 %RF (57 - 100 %RF)	81 %RF (58 - 100 %RF)
Solinstrålning	39 W/m <sup>2</sup> (0 - 359 W/m <sup>2</sup> )	61 W/m <sup>2</sup> (0 - 423 W/m <sup>2</sup> )
Vindhastighet	2,9 m/s (0,7 – 7,9 m/s)	3,7 m/s (1,1 – 9,1 m/s)
Vindriktning	155° (SSO)	73° (ONO)





**Figur 1.** Uppmätt utomhustemperatur under mätperioden i Objekt D2 (Data för Torkel Knutssonsgatan från Stockholms Stads miljöövervakning). Försök med 100 % luftflöde 12 - 23 februari. Försök med 80% flöde 25 februari till 9 mars. Tilluftstemperaturen sänktes med 1°C den 2 mars (från 19,4°C till 18,4°C).



**Figur 2.** Uppmätt relativ fuktighet utomhus under mätperioden i Objekt D2 (Data för Torkel Knutssonsgatan från Stockholms Stads miljöövervakning). Försök med 100 % luftflöde 12 - 23 februari. Försök med 80% flöde 25 februari till 9 mars.

I Tabell 2 sammanfattas mätdata från rum 3006. Enligt OVK-dokumentation är detta rum projekterat som expedition för tre personer rummet har en golvarea om 10,9 m<sup>2</sup>. Det projekterade ventilationsflödet är 25 l/s och OVK-kontrollen visade

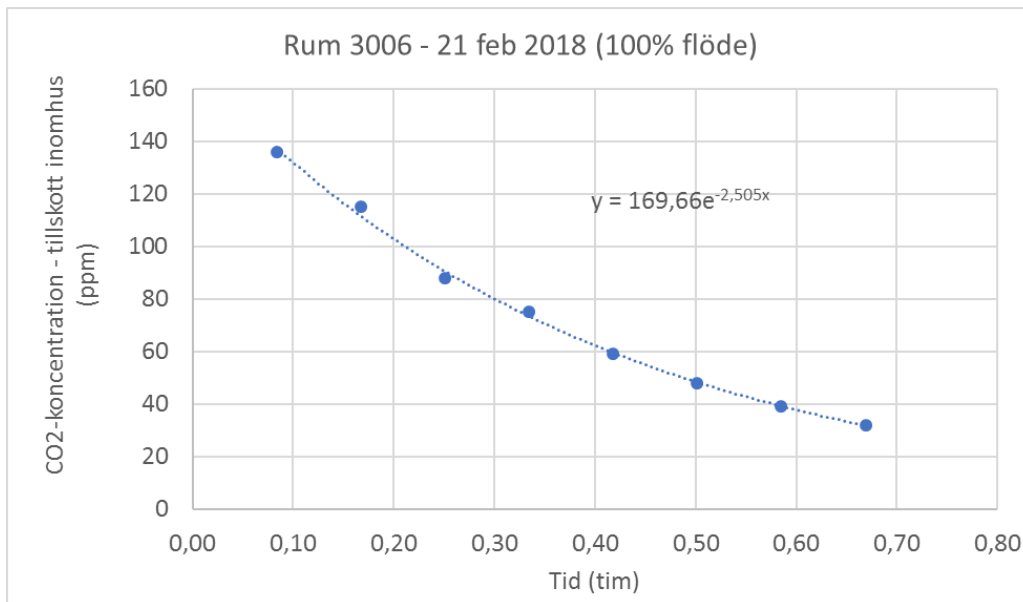
att detta uppfylldes (uppmätt 24,8 l/s). Detta flöde uppfyller Arbetsmiljöverkets råd om minst 0,35 l/s per m<sup>2</sup> golv plus 7 l/s per person.

Den faktiska användningen av rummet vid tiden för de här redovisade mätningarna var mottagning/undersökningsrum enligt dokumentationen från den utökade OVKn. Enligt LOCUMs riktlinjer ska då ventilationsflödet vara 3 l/s per m<sup>2</sup> golvarea, dvs 33 l/s i det aktuella rummet.

Rummets takhöjd är drygt 2,7 m och dess fria luftvolym ca 30,1 m<sup>3</sup>. Detta innebär att det projekterade ventilationsflödet motsvarar 3 luftomsättningar per tim.

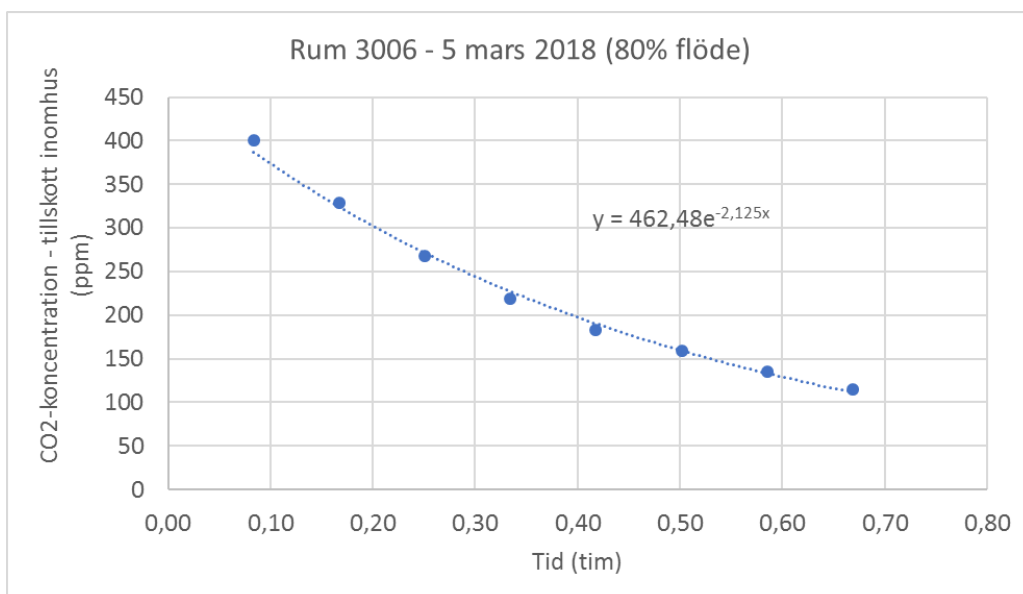
**Tabell 2.** Sammanfattning av mätresultat från Rum 3006, Objekt D2.

Storhet	Period 1 (12-23 feb 2018)	Period 2 (25 feb – 9 mars 2018)	Anm.
Luftomsättning Enligt analys av CO <sub>2</sub> -avklingning	2,3 – 2,5 oms/tim	1,9 – 2,1 oms/tim	Projekterat flöde motsvarar 3,0 oms/tim
CO <sub>2</sub> -koncentration	Max: 934 ppm Över 900 ppm under 0,75 tim Över 1000 ppm under 0 tim Över 450 ppm under 80 tim	Max: 1116 ppm Över 900 ppm under 5,3 tim Över 1000 ppm under 1,8 tim (2% av arbetstiden) Över 450 ppm under 113 tim	Verksamhetstid 7.30-16.00 må-fr  8,5 tim/dag (77 arbetstimmar per period)
Rumstemperatur	Max: 23,4°C Över 23°C under 2,25 tim  Min: 21,6°C Under 21°C under 0 tim	Max: 23,1°C Över 23°C under 0,75 tim  Min: 20,9°C Under 21°C under 1,5 tim	Period 2 hade kallare väder än Period 1, vilket påverkat värme-systemets drift, vilket i sin tur kan förklara skillnaderna i rumstemperatur under de två perioderna.
Relativ fuktighet	Max 24,1 %RF Min 10,7 %RF  Under 15 %RF under 0,75 tim	Max 25,7 %RF Min 6 %RF  Under 15 %RF under 194 tim	Period 2 var ute-klimatet kallare och torrare än Period 1, vilket helt förklarar den lägre relativa fuktigheten



**Figur 3.** CO<sub>2</sub>-koncentrationens avtagande efter arbetsdagens slut den 21 februari. En regressionsanalys av koncentrationens värdena indikerar att ventilationsflödet vid mättillfället motsvarade 2,5 oms/tim.

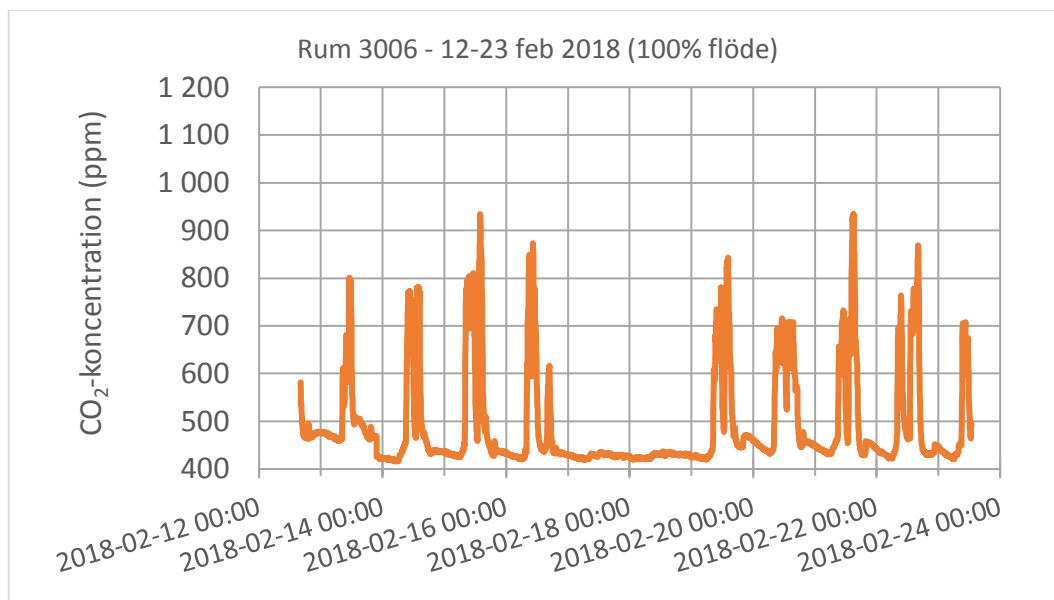
Avklingningen av koldioxidkoncentrationen i Figur 3 motsvarar 2,5 oms/tim. Det projekterade tilluftsflödet motsvarar 3,0 oms/tim. Den luftomsättning som erhålls från avklingningen av CO<sub>2</sub> är således 84 % av uppmätt tilluftsflöde.



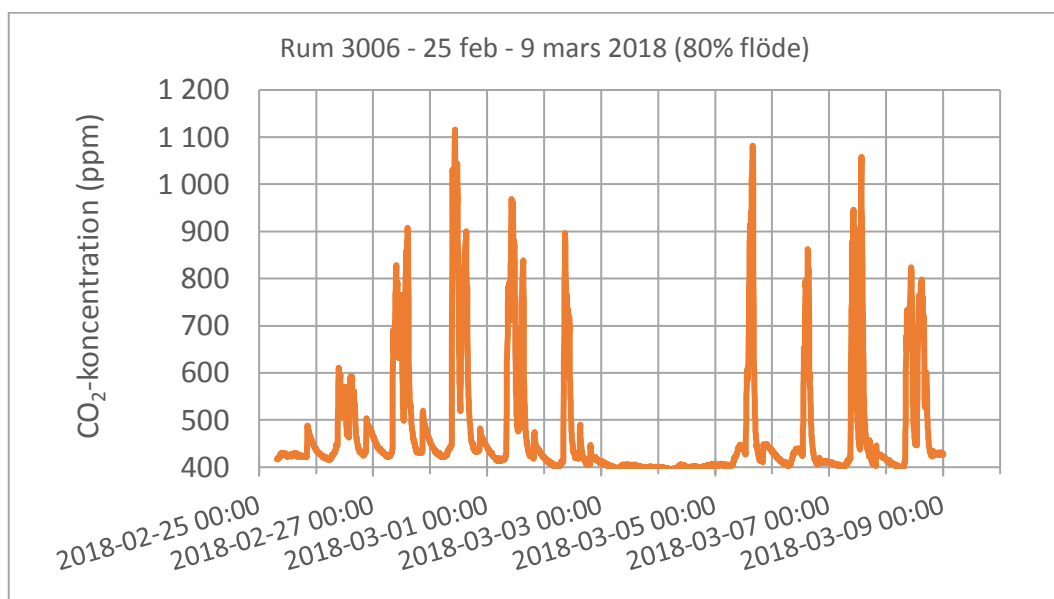
**Figur 4.** Avklingning av CO<sub>2</sub>-koncentrationen efter sänkning av luftflödena till 80 % av nominellt. Avklingningen i diagrammet motsvarar 2,1 oms/tim, vilket är 85 % den luftomsättning som mättes innan luftflödet sänktes.

Avklingningsmätningarna i Figur 3 och 4 visade alltså lägre värde på luftomsättningen än vad den teoretiskt borde vara enligt projekterade värden och enligt OVK-resultatet. Orsaken till detta har inte klarlagts. Resultatet antyder dock att det vore tveksamt eller felaktigt att anta att infiltrationen genom byggnads skalet skulle kunna adderas till det ”renande” luftflödet.

I Figur 5 och Figur 6 visas uppmätt koldioxid under Period 1 och Period 2 (före och efter reduktionen av luftflödet).



**Figur 5.** CO<sub>2</sub>-koncentration uppmätt i rum 3006 vid 100% av nominellt flöde

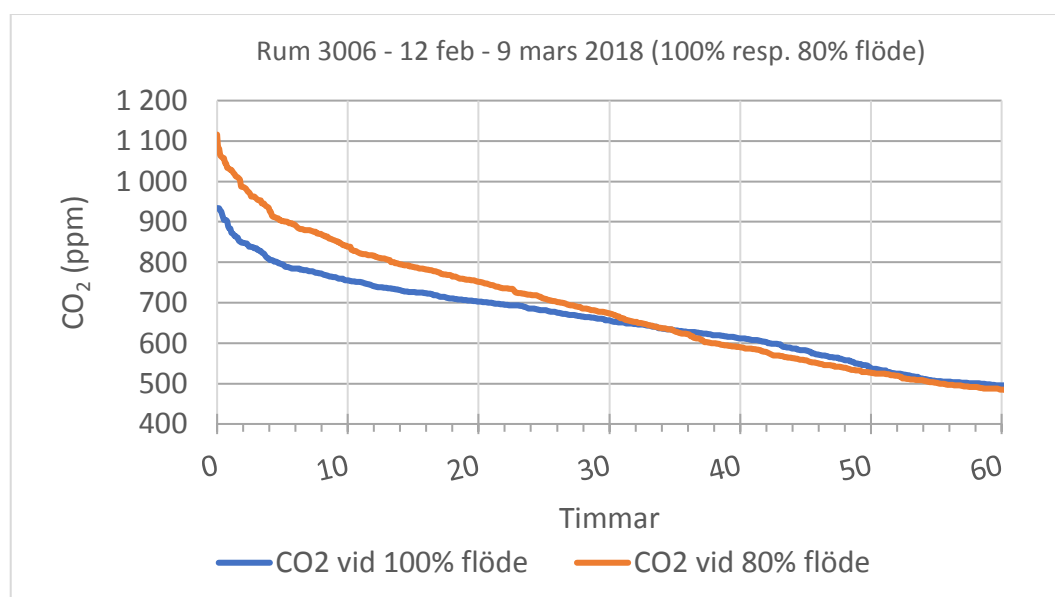


**Figur 6.** CO<sub>2</sub>-koncentration uppmätt i rum 3006 vid 100% av nominellt flöde

Figur 5 och Figur 6 visar att CO<sub>2</sub>-koncentrationen var något lägre under Period 1 med fullflöde jämfört med Period 2 då flödet sänkts till 80 % av fullflöde. Under den sistnämnda perioden översteg CO<sub>2</sub>-koncentrationen 1000 ppm vid tre tillfällen (tre olika dagar).

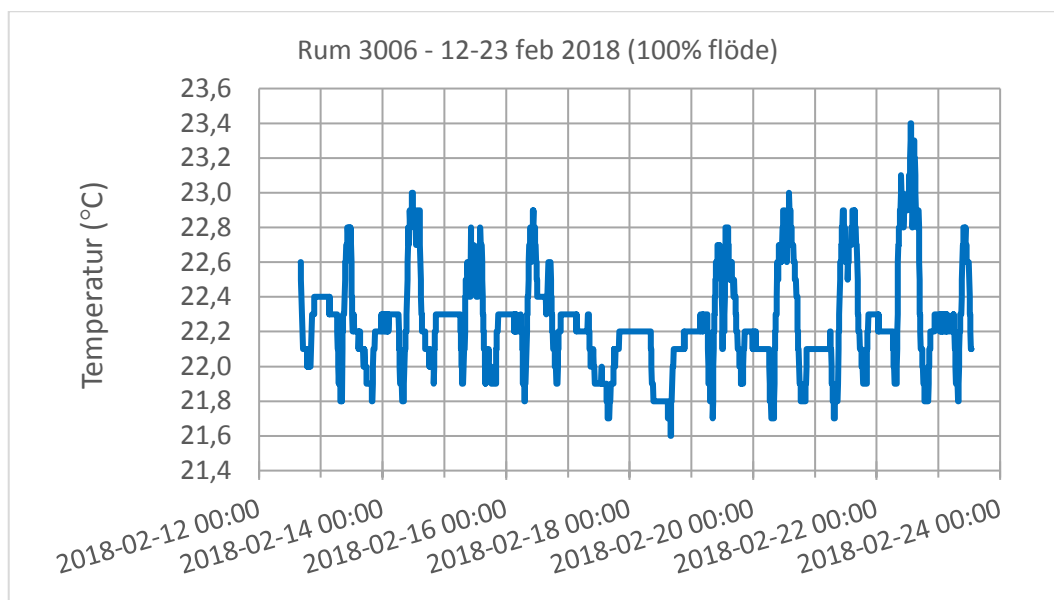
För att underlätta en närmare jämförelse har CO<sub>2</sub>-haltens koncentration sorterats i sjunkande ordning i Figur 7. På så vis kan koncentrationens varaktighet illustreras, och diagrammet visar bl a att koncentrationen var över 800 ppm under knappt 5 timmar vid det nominella luftflödet (100%). Då luftflödet reducerats till 80% var motsvarande siffra ca 14 timmar.

Hela mätperioden omfattar nio arbetsdagar med 8,5 timmar per arbetsdag, se Figur 5 och Figur 6. Efter reduktionen av luftflödet var CO<sub>2</sub>-koncentrationen över 800 ppm under 18 % av tiden. Koncentrationen var över 1000 ppm under 2 % av tiden.

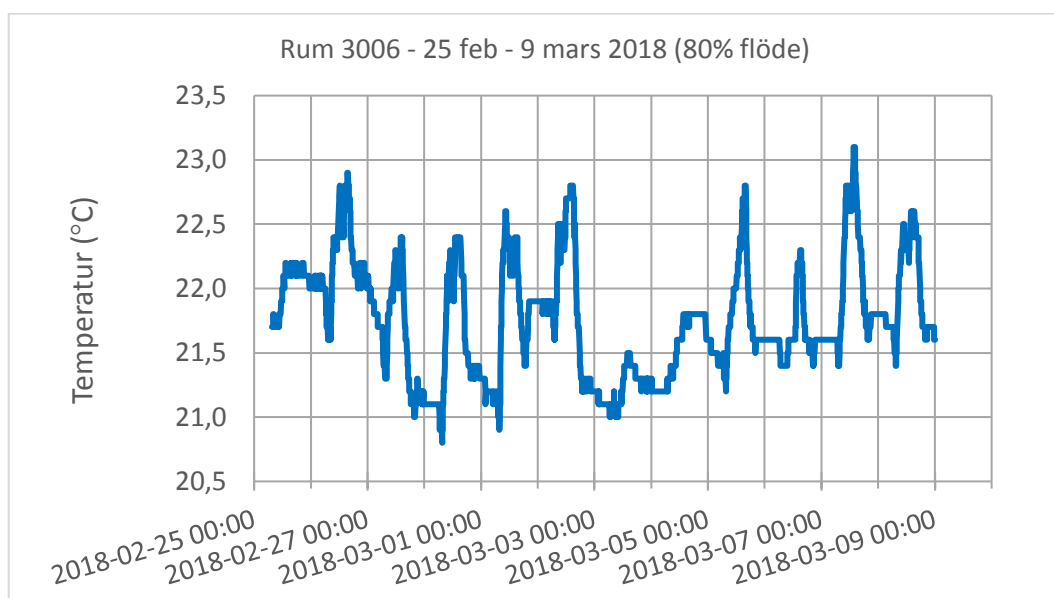


**Figur 7.** CO<sub>2</sub>-koncentrationens varaktighet i rum 3006, dels vid 100% av nominellt flöde, dels vid 80% av nominellt flöde.

I Figur 8 och Figur 9 redovisas de rumstemperaturer som uppmättes under de två perioderna. Under perioden med fullflöde var temperaturen typiskt inom intervallet 22 - 23 grader C. Under perioden med reducerat luftflöde var temperaturen något lägre, speciellt tidiga morgnar. Mätvärdena tyder således inte på att sänkningen av luftflödet lett till högre rumstemperatur p g a lägre kyleffekt. Den 2 mars sänktes tilluftstemperaturen 1 grad C. Den åtgärden återspeglas emellertid inte i den uppmätta rumstemperaturen. Mätperioden var sannolikt för kort och variationer i verksamheten kan ha överskuggat effekten av den sänkta tilluftstemperaturen.

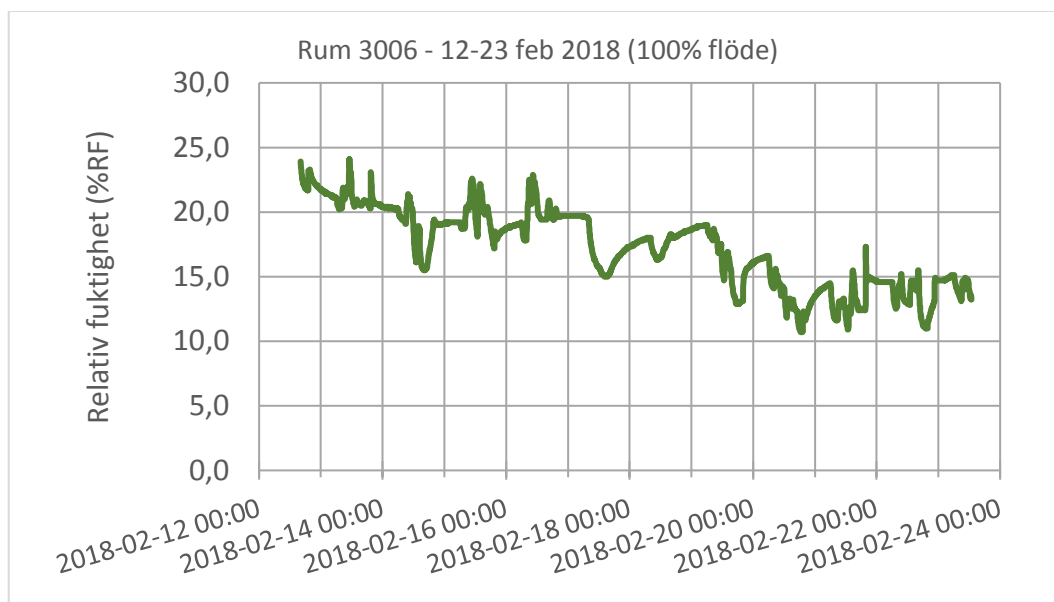


**Figur 8.** Temperatur uppmätt i rum 3006 vid 100% av nominellt flöde

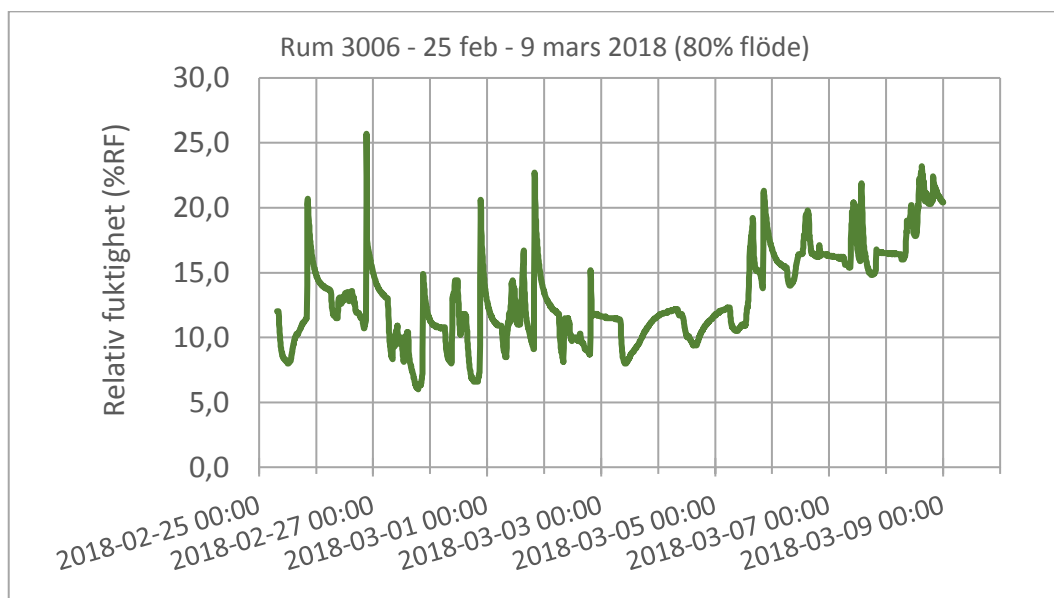


**Figur 9.** Temperatur uppmätt i rum 3006 vid 80% av nominellt flöde

I Figur 10 och Figur 11 redovisas de värden på den relativa fuktigheten som uppmättes i rum 3006 under de två perioderna. Under perioden med fullflöde var den relativa fuktigheten i genomsnitt klart högre än vad som var fallet under perioden med reducerat flöde. Den lägre relativ fuktigheten under den andra mätperioden kan förklaras helt och hållet med att det var kallare och torrare utomhus under den andra perioden.



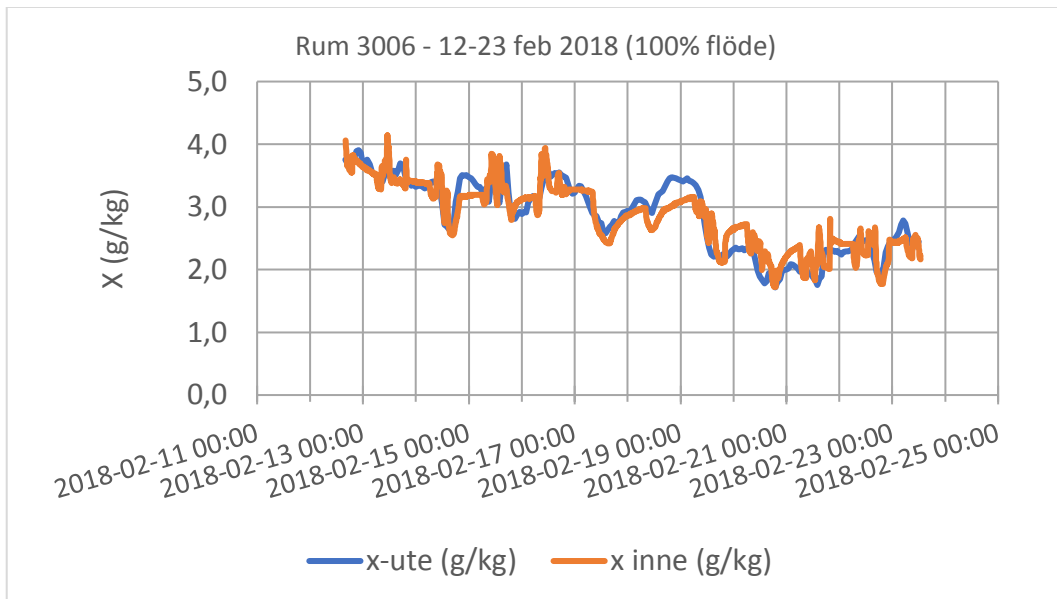
**Figur 10.** Relativ fuktighet uppmätt i rum 3006 vid 100% av nominellt flöde



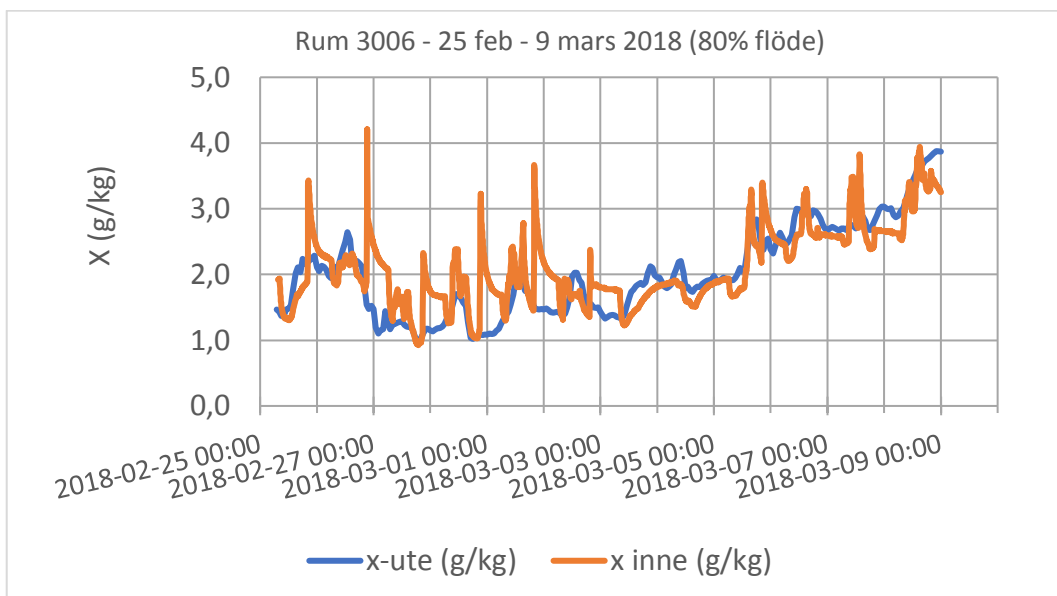
**Figur 11.** Relativ fuktighet uppmätt i rum 3006 vid 80% av nominellt flöde

De uppmätta temperaturerna och värdena på den relativa fuktigheten har räknats om till absolut vatteninnehåll. Resultatet av beräkningen redovisas i Figur 12 för period 1 och i Figur 13 för period 2. Figuren visar att det endast var en liten skillnad mellan det absoluta vatteninnehållet inne och det utomhus, åtminstone

under huvuddelen av de undersökta perioderna. Således visar figurerna att den interna genereringen av typiskt vattenånga är liten.



**Figur 12.** Absolut vatteninnehåll, x, ute och i rum 3006 vid 100% av nominellt flöde

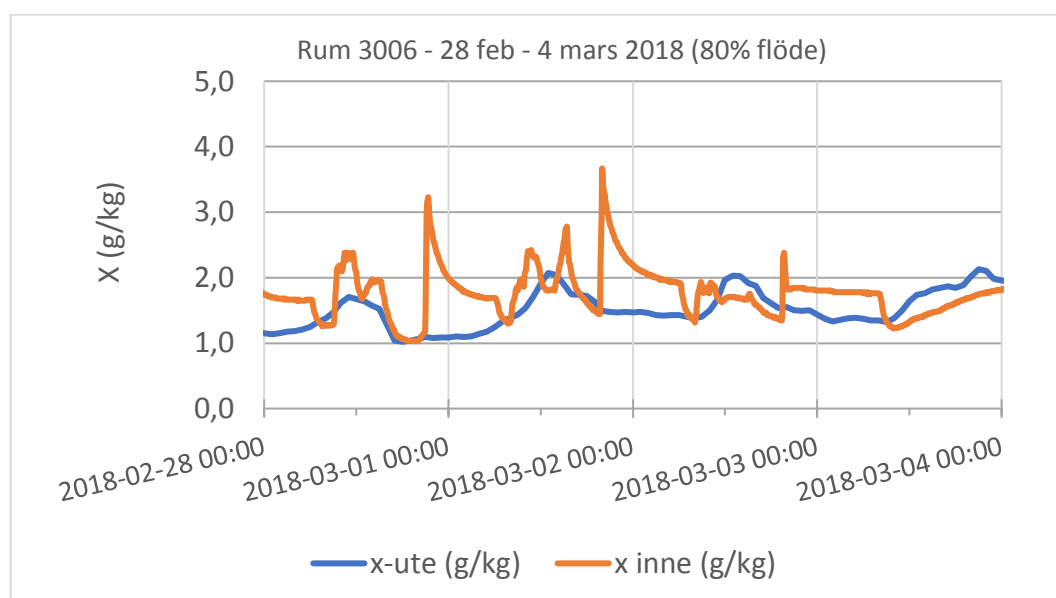


**Figur 13.** Absolut vatteninnehåll ute och i rum 3006 vid 80% av nominellt flöde



Som påpekats ovan visar Figur 12 och Figur 13 att den interna genereringen av vattenånga typiskt är liten. Dock syns några undantag till detta i Figur 13, speciellt under kvällar och nätter till och med den 3 mars. Värdena för denna period visas i Figur 14. Då syns kvällstid, efter ordinarie arbetstid, och efter det att ventilations-systemet stoppats, tämligen kraftiga ökning av rumsluftens absoluta vatteninnehåll. Ganska snart börjar vatteninnehållet avta. På morgonen, vid den tidpunkt då ventilationen startar igen, sjunker vatteninnehållet snabbt ytterligare, till ett värde som sammanfaller med vatteninnehållet i utomhusluften.

Det observerade förloppet kan möjligen förklaras av att lokalvården våttorkar golvet på kvällen. Eftersom ventilationen är avstängd ”hänger fukten kvar” i stort sett hela natten. När ventilationen startar igen på morgonen ventileras det sista fuktöverskottet snabbt ut.



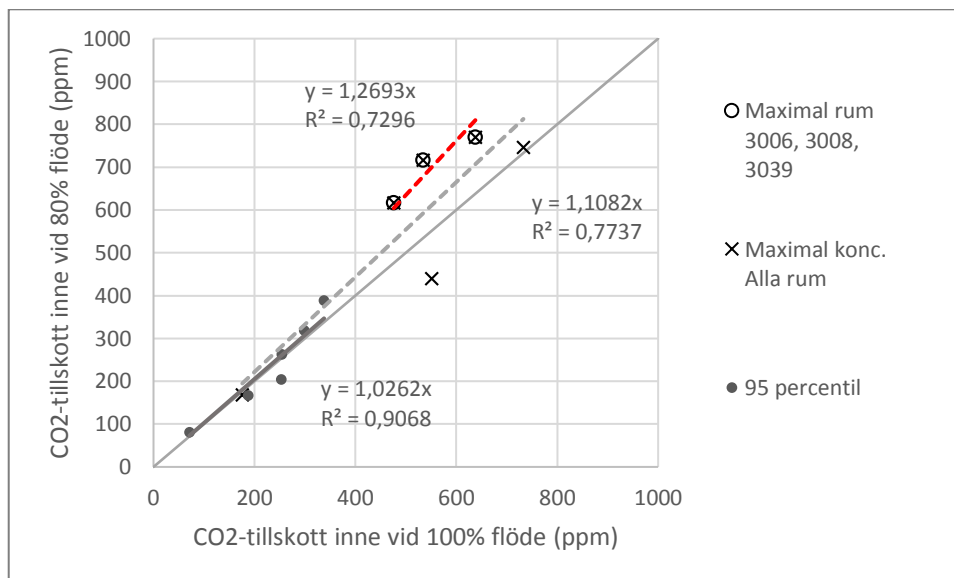
**Figur 14.** Absolut vatteninnehåll,  $x$ , ute och i rum 3006 vid 80% av nominellt flöde för fyra av de mät dagar som visas i föregående figur.

I Figur 15 sammanfattas uppmätta  $\text{CO}_2$ -koncentrationer i samtliga sex undersökta rum på plan 3 i Objekt D2 på Karolinska sjukhuset, vid fullflöde och vid 80% av fullflöde. Uteluftens koncentration, ca 400 ppm, har subtraherats från rumsluftens koncentration. Diagrammet visar således tillskottet av  $\text{CO}_2$  inne.

Tre rum (3006, 3008 och 3039) uppvisar större skillnad i uppmätt maxkoncentration mellan de två flödena, jämfört med övriga rum. Dessa redovisas med en separat regressionslinje markerad med rött som visar att koldioxidtillskottet vid maximal rumskoncentration i dessa tre rum i genomsnitt var ca 27% högre vid det reducerade luftflödet jämfört med koncentrationen vid fullflöde. Notera att en reduktion av luftflödet till 80% av fullflöde teoretiskt borde ge en ökning av koncentrationen med 25%. Vidare kan man notera att det endast var i ett av dessa tre

rum som den maximalt uppmätta koncentrationen översteg 1000 ppm, nämligen rum 3039 där koncentrationen som mest nådde 1170 ppm.

I diagrammet visas även CO<sub>2</sub>-koncentrationens ”95-percentil”, vilket är den koncentration som underskrids under 95% av tiden. När detta mått jämförs syns praktiskt taget ingen skillnad mellan de båda luftflödena.



**Figur 15.** Sammanställning av uppmätt tillskott av CO<sub>2</sub> inne vid fullflöde och vid 80% av fullflöde i Objekt D2 plan 3. Koncentrationen ute var ca 400 ppm. Tre rum (3006, 3008 och 3039) uppvisar större skillnad mellan de två flödena än övriga rum. Dessa redovisas med en separat regressionslinje markerad med rött.

### Fältmätningar Objekt Q10, Karolinska sjukhuset

Objekt Q10 är en barnakutmottagning inhyst i en paviljongbyggnad i ett plan. Användningen av olika rum har förändrats avsevärt sedan huset och dess ventilationssystem projekterades. Det finns ett klart behov att anpassa ventilationsflödena med hänsyn till detta. Rumsidentiteter och utökat ovk-protokoll visas i Bilaga 2.

Mätningar genomfördes under en period i november 2017 med normala/nominella luftflöden. I februari 2018 utfördes nya mätningar när luftflödet reducerats till 75% av nominellt.

**Tabell 3.** Utomhusklimat enligt loggningar av Miljöförvaltningen i Stockholm. Data från Torkel Knutssongatan.

Storhet	Period 1 Q10 (16 - 28 nov 2017)	Period 2 Q10 (24 feb – 8 mars 2018)
Utetemperatur	+2,6°C (-4,6° till +8,2°C)	-4,9°C (-13,6° till +0,6°C)
Relativ fuktighet ute	89 %RF (61 - 99,8 %RF)	82 %RF (58 - 100 %RF)
Solinstrålning	14 W/m <sup>2</sup> (0 - 205 W/m <sup>2</sup> )	55 W/m <sup>2</sup> (0 - 423 W/m <sup>2</sup> )
Vindhastighet	3,7 m/s (0,4 – 8,2 m/s)	3,3 m/s (0,7 – 9,1 m/s)
Vindriktning	228° (SV)	94° (O)

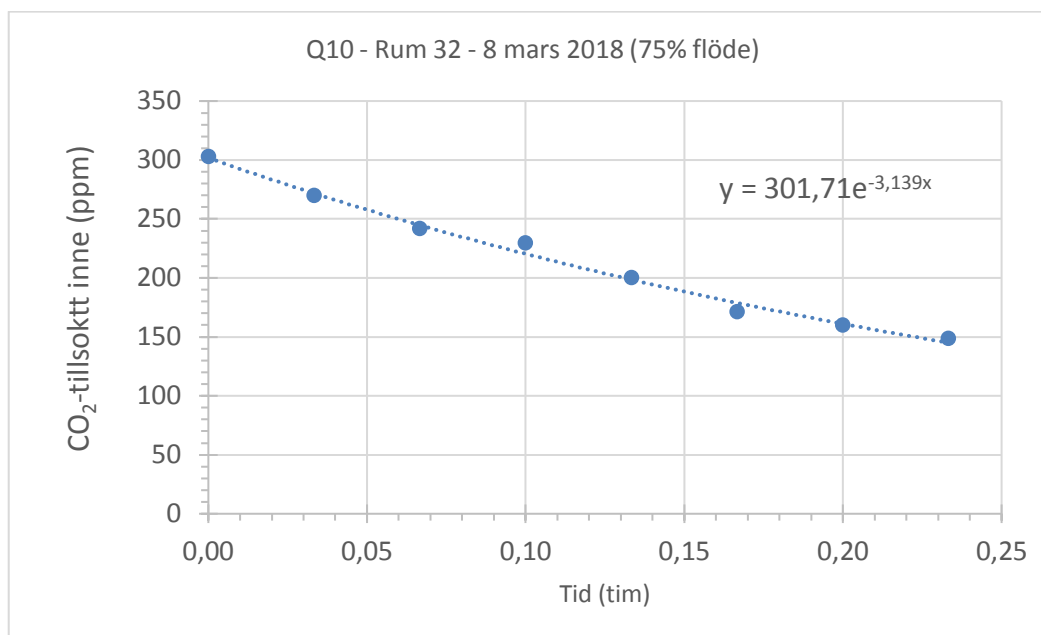
I Tabell 4 sammanfattas mätdata från två rum (rum nr 5 och nr 32). Enligt OVK-dokumentation är dessa rum projekterade som expedition för fyra personer, respektive undersökningsrum för upp till fyra personer. Expeditionen (rum 5) har en golvarea på 8,1 m<sup>2</sup> och ett tilluftsflöde på 31 l/s (projekterat 30 l/s). Undersökningsrummet (rum 32) har en golvarea på 13,4 m<sup>2</sup> och ett tilluftsflöde på 51 l/s (projekterat 50 l/s). Tillsammans med uppgift om rummets takhöjd innebär dessa siffror att ventilationsflödet båga rummen motsvarar 5,1 luftomsättningar per tim.

I rum 32 motsvarar alltså det projekterade och uppmätta tilluftsflödet 5,1 oms/tim. Ett flöde som reducerats till 75% motsvarar därför 3,8 oms/tim. Den avklingning av koldioxidkoncentrationen som visas i Figur 16 uppmättes vid 75% av fullflöde och motsvarar 3,1 oms/tim. Den luftomsättning som kan beräknas från avklingningen av CO<sub>2</sub> är således 82 % av uppmätt tilluftsflöde.

Avklingningsmätningen i Figur 16 visade alltså lägre värde på luftomsättningen än vad den teoretiskt borde vara enligt projekterade värden och enligt OVK-resultatet. Orsaken till detta har inte klarlagts, men samma observation gjordes för övriga rum i Objekt Q10 och i det tidigare redovisade Objekt D2. Åter antyder resultatet att det vore tveksamt eller felaktigt att anta att infiltrationen genom byggnadsskalet skulle kunna adderas till det ”renande” luftflödet.

**Tabell 4.** Sammanfattning av mätresultat från sju undersökta rum i Objekt Q10. Loggningar av CO<sub>2</sub>, temp och relativ luftfuktighet gjordes i rum sju rum (rum nr 4, 5, 6, 9, 16, 27 och 32).

Storhet	Period 1 (16 - 28 nov 2017)	Period 2 (24 feb – 8 mars 2018)	Anm.
Luftomsättning Enligt analys av CO <sub>2</sub> -avklingning	Exempel två rum:  Rum 5: 3,9 oms/tim Rum 32: 4,6 oms/tim	Samma två rum:  2,6 oms/tim 3,1 oms/tim	Projekterat fullflöde motsvarar 5,1 oms/tim i båda rummen
CO <sub>2</sub> - koncentration	Max: 755 – 1000 ppm 95%-il: 593 – 853 ppm  <i>(95% av tiden var koncentrationen under de angivna värdena)</i>	Max: 946 – 1315 ppm 95%-il: 640–1038 ppm	Verksamhetstid 7.30-22.30 må- sö. 15 tim/dygn = 195 tim
Rumstemperatur	Medel: 20,6 - 22,8 °C Max: 22,2 - 24,5 °C 95%-il: 21,3 - 24,3 °C	Medel: 19,8 - 21,1°C Max: 21,1 - 22,0°C 95%-il: 20,9 - 21,9 °C	Ca 1 - 2 grader svalare period 2
Relativ fuktighet	Medel: 22 – 31 %RF Max: 34 – 48 %RF 95%-il: 28 - 42 %RF	Medel: 14 – 16 %RF Max: 27 – 36 %RF 95%-il: 23 - 26 %RF	Lägre RF period 2 på grund av kallare och torrare uteklimat



**Figur 16.** Avklingning av CO<sub>2</sub>-koncentrationen i rum 32 efter sänkning av luftflödet till 75 % av nominellt. Avklingningen i diagrammet motsvarar 3,1 oms/tim, vilket är 67 % den luftomsättning som mättes innan luftflödet sänktes (4,6 oms/tim).

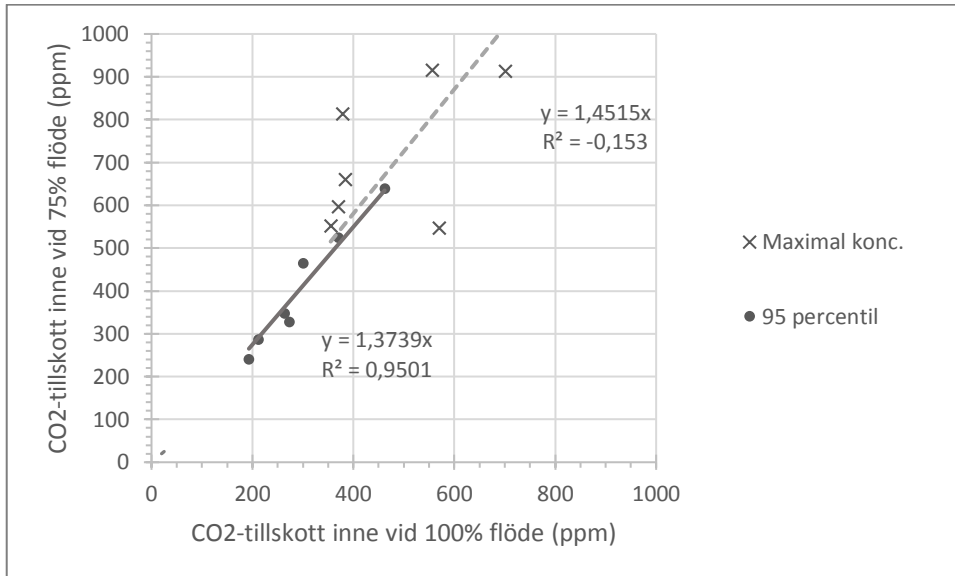
I Figur 17 sammanfattas uppmätta CO<sub>2</sub>-koncentrationer i samtliga sju undersökta rum i Objekt Q10 på Karolinska sjukhuset, vid fullflöde och vid 75% av fullflöde. Uteluftens koncentration, ca 400 ppm, har subtraherats från rumsluftens koncentration. Diagrammet visar således tillskottet av CO<sub>2</sub> inne.

Två rum (rum 6 och rum 16, båda väntrum) utmärkte sig med maximala koldioxidtillskott över 900 ppm, när luftflödet reducerats till 75%. Detta betyder att vid reducerat luftflöde steg rumskoncentrationen som mest till ca 1300 ppm.

Faktum är att de två rummen utmärkte sig redan vid den utökade OKV-kontrollen genom att både de projekterade och de injusterade luftflödena var lägre än kravet enligt Arbetsmiljöverkets föreskrift. Av OVK-protokollet framgår att Rum 6 hade ett flöde som var 58% av föreskrivet. Motsvarande siffra för Rum 16 är 41%. Dessa uppgifter kunde mycket väl varit skäl nog att göra en ny injusteringsventilationen, med avsikt att säkerställa normenlig ventilation även i dessa rum.

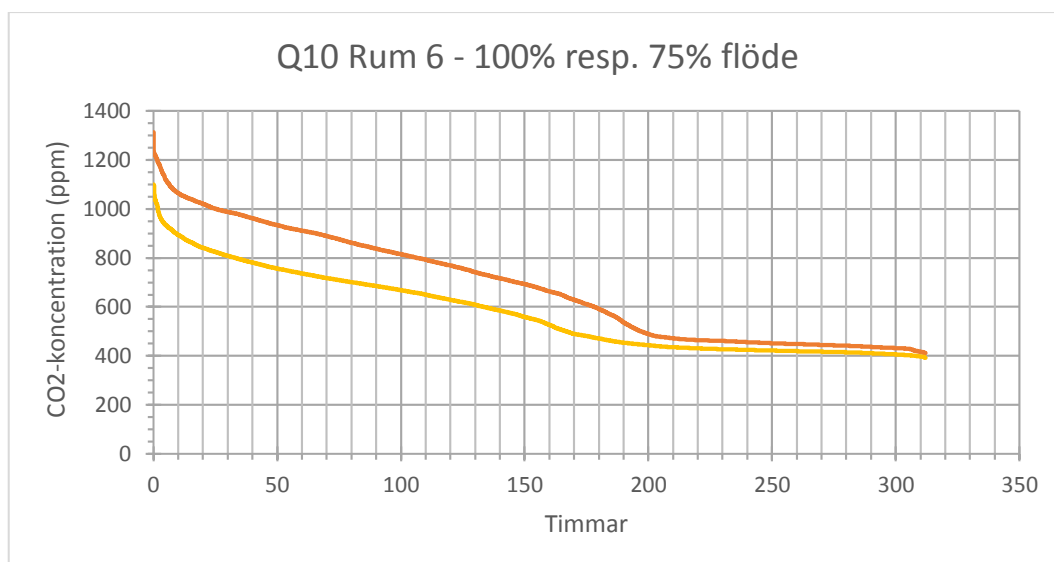
Den streckade regressionslinjen i Figur 17 visar att koldioxidtillskottet vid maximal koncentration i vart och ett av de sju undersökta rummen i genomsnitt var ca 45 % högre vid det reducerade luftflödet jämfört med koncentrationen vid fullflöde.

Den heldragna regressionslinjen visar det koldioxidtillskott som överskreds under 5 % av tiden (95-percentilen) i genomsnitt var ca 37 % högre vid det reducerade luftflödet jämfört med fullflöde. Notera att den aktuella reduktionen av luftflödet (till 75% av fullflöde) teoretiskt borde ge en ökning av koncentrationen med 33%.



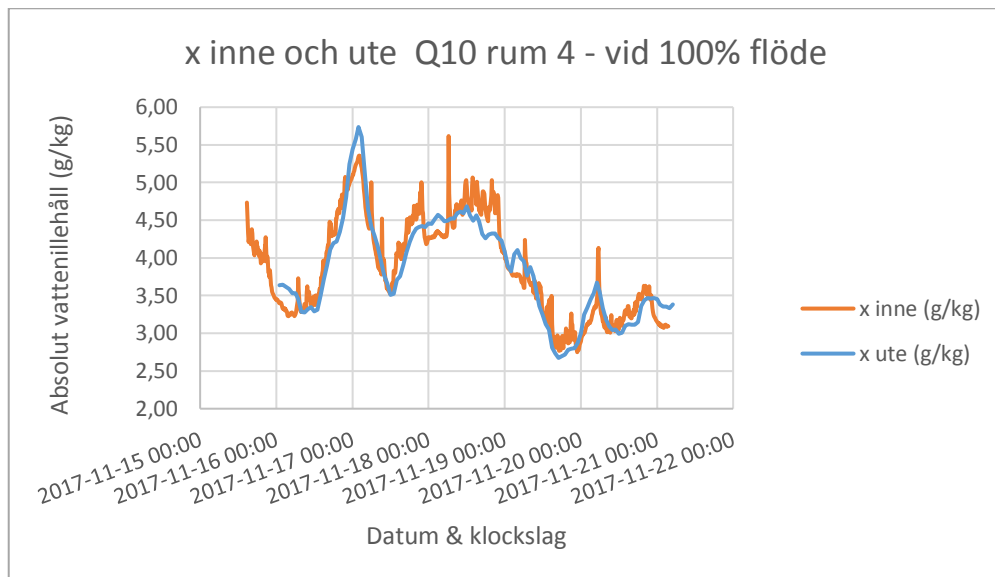
**Figur 17.** Sammanställning av uppmätt tillskott av CO<sub>2</sub> inomhus vid fullflöde och vid 75% av fullflöde. Koncentrationen ute var ca 400 ppm. De två ”översta” punkterna är de två väntrummen (rum 6 och rum 16).

Som framgår av Figur 18 översteg CO<sub>2</sub>-koncentrationen i Rum 6 råden om 1000 ppm endast knappt 2 timmar under den studerade 13 dagarsperioden – vid fullt flöde. När flödet reducerades till 75% av nominellt ökade tiden då CO<sub>2</sub>-koncentrationen översteg 1000 ppm till ca 25 timmar. Den totala verksamhetstiden under den aktuella perioden uppgår till ca 200 timmar. Dessa siffror innebär att CO<sub>2</sub> koncentrationen översteg 1000 ppm under ca 1% av verksamhetstiden vid fullflöde och ca 12 % av tiden vid reducerat flöde.



**Figur 18.** CO<sub>2</sub>-koncentrationens varaktighet i rum 6, del vid 100% av nominellt flöde, dels vid 75% av nominellt flöde. Diagrammet visar bl a att koncentrationen var över 1000 ppm under ca 2 timmar vid det nominella flödet. Då luftflödet reducerades till 75% var motsvarande siffra 25 timmar. Hela mätperioden omfattar 13 dygn med fullflöde och 13 dygn med reducerat flöde. Kurvorna indikerar ett CO<sub>2</sub>-tillskott under ca 200 timmar, vilket stämmer bra med den angivna verksamhetstiden, se Tabellen ovan.

I Figur 19 redovisas ett exempel på absolut vatteninnehåll i inomhusluften. I rum nr 4. Exemplet är representativt för samtliga av de undersökta rummen. Figuren illustrerar att den interna genereringen av vattenånga är rätt liten. Som mest motsvarade fukttillskottet inne 0,5 g/kg vid 100% flöde. När flödet reduceras till 75% kan fukttillskottet föräntas stiga till närmare 0,7 g/kg.



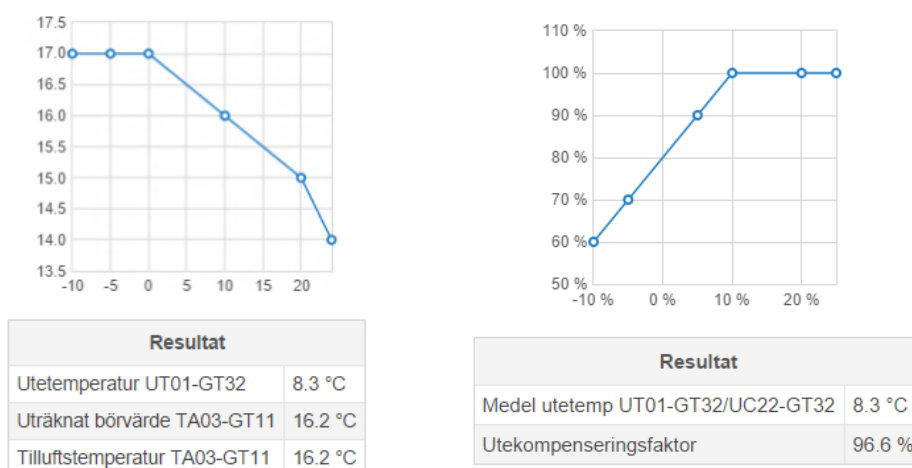
**Figur 19.** Exempel på loggning av absolut vatteninnehåll i rumsluften i rum 4 vid fullflöde. Värdena har erhållits genom att beräkna absolut vatteninnehåll från mätningar av temperatur och relativ fuktighet. Värdena är som mest ca 0,5 g/kg högre inne än ute.



## Fältmätningar Lilla Bommen, Göteborg

Lilla Bommen är en kontorsfastighet uppförd 1989 i centrala Göteborg. I föreliggande projekt genomfördes mätningar i fastighetens låghusdel som har sex våningsplan. Mätningarna genomfördes på plan 5 och plan 6 i tre rum: ett kontorslandskap och två mindre kontorsrum. Loggningar av CO<sub>2</sub>, temperatur och relativ fuktighet genomfördes under två treveckorsperioder.

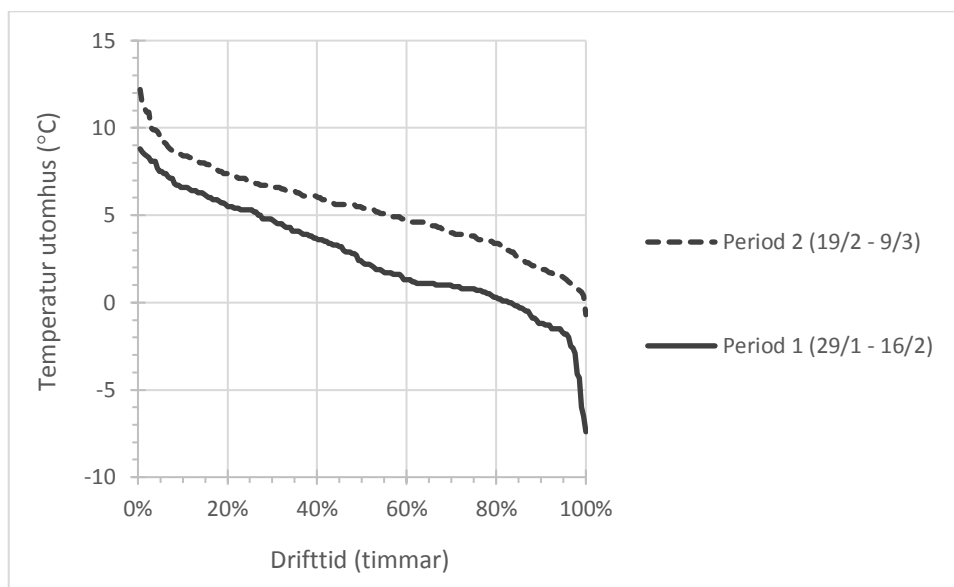
Fastighetsägaren har sedan länge tillämpat utetemperaturkompensering av ventilationsflöde och tilluftstemperatur. Funktionen har inarbetats i driftdokument och kan beskrivas med de två diagrammen i Figur 20, där utekompenseringen av inblåsningstemperaturen visas till vänster och av trycket i tilluftskanalen till höger. Y-axeln i det högra diagrammet i Figur 20 anger hur mycket börvärdet för trycket i tilluftskanalen justeras vid en viss utetemperatur. Exempelvis sker ingen ändring vid temperaturer över 10°C. Vid -10°C reduceras kanaltrycket till 60% av nominellt kanaltryck, vilket innebär att flödet reduceras till ca 77% av nominellt.



**Figur 20.** Skärmdump från driftdatorn, som illustrerar utetemperaturkompensering i luftbehandlingsaggregat TA03, Lilla Bommen. Utekompensering av inblåsningstemperatur visas till vänster och av trycket i tilluftskanalen till höger. X-axeln till höger ska vara graderad i grader C (inte % som det felaktigt står i diagrammet).

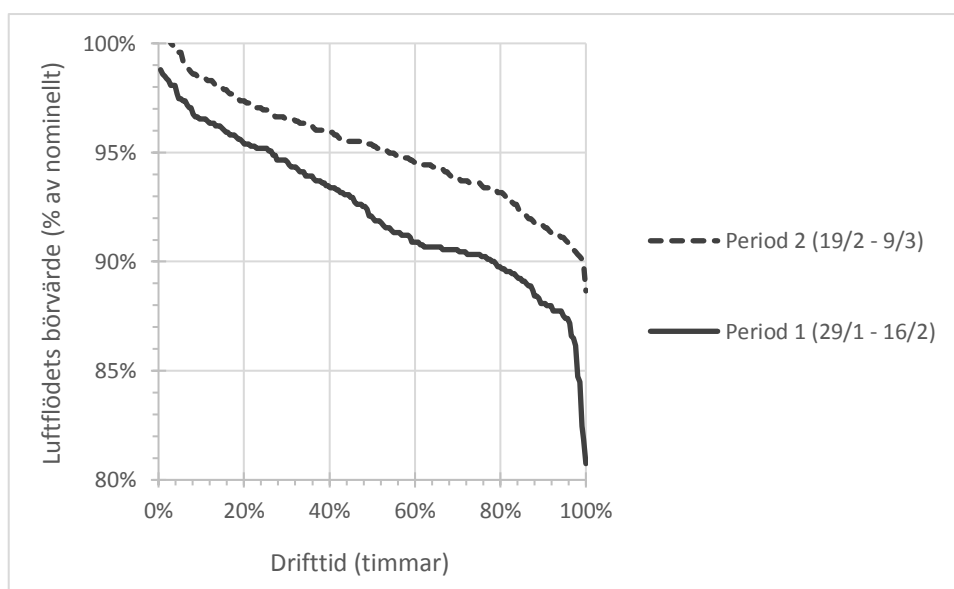
Figur 21 visar utomhustemperaturens varaktighet under de tider ventilationen var i drift under de två mätperioderna i fastigheten Lilla Bommen. Den första perioden var något kallare än den andra. Period 1 varierade temperaturen mellan -7,4°C och +8,8°C med ett medelvärde på 2,6°C. Motsvarande värden för Period 2 var -0,7°C till +12,2°C med ett medel på 5,3°C.

Ventilationen var i drift kl 6-18 måndagar, samt 7-18 tisdag - fredag.



**Figur 21.** Utomhustemperaturens varaktighet under ventilationens drifttider de två mätperioderna.

Figur 22 redovisar en beräkning av utetemperaturkompenseringens inverkan på luftflödets. Eftersom det endast var rätt liten skillnad mellan utetemperaturerna under de två mätperioderna var luftflödena tyvärr ganska lika, dock med något lägre flöde Period 1 jämfört med Period 2.

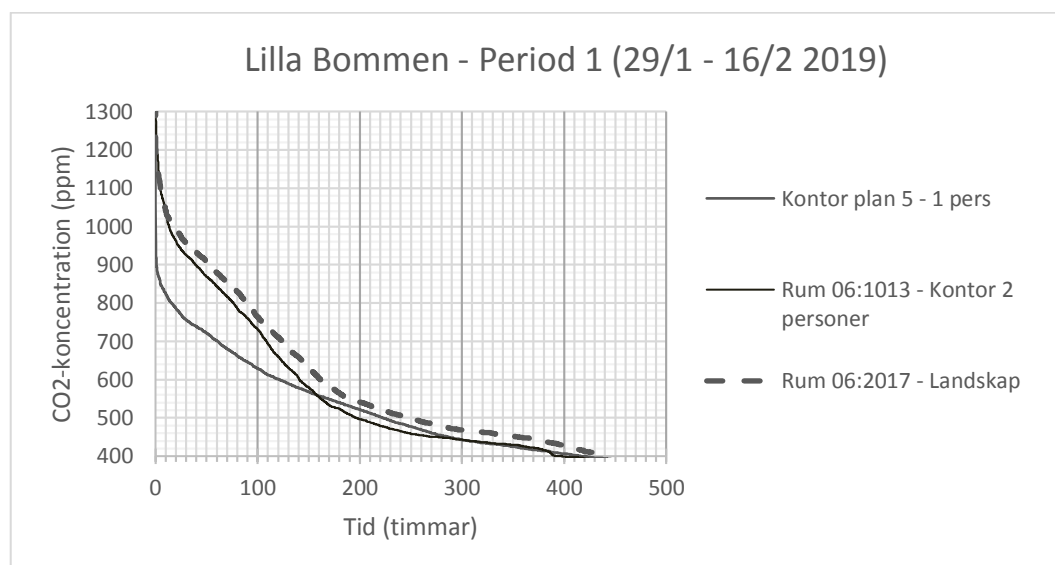


**Figur 22.** Utetemperaturkompenseringens beräknade inverkan på luftflödena under de två mätperioderna.

I Figur 23 visas ett exempel på resultat för den första (kallare) av de två treveckorsperioderna. Av figuren framgår att CO<sub>2</sub>-koncentrationen underskred 1000 ppm större delen av tiden. I två av de undersökta rummen loggades högre värden under totalt 15 å 20 timmar av mätperioden som omfattade 14 arbetsdagar (d v s under drygt 1 timma per arbetsdag).

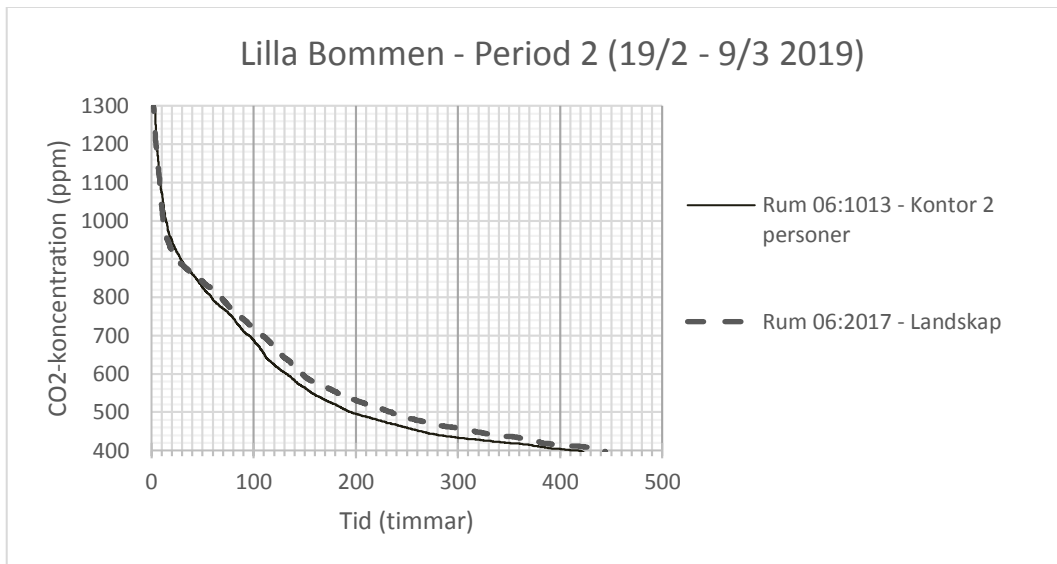
Figuren antyder att det var ett CO<sub>2</sub>-tillskott i rummen under upp emot 300 timmar. Verksamhetstiden är dock endast ca 140 timmar (kl 8-18 under 14 arbetsdagar). Den förhållandevis långa tiden med förhöjd CO<sub>2</sub>-halt beror på att ventilationssystemet stängdes kl 18, i stort sett samtidigt som den sista personen lämnade arbetsplatsen. Koldioxiden i rumsluften klingade därefter av i en takt som motsvarar ca 0,15 luftomsättningar per timma – vilken kan antas spegla luftläckaget genom husets klimatskärm.

Om man antar att infiltrationen är ungefär densamma dagtid och att golvarean motsvarar 10 m<sup>2</sup> per person innebär ovannämnda infiltration ca 1,2 l/s per person.

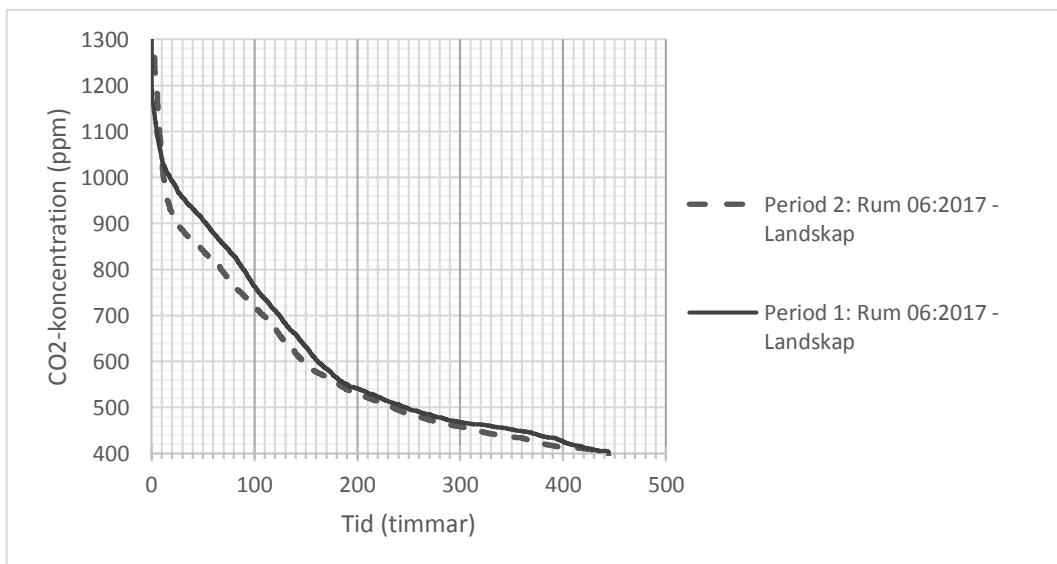


**Figur 23.** CO<sub>2</sub>-koncentrationens varaktighet i tre kontorsrum under mätperiod 1. Diagrammet visar att koncentrationen var över 1000 ppm under totalt 15 - 20 timmar. Total verksamhetstid under de 14 dygnen var ca 140 timmar.

I Figur 24 visas koldioxidkoncentrationen varaktighet i två av de undersökta rummen under Period 2 (som var något varmare än Period 1). Tiden med CO<sub>2</sub>-halter över 1000 ppm var enligt detta diagram något kortare än vad som var fallet Period 1. I Figur 25 visas CO<sub>2</sub>-koncentrationens varaktighet i ett av de undersökta rummen både för mätperiod 1 och för mätperiod 2. Diagrammet illustrerar att maxkoncentrationerna i praktiken var lika medan det rådde koncentrationer mellan 600 ppm och 1000 ppm under något längre tid Period 1 jämfört med Period 2. Förhållandet var likartat i det andra rummet.

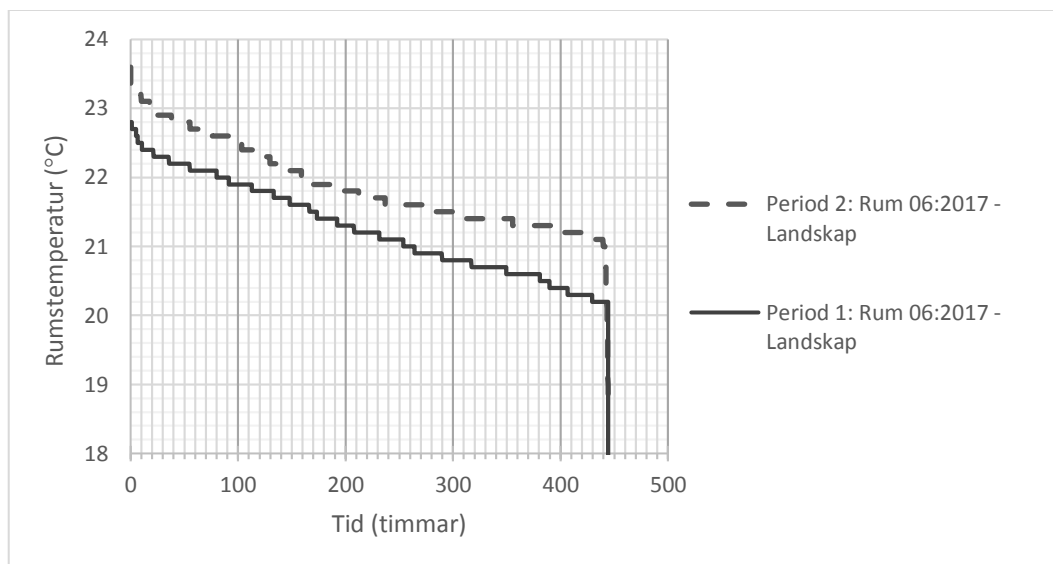


**Figur 24.** CO<sub>2</sub>-koncentrationens varaktighet i två kontorsrum under mätperiod 2. Diagrammet visar att koncentrationen var över 1000 ppm under totalt 10 - 15 timmar. Total verksamhetstid under de 14 dygnen var ca 140 timmar.



**Figur 25.** CO<sub>2</sub>-koncentrationens varaktighet i ett av de undersökta rummen, för mätperiod 1 och mätperiod 2. Diagrammet illustrerar att maxkoncentrationerna i praktiken var lika medan det rådde koncentrationer mellan 600 ppm och 1000 ppm under något längre tid Period 1 jämfört med Period 2.

Figur 26 återger inomhustemperaturens varaktighet i ett av de undersökta rummen. Resultatet var likartat för övriga rum. Figuren visar att temperaturen var ca 0,5 grader högre under Period 2.



**Figur 26.** Rumstemperaturens varaktighet i ett av de undersökta rummen, för de två mätperioderna.

## Diskussion

### Sammanfattande noteringar från fältstudierna

- Den framtagna mallen för utökad OVK är ett viktigt hjälpmedel för
  - verifiering av att ventilationsflödena uppfyller gällande föreskrifter och krav (arbetsmiljöverkets föreskrift och fastighetsägarens interna riktlinjer);
  - identifiering av rum med luftflöden som ligger nära gällande hygienkrav och därför antingen begränsar möjligheterna att reducera luftflödena, eller kräver att ny injustering för att skapa erforderlig marginal.
- Koldioxidloggningar kan användas för att följa upp ventilationens funktion med hänsyn till verksamheten/personbelastningen.
  - Loggningar bör fortgå under flera verksamhetsdygn, gärna under typiska veckor.
  - Tolknigen av mätvärdena kan stärkas genom att studera koncentrationens varaktighet (antal timmar då CO<sub>2</sub>-koncentrationen överstiger ett visst värde, t ex 1000 ppm).
  - Koncentrationens avtagande i ett tomt rum efter verksamhet kan analyseras för att grovt uppskatta rummets luftomsättning.
- De studerade lokalerna ventileras generellt sett med luftflöden som vida överstiger behovet för att transportera bort föroreningar från personer som vistas i lokalerna (så att CO<sub>2</sub>-koncentrationen inte överskrider 1000 ppm mer än tillfälligt).
  - Vid testkörningarna i Objekt D2 och Q10 fanns utrymme att reducera luftflödena till 80% respektive 75%.
  - I några av rummen resulterade flödesreduktionen i koldioxidkoncentrationer periodvis uppåt 1200 - 1300 ppm som mest, men typiskt lägre än 1000 ppm under 95% av tiden.
  - Koncentrationer över 1000 ppm hade helt kunnat undvikas genom en ny injustering för att öka marginalen i några få dimensionerande rum.
- Mätningarna av koldioxidkoncentration tyder på att inverkan av infiltration, i de undersökta husen, hade en försumbar inverkan på borttransporten av luftföroreningar från inomhusmiljön. Detta påstående stöds av följande observation:
  - Avklingningen av koldioxidkoncentrationen efter verksamhet motsvarade i samtliga analyserade fall en luftomsättning lika med -

- eller lägre än - förväntat med hänsyn till ventilationsflödet och rummets fria volym.
- Om infiltration hade haft en betydande inverkan borde CO<sub>2</sub>-avklingningen motsvarat en större luftomsättning än så.
  - Avklingningen av koldioxid med avstängd ventilation i det undersökta kontorshuset Lilla Bommen tydde på att luftväxlingen orsakad av infiltration som mest uppgick till 0,15 luftomsättningar per timma.
- Mätningarna av temperatur och luftfuktighet visar att tillskottet av fukt från källor inne typiskt är mindre än 0,5 g/kg (gram vattenånga per kg torr luft).
    - En sänkning av ventilationsflödet av den storleksordning som varit möjlig inom detta projekt (från 100% till som mest 75%) kan öka inomhusluftens relativa fuktighet något.
    - Teoretiskt leder en sådan flödesreduktion till en ökning av fukt-tillskottet från 0,5 g/kg till 0,65 g/kg. Vid rumstemperatur motsvarar detta en ökning av den relativa fuktigheten med ca 4 procentenheter.

### Checklista

- Fastställ vilka luftflödeskrav som ska tillämpas
  - Arbetsmiljöverkets föreskrift
  - Andra kravspecifikationer
  - Klarlägg om det möjligen råder olika krav vid olika tidpunkter på grund av att verksamheten varierar i tiden
- Genomför Utökad OVK
  - Dokumentera dagens verksamhet i varje rum och rummens golvarea. Gå rond och kommunicera med verksamheten.
  - Stäm av projekterade värden mot dagens verksamhet
  - Justera vid behov projekterade värden med hänsyn till aktuella krav
  - Mät luftflöden på rumsnivå och aggregatnivå
- Identifiera rum som har liten eller ingen marginal för reduktion av luftflödet
- Fastställ vika åtgärder som krävs för att ett reducerat luftflöde inte ska leda till försämrat inomhusklimat

- Hur stor flödesreduktion kan tillämpas som mest?
  - Behöver inblåsningstemperaturen justeras?
  - Finns det tilluftsdon som behöver bytas
- Genomför vid behov ny injustering för att skapa marginal för reduktion av luftflödet i samtliga rum
- Bedöm inomhusklimatet före införande av anpassade flöden (mät koldioxidkoncentration, temperatur, luftfuktighet i utvalda och eventuellt kritiska rum).
- Inför flödesanpassningen: Lägg in avsedd utetemperatur- och verksamhetsanpassning i styrsystemet.
- Dokumentera samtliga ändringar i aktuella relationshandlingar.
- Följ upp funktionen hos flödesanpassningen. Logga utetemperatur, relevanta styrsignaler och/eller kanaltryck. Logga koldioxid, temperatur och relativ luftfuktighet i några utvalda rum.



## Bilaga 1. Rumsidentitet och utökat OVK-protokoll Objekt Q10 (2 sidor)

Lokalprotokoll utökad OVK besiktning					17-00728		L1	
Fastighet:			Haga 4:18		Datum:		2017-10-02	
System:			Q10-U1-TA1/FA1 derl		Sign:		F. Källström, F. Andersson	
Lokal					Anm.			
Rum nummer	Benämning	Brukstid	Yta m <sup>2</sup>	Am. Pers. min max				
Q10 0003	Reception	7:30-22:30	16	2	6			
Q10 0004	Exp	7:30-22:30	16,3	2	2			
Q10 0005	Exp	7:30-22:30	8,1	1	4			
Q10 0006	Väntrum	8-22	19	0	20			
Q10 0007	Undersökning	8-22	13,4	1	4			
Q10 0008	Undersökning	8-22	12	1	4	Projekterat som dokumentationsrum		
Q10 0009	Undersökning	8-22	13,5	1	4			
Q10 0010	Undersökning	8-22	13,6	1	4			
Q10 0011	Förråd	7:30-22:30	12	1		Projekterat som dokumentationsrum		
Q10 0012	Undersökning	8-22	13,8	1	4			
Q10 0013	Behandling	8-22	19	1	4			
Q10 0014	Desinfektion	7:30-22:30	13,2	0	2			
Q10 0015	Gipsrum	8-22	27,2	0	4			
Q10 0016	Väntrum	8-22	33,3	0	28			
Q10 0017	Korridor	7:30-22:30	58			FD väldigt smutsigt.		
Q10 0018	Passage	7:30-22:30	6,5			Endast överluft till toaletter		
Q10 0021	Wc	7:30-22:30	2,4					
Q10 0022	Wc	7:30-22:30	1,7					
Q10 0023	Undersökning	8-22	13,3	1	4			
Q10 0024	Exp	7:30-22:30	11,7	1	1	Projekterat som dokumentationsrum		
Q10 0025	Kontor	7:30-22:30	13,6	2	2	Projekterat som undersökningsrum		
Q10 0026	Omklädnad	7:30-22:30	10,6			Projekterat som förråd		
Q10 0027	Exp	7:30-22:30	12	1	4	Sp till TD är fullt strypt		
Q10 0028	Personalrum	7:30-22:30	25,1	0	12			
Q10 0029	Konferensrum	7:30-22:30	15,3	0	10	Projekterat som Expedition		
Q10 0030	Kontor	7:30-22:30	13,5	2	2	Projekterat som undersökning. Sp till TD är strypt.		
Q10 0031	Undersökning	8-22	12	1	4	Projekterat som dokumentationsrum		
Q10 0032	Undersökning	8-22	13,4	1	4			
Q10 0034	Wc	8-22	2,5					

Lokalprotokoll utökad OVK besiktning		Haga 4.18						Q10 - Näraikut			Adress: Karolinska sjukhusområdet			Byggnadsnummer: Barnskutten		Referensnummer: 17-00728		L1		
Fastighet: Q10-U1-7A1/FA1		Underlag: V57-007Q1001_02		Byggnad:		Fiddeisenhet: /s		Verksamhet:		Datum: 2017-10-02		Sign: F. Källström, F. Andersso								
Rum nummer	Benämning	Yta m²	Am. Pers	Minskav (AFS/BBR)		Minskav Lucca R20 (PTS)		Antal don	Tillstånd	Möjlighet till Energiredu	Tillstånds		Mätmetod	Framskridande	Framskridande	% av proj	Framskridande	Mätmetod	Aim.	
				Minskav	Keet av pro	Minskav	Keet av pro				Projekterad	Uppskatt								Projekterad
				Tillat	frånlat	Tillat	frånlat		Typ	grader C	Tillat	frånlat	frånlat	frånlat	frånlat	frånlat	frånlat			
010 0001	Reception	7:30-22:30	16	2	6	46%	60%	1	Trafik (lysd)	Jb	19,4	30	30	30	32	60%	ET2			
010 0004	Erp	7:30-22:30	16,3	2	20	40%	60%	3	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,4	50	50	49	96%	ET2				
010 0005	Erp	7:30-22:30	8,1	1	4	31%	63%	2	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,8	30	30	30	60%	ET2				
010 0006	Vårdrum	8-22	19	0	20	181%	67%	2	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,6	105	107	107	60%	ET2				
010 0007	Undersökning	8-22	13,4	1	4	40%	60%	3	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,6	50	52	52	60%	ET2				
010 0008	Undersökning	8-22	12	1	4	65%	60%	2	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,4	30	30	30	60%	ET2				
010 0009	Undersökning	8-22	13,5	1	4	40%	60%	3	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,6	50	51	51	60%	ET2			Projektere som dokumentation	
010 0010	Undersökning	8-22	13,6	1	4	40%	60%	3	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,6	50	52	52	60%	ET2				
010 0011	Förådl	7:30-22:30	12	1	12	40%	60%	4	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,6	30	30	30	28	53%	ET2			Projektere som dokumentation
010 0012	Undersökning	8-22	13,8	1	4	40%	60%	3	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,6	50	45	45	60%	ET2				
010 0013	Behandling	8-22	19	1	4	40%	60%	3	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,6	50	52	52	60%	ET2				
010 0014	Distriktion	7:30-22:30	13,2	0	2	139%	50%	4	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,6	60	61	61	60%	ET2				
010 0015	Ciprum	8-22	27,2	0	4	100%	60%	7	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,4	90	90	90	60%	ET2				
010 0016	Vårdrum	8-22	33,3	0	28	254%	60%	2	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,6	105	100	100	60%	ET2				
010 0017	Kontor	7:30-22:30	58		58		60%													
010 0018	Passage	7:30-22:30	6,5		7		60%													
010 0021	v/c	7:30-22:30	2,4		15		60%													
010 0022	v/c	7:30-22:30	17		15		60%													
010 0023	Undersökning	8-22	13,3	1	4	40%	60%	3	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,3	50	50	52	60%	ET2				
010 0024	Erp	7:30-22:30	11,7	1	12	40%	60%	2	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,3	30	23	23	60%	ET2				Projektere som dokumentation
010 0025	Kontor	7:30-22:30	13,6	2	19	36%	60%	3	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,3	50	50	48	60%	ET2				Projektere som underlöshingrum
010 0026	Ömklädned	7:30-22:30	10,6		53		71%					15	12	12	60%	ET2				Projektere som förådl
010 0027	Erp	7:30-22:30	12	1	4	33%	60%	2	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,3	30	25	25	60%	ET2				Sp all TD brfalle mngt
010 0028	Personrum	7:30-22:30	25,1	0	13	136%	60%					100	64	64	64%	ET2				
010 0029	Konferensrum	7:30-22:30	15,3	0	10	36%	60%	2	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,5	30	30	32	60%	ET2				Projektere som Expedition
010 0030	Kontor	7:30-22:30	13,5	2	19	56%	60%	3	Aktiv lyfbar	Förvarn lyfbar	19,1	50	50	47	60%	ET2				Projektere som underlöshing, Sp all TD br mngt.

## Bilaga 2. Rumsidentitet och utökat OVK-protokoll Objekt D2 (2 sidor)

Rum nummer	Benämning	Brukstid	Yta m <sup>2</sup>	Antal Pers.
3001	Trapphall		12,4	
3002	Avfall/Tvätt			
3003	Korridor		99	
3004	Läk Exp		11,8	4
3006	Exp. Skrivplats		10,9	3
3008	Mottagning / Undersökning		11,5	3
3009	Sköterske Exp 2p		12,5	3
3010	Exp		12,1	3
3011	Wc		1,6	
3013	Mottagning / Undersökning		12	3
3014	Exp. Chefs sekr.		10,6	1
3015	Dagrum Personal		25	0
3015	Dagrum Personal Forcerat		25	10
3020	Korridor		21	
3024B	Tele			
3024A	Förråd		6,7	
3025	Wc/D		2,8	
3026	Rwc		3,4	
3022A	Juornal förråd		11	
3022B	Exp. Sekr. 2p		11,6	2
3023	Arkiv/Kop		10,7	
3027	Skrivplats		4,6	1
3028	Beredning		5,5	
3029A, B	Provtagning		14,2	3
3030A	Mottagning / Undersökning		16	4
3030B	Provtagning		8,7	3
3031A	Väntrum		19	10
3031B	Kassa/Rec.		11	2
3031C	Exp. Sekt Led		9,1	3
	TDK			
3032A	Kaprum		5,2	
3032B	Fotv / ter		12,6	3
3033A	Väntrum		16,6	4
3033C	Fotv / ter		9,8	3
3033B	Exp. AF		11	1
3038	Förråd		5,1	
3034	Konferens		22	4
3034	Konferens forcering		22	4
3036	Exp Forskn.		7	3
3035	Exp. Kurator		12,3	3
3037	Mottagning / Undersökning		13,2	3
3039	Läk Exp / Mott		10,9	3



## Bilaga 3. Genomgång av riktlinjer för hygienluftflöde

### Myndighetskrav för allmänna utrymmen (kontor, mötesrum, expeditioner etc)

I Boverkets byggregler står att ventilationssystemet ska kunna tillföra erforderligt uteluftsflöde och att ventilationssystem ska utformas för ett lägsta uteluftsflöde motsvarande 0,35 l/s per m<sup>2</sup>. Detta värde är allt för lågt när det gäller lokalbyggnader med verksamhet; det motsvarar exempelvis mindre än 0,5 luftomsättningar per timme.

I AMVs föreskrift står att i ”... lokaler där personer vistas mer än tillfälligt kan ett uteluftsflöde på minst 7 l/s och person behövas vid stillasittande arbete. Högre luftflöden kan behövas vid fysiskt mera ansträngande arbete. Med hänsyn till föroreningar från andra källor än personer bör ett tillägg på lägst 0,35 l/s och m<sup>2</sup> golvarea göras”. Om persontätheten motsvarar en person per 10 m<sup>2</sup> golvarea innebär dessa siffror ca 10 l/s per person. Ett sådant flöde räcker med viss marginal till för att uppfylla även Arbetsmiljöverkets och Folkhälsomyndighetens råd om att koldioxidkoncentrationen inte bör överstiga 1000 ppm.

### Myndighetskrav för vårdrum och behandlingsrum utan speciella renhetskrav

Arbetsmiljöverkets och Folkhälsomyndighetens grundläggande krav torde definiera ventilationens miniminivå även i denna kategori av rum. I vissa rumstyper kan det vara nödvändigt att välja högre flöde, exempelvis för att tillräckligt snabbt kunna ventilerat bort lukter från föregående patientbesök innan vådrummet åter tas i bruk. Det kan också behövas högre flöde för att ventilerat bort föroreningar som alstrats av själva behandlingen, exempelvis i ett gipsrum. I vårdsektorn tillämpas ofta *Program för Teknisk Standard (PTS)* som i sin tur looger till grund exempelvis för Locums riktlinjer, *Typrum Locum*

### Operationsrum och andra utrymmen med speciella renhetskrav

För denna kategori av rum ska luftflödet dimensioneras enligt SIS-TS 39, och behandlas inte i föreliggande rapport.

### Andra kravspecifikationer än myndigheternas föreskrifter

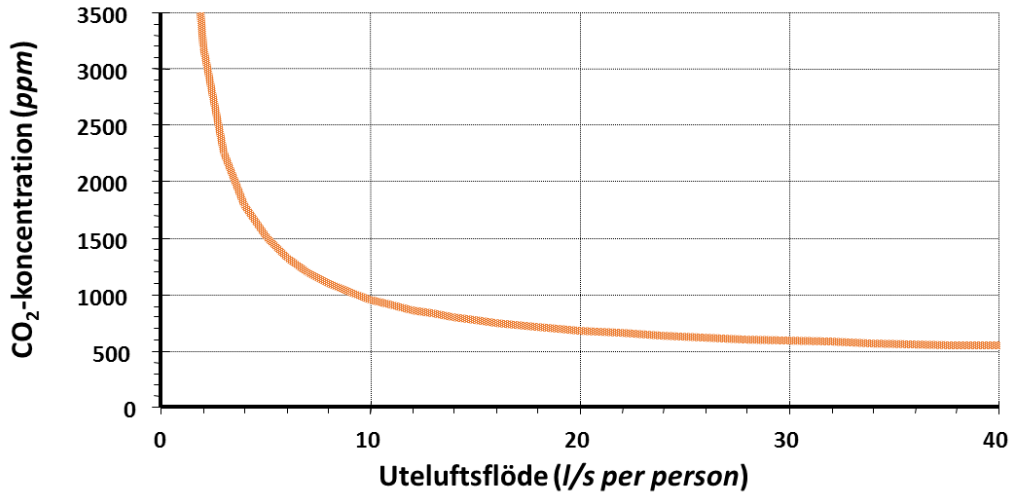
Dokumentet *Minimikrav på luftväxling* (utgåva 10, 2015) av Helge Enberg, hänvisar till *SPRI rapport 273* (1989), och dessa båda dokument ger alltså i praktiken samma information. I SPRI-rapporten står att som ”...riktvärde kan tillämpas att CO<sub>2</sub>-halten i rumsluften inte bör överstiga 800 ppm. Som högsta värde kan 1000 ppm anses vara”. Det riktvärde som idag tillämpas av PTS är 1000 ppm.

I Locums *Projekteringsanvisning VA-, VVS-, Kyl- och processmediesystem* står: ”Luftflöden för de specifika rumstyperna som förekommer i SLL:s fastigheter

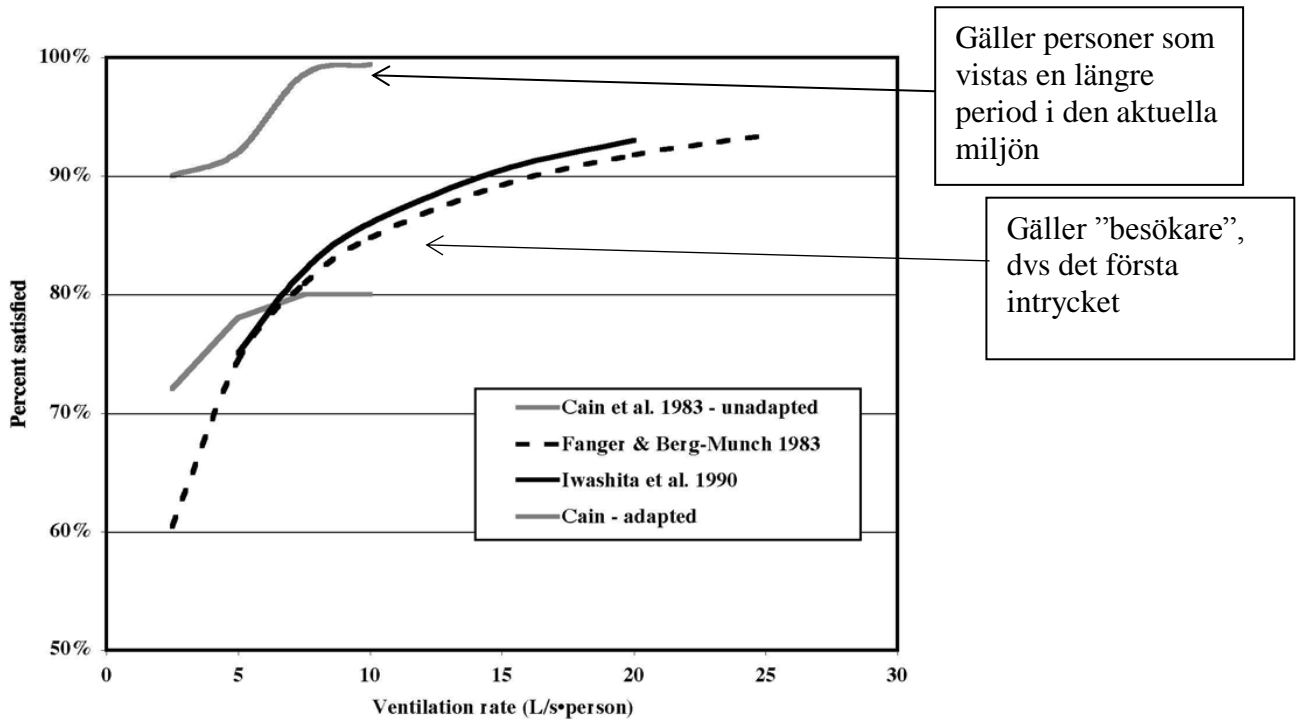
förvaltade av Locum finns i PTS-databasen som nämnts ovan. De är att betrakta som minimikrav som får ändras i konkreta fall om det går att motivera. Beslut om avvikelser ska fattas inom projektets styrgrupp”. Där står också att ”luftbehandlingsanläggning ska anordnas så att utluftflödet kan minskas när byggnaden eller del av den inte brukas. Möjligheten för variabla flöden ska alltid beaktas för lokaler med varierande ventilationsbehov”.

I Bilaga 4 återfinns diagram som visar, dels sambandet mellan ventilationsflödets storlek och koldioxidkoncentrationen vid jämvikt, dels resultatet av några undersökningar av hur folk uppfattar luftkvaliteten vid olika CO<sub>2</sub>-koncentration.

### Bilaga 4. Grunder beträffande CO<sub>2</sub> som luftkvalitetsindikator



**Figur B4.1** Samband mellan uteluftsflöde och koldioxid. Koldioxidhalten i tilluften satts till 400 ppm och människans koldioxidavgivning till 20 l/tim per person.



**Figur B4.2.** Samband mellan andel personer som rapporterar ett missnöje med luftens kvalitet (när människor är den enda, eller kraftigt övervägande, föroreningskällan). Diagrammet har hämtats från Persily, A. (2005) What we think we know about ventilation. International Journal of Ventilation, Volume 5 No 3.

## Bilaga 5. Inverkan av läckage och internt luftutbyte

### Inverkan av läckage genom klimatskärmen

I otäta byggnader kan luftläckaget genom byggnadsskalet motsvara en luftväxling som är av betydelse för borttransporten av föroreningar i inomhusluften. För att utröna vilken effekt luftläckaget får på husets energibehov vid kall väderlek och inomhusluftens kvalitet behöver man identifiera några tänkbara fall:

- Luftläckage ut ungefär lika stort som luftläckaget in
  - Om utläckaget genom klimatskalet är ungefär lika stort som inläckaget påverkas inte ventilationssystemets tekniska funktion.
  - Den inläckta luften kommer dock att värmas i huset vilket betyder att husets värmebehov ökar med ökande läckage.
  - Den inläckande luften bidrar till att späda ut föroreningar som alstrats inomhus.
  - Man kan säga att hygienluftflödet blir större än det flöde som tillförs via den mekaniska tilluften.
  - Den inläckande luften kan bära med sig föroreningar utifrån (exempelvis trafikavgaser).
- Luftläckage in dominerar
  - Luft läcker in genom klimatskalet, men huvuddelen av inomhusluften evakueras via den mekaniska frånluften.
  - Den inläckande luften som tillförs huset är i detta fall obehandlad och den har inte passerat tilluftsaggregatets värmeåtervinare. Detta betyder att frånluftsflödet blir större än tilluftsflödet i luftbehandlingsaggregatet. Detta leder till att värmeåtervinningens temperaturverkningsgrad ökar. Nettoeffekten av inläckaget blir dock att behovet av värmeenergi ökar.
  - Även i detta fall bidrar inläckaget till att späda ut föroreningar i inomhusluften, och man kan säga att hygienluftflödet blir större än det flöde som tillförs via den mekaniska tilluften.
  - Den inläckande luften kan bära med sig föroreningar utifrån (exempelvis trafikavgaser).
- Luftläckage ut dominerar
  - Luft läcker ut genom klimatskalet, men huvuddelen av den luft som tillförs byggnaden tillförs via den mekaniska tilluften.
  - Frånluftsflödet genom luftbehandlingsaggregatet minskar ju större utläckaget genom klimatskärmen är. Detta leder till lägre



temperaturverkningsgrad för värmeåtervinningen och betyder alltså att även i detta fall kommer behovet av värmeenergi att öka.

- I detta fall påverkas inte inomhusluftens kvalitet av läckaget. Hygienluftflödet är det flöde som tillförs med den mekaniska tilluften.

I de två förstnämnda fallen skulle man möjligen kunna tillgodoräkna sig läckaget som ett hygienluftflöde. Storleken på läckaget kan motsvara några tiondels luftomsättningar per timme. Om läckaget exempelvis motsvarar 0,1 oms/tim så motsvarar det i sin tur närmare 0,08 l/s per m<sup>2</sup> golvarea (om takhöjden är 2,7 m). I otäta byggnader skulle luftläckaget grovt räknat kunna uppgå till 0,3 oms/tim, vilket alltså i sin tur motsvarar över 0,2 l/s per m<sup>2</sup>. Vid en persontäthet på 10 m<sup>2</sup> per person motsvarar ett såpass stort läckage ca 2 l/s per person. I ett rum där luftflödet behöver vara exempelvis 10 l/s per person skulle det således kunna räcka att den mekaniska ventilationen tillför 8 l/s per person - i byggnader som kan betraktas som tämligen otäta. I tätare hus, där luftläckaget uppgår till ca 0,1 oms/tim skulle det mekaniska tilluftsflödet behöva vara högre än 9 l/s per person eftersom läckaget troligtvis motsvarar mindre än 1 l/s per person.

### **Inverkan av intern luftväxling**

Luftutbytet genom en öppen dörr kan bli avsevärt. Drivkraften är framförallt temperaturskillnaden över dörren. Även rätt små temperaturskillnader kan leda till ett luftutbyte som motsvarar många luftomsättningar per timme. Denna mekanism innebär att ren luft i rum som inte används kommer att bidra till ventilationen i andra rum. För att detta ska gälla krävs förstås att dörrar verkligen hålls öppna. Här nöjer vi oss med att konstatera att det handlar om en ”förlåtande” effekt, men avstår från att försöka göra en kvantifiering av möjligheten att utnyttja detta för att motivera en reduktion av ventilationsflödet.

### **Dygnsvariationer**

Det finns ingen föreskrift som förhindrar att ventilationen stängs av under perioder när det inte finns folk i en lokal/ett hus. Det kan dock finnas skäl till att inte stänga av ventilationssystemet helt – om bedömningen är att ett grundflöde behöver säkerställas. Det är inte ovanligt att Boverkets krav på 0,35 l/s per m<sup>2</sup> väljs som grundflöde, och att flödet ökas med ca 7 l/s per person när lokalen används. Vid en persontäthet på exempelvis 10 m<sup>2</sup> per person innebär detta att grundflödet 0,35 l/s per m<sup>2</sup> motsvarar 1/3 av flödet vid närvaro. Således skulle man i ett sådant fall kunna pröva att reducera flödet till 33% av normalflödet under perioder när ingen vistas i lokalerna.

Projektledare Lars Ekberg, CIT Energy Management AB
Projekttitel Anpassning av luftflöden i lokalbyggnader – ett demonstrationsexempel från vårdsektorn

## Administrativ bilaga till Slutrapport

### Uppföljning av måluppfyllelse och nyttiggörande

I samband med att ni lämnar in slutrapport för ert projekt ska också denna blankett fyllas i och läggas som bilaga till slutrapporten.

Denna blankett riktar sig till Energimyndigheten, och visas *inte* i vår externa projektdatabas.

Syftet med blanketten är att följa upp projektets måluppfyllelse enligt Energimyndighetens beslutsdokument, eventuella avvikelser i projektets måluppfyllelse och genomförande samt vad projektet har gjort/kommer att göra för att projektets resultat ska komma till gagn för övriga samhället. Samtidigt följer vi också upp ett antal generella indikatorer som Energimyndigheten följer för de projekt vi stödjer.

**Detta dokument ska skickas in som en bilaga till slutrapporten via E-kanalen.**

### 1. Projektets måluppfyllelse

a) Vilka var projektets mål (enligt Energimyndighetens beslutsdokument)?

Projektets mål är att dokumentera de samlade erfarenheterna från flera lokalförvaltande organisationer och att gemensamt utarbeta en checklista för kvalitetssäkrat arbete med driftoptimering som bygger på anpassning/reduktion av ventilationsflöden. Förslag på hur driftoptimeringen ska dokumenteras, exempelvis genom komplettering av driftkort, ska utarbetas. Slutligen är målet att följa upp och dokumentera minst ett genomförande av den aktuella principen för driftoptimering — med ledning av den framtagna checklistan.

- b) Hur förhåller sig projektets resultat till projektets mål?  
För vart och ett av projektets mål, redovisa de viktigaste resultaten och bedöm i vilken utsträckning och/eller på vilket sätt dessa bidrar till att projektets mål uppnåtts eller kan komma att uppnås. (Exempel: Om projektets mål var att fram en prototyp av ett visst slag som sparar x kWh jämfört med en viss annan teknik, berätta hur många kWh som faktiskt sparas med den teknik som tagits fram inom projektet jämfört med den referensteknik som angavs i målet).

Projektets resultat uppfyller de uppställda målen helt:

Erfarenheterna från sex stora lokalförvaltande organisationer har dokumenterats. En checklista för kvalitetssäkrat arbete med driftoptimering har utarbetats i samråd med representanter för dess organisationer. Exempel på hur driftoptimeringen ska dokumenteras genom komplettering av driftkort och information i driftdator redovisas. Genomförandet av flödesanpassningar har dokumenterats genom fältmätningar i tre fastigheter.

## 2. Kommentera eventuella betydande avvikelser i projektets måluppfyllelse och/eller genomförande i förhållande till Energimyndighetens beslut om stöd till projektet

Om projektet inte nått målen eller om betydande förändringar gjorts i projektets genomförande jämfört med projektbeslutet, motivera detta. Beskriv också vad som har gjorts för att motverka dessa avvikelser.

Målen har nåtts. Projektet har beviljats förlängning för att möjliggöra mätningar i ytterligare en fastighet. Detta ledde till att ytterligare ett demonstrationsexempel har kunnat redovisas.

## 3. Spridning och nyttiggörande av resultatet i samhället

- a) Hur har projektet arbetat för att sprida projektets resultat och/eller på andra sätt se till att det kommer till nytta? Vilka eventuella ytterligare aktiviteter kommer att göras framöver?  
Beskriv projektets genomförda och planerade kommande aktiviteter för att sprida projektets resultat och/eller på andra sätt se till att det kommer till nytta i samhället. Berätta också om ni har förslag på resultat som ni eventuellt skulle vilja kommuniceras genom Energimyndighetens kanaler (genom nyhet, information riktad till Energi – och klimatrådgivare etc), och föreslå i så fall gärna hur detta skulle kunna göras.

Samverkan med de sex lokalförvaltande organisationerna är i sig en viktig kanal för spridning.

Resultatet kommer att redovisas vid det första BELOK-mötet efter sommaren 2019.

Rapporten ska/bör göras tillgänglig via BELOKs websida.

- b) Har eller planeras projektet resultera i några patent eller andra bevis på rättigheter till resultat, eller några ansökningar om detta? Om bevis på rättigheter till resultat tagits ut eller ansökningar planeras, vem äger/har nyttjanderätt till dessa?  
Beskriv detta i så fall här.

Det finns inga problemställningar kopplade till immaterialrätt e. dyl.

## 4. Eventuella bilagor till rapporten som inte ska visas i Energimyndighetens externa projektdatabas

- a) Innehåller slutrapporteringen bilagor som inte ska visas i Energimyndighetens externa projektdatabas?  
Slutrapporten ska alltid kunna visas i Energimyndighetens externa projektdatabas. Däremot visas inte denna Administrativa bilaga i projektdatabasen. Innehåller slutrapporteringen andra bilagor som inte ska visas i Energimyndighetens externa projektdatabas?

Ja  Nej

- b) Om "Ja" i frågan ovan, vilka bilagor gäller det?  
Skriv filnamnen på eventuella bilagor till slutrapporten som inte ska visas externt här.  
Bilagor som inte ska exponeras externt ska märkas upp genom att "EJ SPRIDNING" skrivs in i dokumentets rubrik.  
Alternativt kan dokumentet vattenstämplas med "EJ SPRIDNING". Dessutom ska i filnamnet läggas in ordet "SEKRETESS" alternativt "EJ SPRIDNING".