

Luftinntak og vær

Da hovedflyplassen skulle etableres på Gardermoen, ble de flytekniske forhold gjenstand for stor oppmerksomhet. Været ble et sentralt tema ved stedsvalg av hovedflyplass, noe som førte til at Hurum ikke ble valgt på grunn av for mye tåke. Tåke og underkjølt regn fører ofte til at luftinntakene blir tildekket av is og hindrer tilførsel av uteluft. Dette fører til undertrykk i anlegget og med følgeskader spesielt på de rektangulære kanalene.

Utviklingsprosjekt

FoU-avdelingen i Norconsult (tidligere Techno Consult) i samarbeid med Bergen Ventilasjons Produkter, søkte høsten 2001 om midler til et forskningsprosjekt kalt "Luftinntak og vær" for å finne fram til et bedre luftinntak. Søknaden ble innvilget, og det ble utviklet en enkel forsøksrigg.

Riggen besto av et luftinntak og en vifte med tilhørende kanalforbindelse, samt en komplett måleutrustning for temperatur- og trykkmåling. Ved å plassere riggen på taket av driftsbygningen kunne man observere hvordan pilotanlegget var i stand til å takle de klimatiske forholdene som råder på Gardermoen.

Selve luftinntaket ble utformet som en miniutgave av "Bergensristen". Den første barrieren uteluften møter er et grovfilter som er omgitt av grovmaske netting, før luften trekkes inn i luftbehandlingsanlegget. I tillegg ble det montert varmekabler festet til nettingen. *Grovfilteret som er 10 cm tykt har en åpen struktur i innløpet og blir tett-ere og mer finmasket etter som luften nærmer seg utløpet.*

Luftinntaket er i dimensjon tilpasset en luftmengde på 400 m³/h. Selve filterflaten er 30 x 30 cm. Det betyr at hastigheten gjennom risten er 1,23 m/s.

Luftinntaket fra pilotanlegget installert i fullskala på Gardermoen

Kort fortalt medførte et vellykket forskningsprosjekt til at et eksisterende bygg på

De klimatiske forhold på vår hovedflyplass Gardermoen har vært en stor utfordring for tradisjonelle luftinntak. Plassering og utforming av luftinntaket til ekspedisjonsbygget ble viet stor omtanke, og laget som en kjempestor trakt med inntak høyt over parkeringsanleggene. De andre luftinntakene derimot ble laget som tradisjonelle inntak slik bransjen har hatt for vane. Dette skulle vise seg å by på store problemer for driften av luftbehandlingsanleggene i den kalde årstiden på grunn av gjenfrysing av inntakene.

av siv.ing THOR SÆTHRE, Norconsult AS, tsa@norconsult.no



Thor Sætre (NTH 1966) er ansatt ved FoU-seksjonen hos Norconsult. Han har 18 års erfaring fra entreprenørvirksomhet og produktutvikling hos Alfsen&Gundersen og er en av Norges ledende innen fagfeltet kanallayout og ventilasjonsstøy. Sætre har skrevet en rekke fagartikler og deltar i praktisk undervisning innen fagfeltet. Han sitter i Norsk VVS Stiftelse for Forskning.

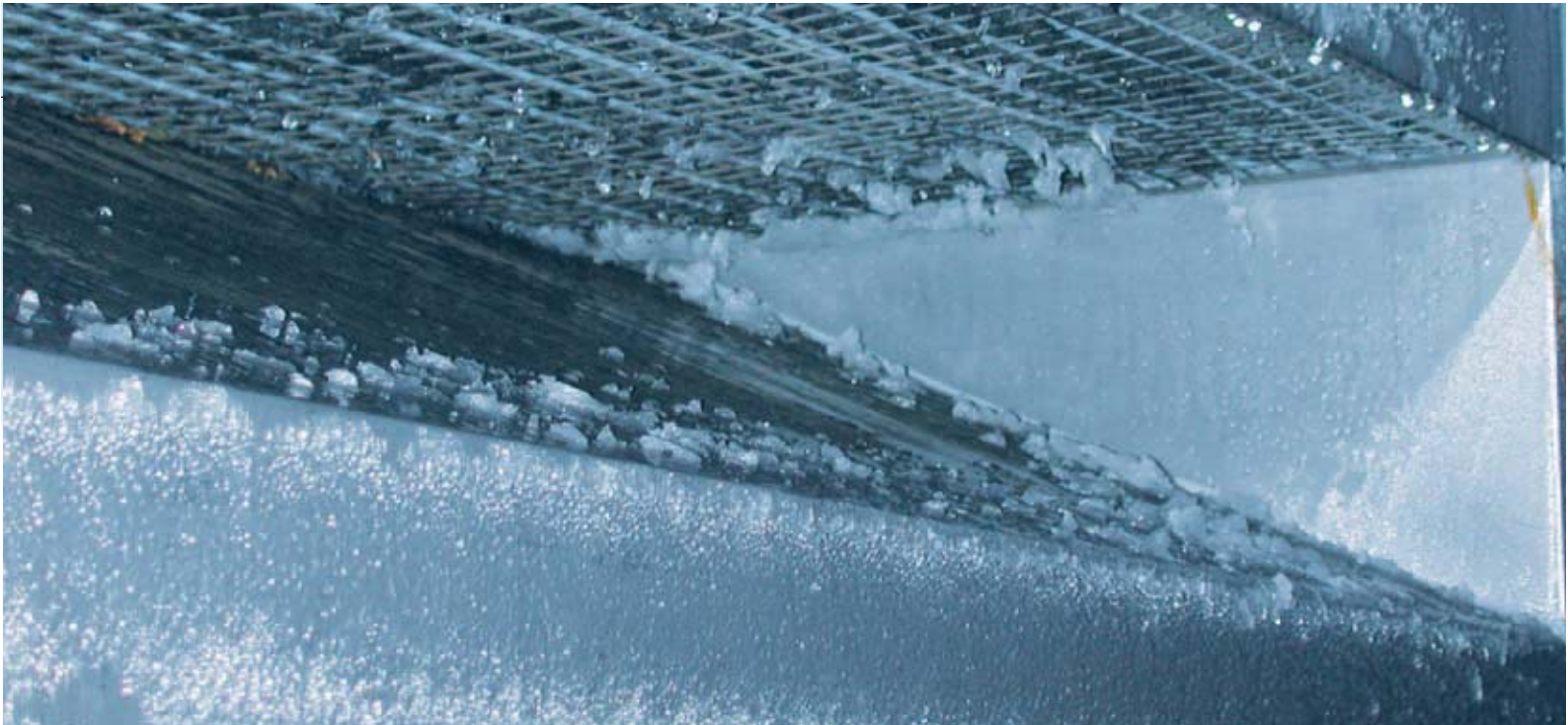
Gardermoen ble ombygd og utført med luftinntak tilsvarende det vi hadde testet. Et viktig resultat fra både pilotanlegget og målinger fra inntaket på Gardermoen er at varmetilførselen bør skje mens anlegget står.

I pilotanlegget er det en konstant varmetilførsel til duken. Dette vil medføre et unødvendig energi-forbruk på et anlegg i full størrelse. I tillegg fungerte varmekablene dårlig ved full luftmengde gjennom filteret. Varmekabelen bør tilkobles ved behov. Siden det er viktig at varmen tilføres raskt og effektivt vil selve utførelsen og kontakten mellom varmekabel og netting være avgjørende. Vi ser også at det ikke er nødvendig å tilføre en varmemengde som smelter hele "iskaka" som dannes på grov-

filteret. Hensikten med den varme nettingen er å få iskaka til å løsne fra nettingen slik at den kan falle av mest mulig hel og at dette kan skje så hurtig som mulig slik at anlegget kan settes i drift igjen. Ifølge måleerfaringene er ca. 30 minutters driftsstans nok til at iskaka faller av og anlegget igjen er fullt operativt.

Måleutrustningen

Pilotanlegget inneholder et skap levert med nødvendig måleutrustning for å logge aktuelle temperaturer og trykk. Målepakken er levert av Presisjonsteknikk og bygget opp fra en datalogger med 8 målekanaler. For å forenkle arbeidet med å innhente data er målepakken utstyrt med et modem og GSM telefon, slik at alle måledata overføres

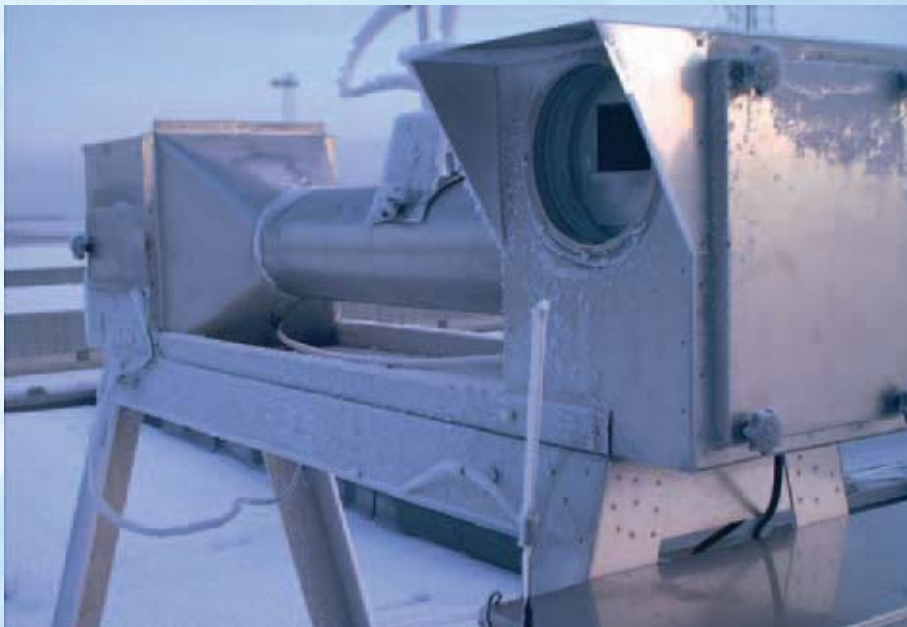


Grovfilter " Amerkleen M80" med grovmasket netting av stål, Varmekabler er festet til nettingen. Effekten på varmekablene var 1,2 kW pr m² filterflate eller 1 kW pr m³/h.



Luftinntaket til ekspedisjonsbygget.

Enkel forsøksrigg, inntak til venstre, avkast til høyre.



til PC via GSM-nettet. Trykkmålinger foretas med trykk-transmittere med aktuelt trykkområde. Til temperaturfølere er det benyttet termoelementer. Målepunktene er som følger:

- Trykkuttak for måling av trykkfall gjennom filteret.

- Trykkuttak for pitotmåling av dynamisk trykk, hastighet og luftmengde.

- Måling av utelufttemperatur.

- Måling av temperaturen på nettingen under filteret.

- Måling av temperaturen i skapet.

Loggeren registrerer de 5 målepunktene hvert 5. minutt. Resultatene ble som nevnt lastet ned via mobil-telefon og presenteres som 5 kurver i et diagram ved hjelp av dataprogrammet Easy View. Diagram 1 til 4

som vist i denne artikkelen er utskrifter fra dette programmet. Det er valgt å vise 3 av de 5 kurvene.

Pilotanlegget - resultater

Pilot- anlegget ble satt i drift 16. november 2001. Målinger ble gjennomført vinteren 2001-2002 og viste gode resultater. De ble også startet opp igjen og fulgt opp vinteren 2002-2003. I denne siste testen ble pilotanlegget også utstyrt med et hovedfilter, kammerfilter og effekten til varmekablene ble frakoblet. I det første forsøket ble det oppdaget at varmekablene hadde liten eller ingen effekt så lenge den kalde uteluften passerte gjennom risten. Først når viften stanset og luftstrømmen opphørte hadde varmekablene tilstrekkelig effekt til at isen

løsnet fra risten og ramlet ned på taket.

Pilotanlegget var imidlertid utstyrt med en vifte som gikk kontinuerlig. Resultatet var at etter hvert som risten ble tildekket med snø og is, minket luftmengden. Når man ser hvordan risten ser ut (se figur) er det utrolig hvordan luften kan forsere en slik rist. Det har hele tiden stått varme på risten. Vi tror først at det er varmen som medvirker til at risten holdes delvis åpen. Men dette skal senere vise seg ikke er forklaringen på at luften kan passere.

Ved hjelp av pitotrør plassert i luftstrømmen, kunne endringen i luftmengden logges etter hvert som trykket over risten varierte. Forsøkene ble gjennomført i desember 2001 og det ble høstet mange erfaringer underveis. Et lite utdrag av for-

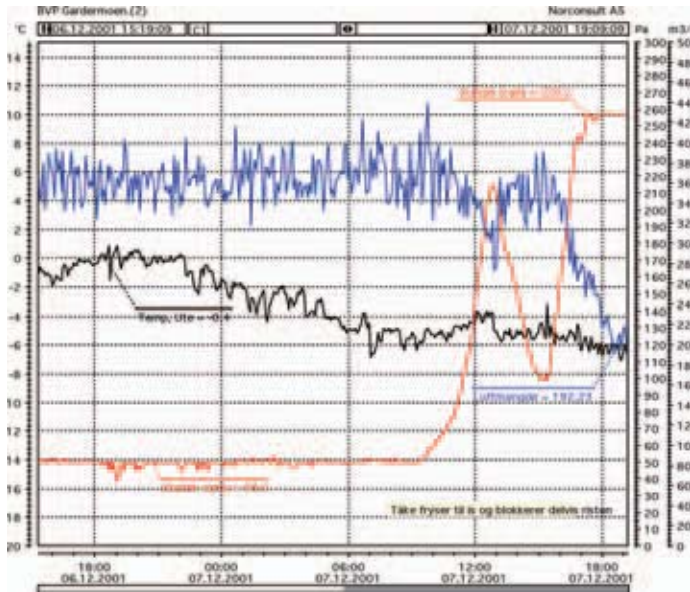


Diagram 1. Et døgnns utdrag av forsøk desember 2001. Blå kurve - luftmengde. Rød kurve - trykkfall over risten. Svart kurve - utetemperatur. Kl.09.00 den 07.12.01 begynner det å legge seg rim på risten og trykket over risten stiger fra ca. 50 Pa til 212 Pa kl.13.00. Samtidig reduseres luftmengden fra om lag 400 til 270 m³/h. De neste 2 timene faller trykket over risten med 112 Pa for deretter å stige til 257 Pa kl.17.00. Luftmengden reduseres til 192 m³/h. Det er tåke som fryser til is på bakken. De tradisjonelle luftinntakene på Gardermoen fryser nå til og må stanses. Gjennom pilotanlegget måler vi 50 % av nominell luftmengde.

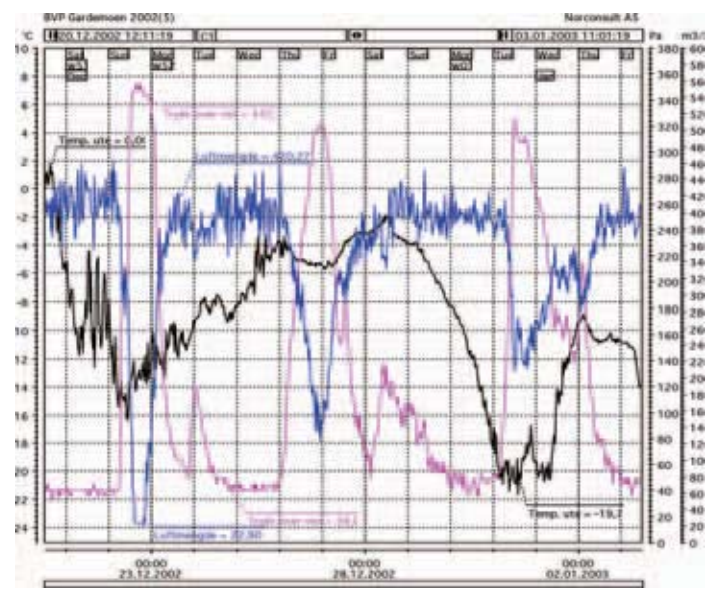
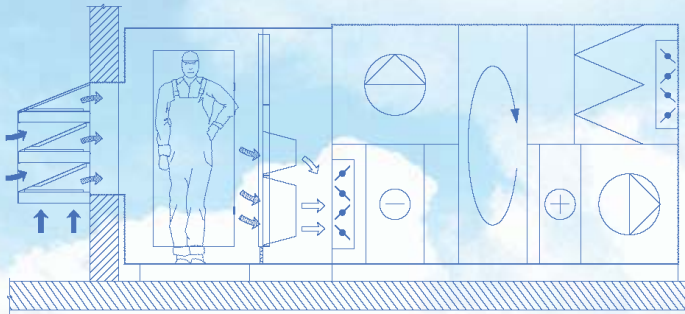


Diagram 2. Utskrift fra forsøk i tidsrommet 21. des .2002 til 3. jan. 2003. Blå kurve - luftmengde. Rød kurve - trykkfall over risten. Svart kurve - utetemperatur. Vi ser hvordan risten tilrimes samtidig som utetemperaturen faller den 22.12.02. Trykket stiger til ca. 350 Pa og luftmengden reduseres fra 400 til 23 m³/h. Temperaturen sank til 16 fFIC før den begynte å stige igjen. Plutselig faller trykket og luftmengden øker uten at risten er tilført varme.



Forslag til aggregatløsning for administrasjonsbygget.



Måleutstyr koblet til inntaksristen, sett innenfra aggregatet.

forts....Luftinntak og vær

søksresultatene er vist i diagram 1. Resultater fra forsøk vinteren 2002 - 2003 er vist i diagram 2.

De fleste ventilasjonsanlegg kan akseptere en kortere stans av lufttilførselen. Det ble 13.12.01 derfor gjennomført en halv times stans av viften slik at luftstrømmen opphørte. Dette førte til at "iskaka" som dekket grovfilteret falt av. Dette skjedde i løpet av 20 minutter.

Værforhold - påvirkning

Værrapporten viser at Gardermoen har mange dager med tåke samtidig som temperaturen er under null. Det er dette som gjør at luftinntakene ofte går tette. Av værrapporten fra Gardermoen fremgår det at tåke og kuldegrader har forekommet 13 dager i løpet av

forsøksperioden i november og desember 2001. Vi hadde 14 dager med forekomst av snø eller snøbyger, 6 dager med yr og sludd og 4 dager hvor det har forekommet regn. I denne perioden hadde vi 4 tilfeller av redusert luftmengde hvor bare 20 % av luftmengden (eller 80 m³/h) passerte risten.

Det er særlig 3 typer vær som de fleste luftinntak har problemer med. Disse er som følger:

Tåke som fryser på bakken (freezing fog).

Underkjølt regn.

Snøvær ved -10 til -15°C.

Det mest typiske været i testperioden var det meteorologen kaller freezing fog. I værutskriftene fra Meteorologisk institutt ble denne værtypen rapportert 13 ganger i løpet av den første måleperioden fra 16. november til 20.

desember.

Vi hadde også snøvær omkring null grader og underkjølt regn, mens vi i den første testperioden ikke opplevde den fine snøen som går tvers igjennom de fleste luftinntak og blokkerer hovedfilteret. Problemene med både freezing fog og underkjølt regn er at luftinntakene fryser igjen og hindrer tilførselen til luftbehandlingsanlegget. Dersom dette skjer uten at viftene nedregulerer turtalet eller stanses helt, vil det opparbeides et undertrykk som kan deformere og ødelegge de rektangulære kanalene.

Selv om flyplassen har et typisk innlandsklima med kald vinter med mye snø og is, svinger temperaturen hurtig. Ved svingninger omkring 0 °C ble det observert at isen og snøen kunne forsvinne fra risten uten at det

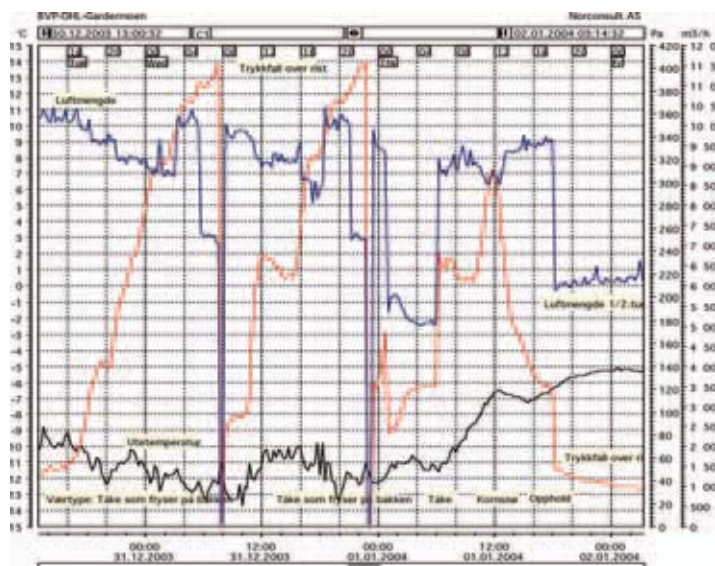


Diagram 3. Utskrift fra forsøk januar 2004. Blå kurve - luftmengde. Rød kurve - trykkfall over risten. Svart kurve - utetemperatur. Luftmengden synker fra ca. 10 000 m³/h kl. 15 den 30.12.04 til 7500 m³/h i løpet av 9 timer. Trykket over risten stiger fra 40 Pa til 400 Pa i løpet av denne tide. Luftbehandlingsanlegget stoppes som det er innstilt på ved 400 Pa. Varmekablene settes på og "smelter" isen slik at den løsner fra risten og faller ned på taket. Dette skjer i løpet av en innstilt tid på 30 minutter. Anlegget settes deretter i drift samtidig som varmen slås av. Luftmengden går raskt opp til nominell mengde på ca. 10 000 m³/h. Men siden været er det samme begynner trykket å stige igjen. Av kurven ser det ut som ikke all isen er fjernet fra risten siden trykket startet på ca. 90 Pa. Derfra stiger det til 400 Pa i løpet av 9 timer som tidligere. Luftmengden faller igjen til 7 500 m³/h og anlegget stoppes for ny avriming. Etter 2 timer settes anlegget i drift og luftmengden øker til ca. 10 000 m³/h. Trykkfallet over risten starter nå på 120 Pa og stiger til 170 Pa i det anlegget endres til halvt turtall ved midnatt nyttårsaftnen. Anlegget yter nå om lag 5 500 m³/h, og det er fortsatt noe tåke. 1. nyttårsdag endres turtallet fra 2 til fullt kl 06.00, og luftmengden stiger til ca. 9 000 m³/h. Det er snøvær ute og temperaturen har begynt å stige. Trykket over risten stiger først til 320 Pa for deretter å falle samtidig som snøværet gir seg og det blir oppholdsvær. Som vi ser av diagrammet er det først en liten reduksjon i luftmengden før den stiger til nominell verdi. Trykket over risten er nå 120 Pa. Kl. 18.00 settes anlegget ned på 1/2 hastighet igjen. Luftmengden ligger nå omkring 6 000 m³/h, og trykket over risten faller til 40 Pa. Som vi ser kan anlegget fortsette å levere en redusert luftmengde varierende fra 100 til 75 % i 9 timer før det må stoppes og avrimes.

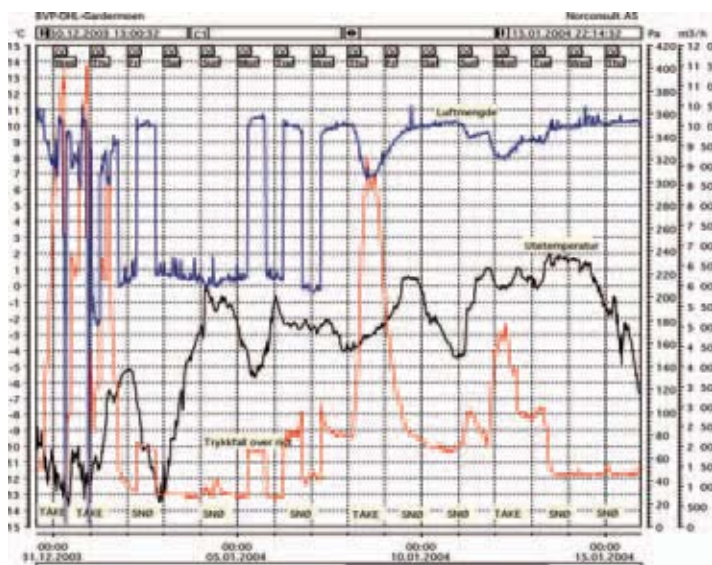


Diagram 4. Utskrift fra forsøk januar 2004. Blå kurve - luftmengde. Rød kurve - trykkfall over risten. Svart kurve - utetemperatur. Anlegget er endret fra kontinuerlig drift før årsskiftet til dag- og nattdrift (hel og halv luftmengde) slik det fremgår av kurvene. I tillegg til de driftsstoppene som ble nødvendig i starten av året klarer anlegget seg gjennom de neste 14 dagene uten stans. Dette til tross for at trykket stiger til 320 Pa den 8. januar. Som antydning er det tåke som fryser på bakken og medfører delvis tilriming av risten og med økende trykkfall som resultat. Fra den blå kurven ser vi at luftmengden er redusert fra ca. 10 000 m³/h til ca. 8500 m³/h. Den blå kurven viser at anlegget kjøres med 1/1 luftmengde fra den 7. januar.

ble satt varme på risten. Uten verken varmetilførsel, stans av aggregatet eller fysiske inngrep tok det ca. 12 timer før grovfilteret igjen var rent for snø og is etter tilriming.

I forsøksperioden 2002 - 2003 hvor pilotanlegget også var utstyrt med kompaktfilter, ble det ikke gjort observasjoner hvor den fine snøen på kalde dager medførte problemer eller trykkøkning for filteret.

Eksisterende bygg på Gardermoen ble ombygd og utført med det luftinntaket vi hadde testet

Alle de vellykkede forsøkene førte til at driftsavdelingen ville lage et tilsvarende luftinntak i full skala. Dette ble aktuelt i forbindelse med renovering av luftbehandlingsanlegget på det gamle administrasjonsbygget.

Høsten 2003 ble planene satt ut i livet og et nytt luftinntak ble dimensjonert for 14 000

m³/h. Anlegget kjøres for tiden med ca. 10 000 m³/h. Viftene er utstyrt med frekvensomformer.

To gamle ventilasjonsaggregater ble byttet ut med et nytt, samtidig som den totale kapasiteten ble doblet. Kanalanlegget ble utbedret og alle ventiler byttet. I tillegg ble anlegget utstyrt med mekanisk kjøling.

Ved hjelp av luftmengdemåling i aggregatet og måling av trykkfall over luftinntaket, kan vi følge med på hva som skjer når snø og is legger seg på risten/grovfilteret. I det tekniske rommet har vi plassert den samme måleutrustningen som ble benyttet på pilotanlegget. For å måle luftmengden benytter vi oss ikke av pitotrør, men av "måledysene" som finnes som standardutrustning på viftene til Flåkt. Vi kan dermed få utskrift av de funksjoner vi ønsker å måle som utetemperatur,

luftmengde gjennom aggregatet og trykkfall gjennom luftinntaket.

Temperatur- og trykkurver fra luftbehandlingsanlegget på Gardermoen

Ved hjelp av vår måleutrustning har vi tatt både daglige og ukentlige utskrifter av hvordan det varierende været har påvirket anlegget og hvor mange avisinger vi har fått under de rådende forhold. Vi har valgt å ta for oss januar siden dette også er en vanskelig periode på Gardermoen. Den 30. desember starter med tåke som fryser på bakken (Freezing fog) og innleder år 2004 med krevende forhold for luftinntakene. Se diagram 3 og 4.

forts....Luftinntak og vær



Tilrimet rist dekket med snø og is.



Skap med måleutrustning.

Styring av anlegget

Automatiskanlegget er laget slik at når trykkfallet over luftinntaket øker fra nominell verdi på ca. 40 Pa til 400 Pa, stoppes anlegget samtidig som varmekablene settes i drift. Etter 30 minutter blir viftene startet opp igjen og effekten til varmekablene frakoblet. Trykktapet over risten er etter oppstart som regel falt tilbake til det normale. Hvilke trykkfall vi skal tillate over risten før anlegget stoppes og tiden for avising kan begge reguleres etter ønske og behov. Vi har observert at det er tilstrekkelig å smelte et tynt sjikt nærmest risten for at "iskaka" skal løsne og falle av. Det kreves

derfor lite energi for å fjerne is og snø fra risten. En trykkøkning over risten fra 40 til 400 Pa gir en reduksjon av luftmengden i anlegget på om lag 20 %.

Hva som er et optimalt maksimaltrykk før et anlegg stoppes, bør velges ut ifra den tiden anlegget kan være ute av drift. Dette vil variere med de behov kunden har til anlegget. I de anlegg som ikke er i drift om natten bør avisingen om mulig forskyves til denne tiden.