VINNOVA RAPPORT
VR 2009:30

INOMHUSSKIDBACKE I LINDVALLEN, SÄLEN

STEFAN LARSSON
&
MATS RÖNNELID

HÖGSKOLAN DALARNA

Titel: Inomhusskidbacke i Lindvallen, Sälen
Författare: Stefan Larsson & Mats Rönnelid - Högskolan Dalarna
Serie: VINNOVA Rapport VR 2009:30
ISBN 978-91-85959-89-1
ISSN 1650-3104
Utgiven: November 2009
Utgivare: VINNOVA - Verket för Innovationssystem
Diarienummer: 2008-01597

Om VINNOVA

VINNOVAs uppgift är att *främja hållbar tillväxt* genom finansiering av *behovsmotiverad forskning* och utveckling av *effektiva innovationssystem*.

Genom sitt arbete ska VINNOVA tydligt bidra till att Sverige utvecklas till ett ledande tillväxtland.

Produktion av tjänster och användning av IT är alltmer centralt inom de flesta verksamheter, från basindustrin till offentlig verksamhet och hälso- och sjukvård. Ett aktivt interagerande med användare i FoU ökar svensk konkurrenskraft, leder till innovationer i form av effektiviseringar såväl som i form av nya varor, tjänster och processer, samt skapar ny kunskap och kompetens.

Pilotprogram för besöksnäringen inom tjänsteinnovationsområdet. Besöksnäringen har en inneboende handlingskraft och oupptäckt potential. VINNOVA, SHR och HRF har därför gemensamt kommit fram till att satsa drygt 10 miljoner på ett pilotprogram för besöksnäringen.

I serien VINNOVA Rapport publiceras externt framtagna rapporter, kunskapssammanställningar, översikter och strategiskt viktiga arbeten från program och projekt som finansierats av VINNOVA.

Forskning och innovation för hållbar tillväxt

I VINNOVAs publikationsserier redovisar bland andra forskare, utredare och analytiker sina projekt. Publiceringen innebär inte att VINNOVA tar ställning till framförda åsikter, slutsatser och resultat. Undantag är publikationsserien VINNOVA Policy som återger VINNOVAs synpunkter och ställningstaganden.
VINNOVAs publikationer finns att beställa, läsa och ladda ner via www.vinnova.se. Tryckta utgåvor av VINNOVA Analys, Forum och Rapport säljs via Fritzes, www.fritzes.se, tel 08-690 91 90, fax 08-690 91 91 eller order.fritzes@nj.se.

Inomhusskidbacke i Lindvallen, Sälen

av

Stefan Larsson & Mats Rönnelid

Högskolan Dalarna

HÖGSKOLAN
DALARNA

Innehåll

Sammanfattning **5**

Bakgrund **6**

1 Inledning **7**
1.1 Utformning av inomhusskidbacke i Lindvallen, Sälen 7

2 Teknisk lösning Skidhus **10**
2.1 Koncept 10
2.2 Tekniska data 10

3 Simulering i Flowworks **12**
3.1 Teknik 12
3.2 Avgränsningar 12
3.3 Testfall 13
3.4 Case 1 14
3.5 Case 2 15
3.6 Case 3 17
3.6.1 Kommentarer till Case 3 20
3.7 Energibehov för skidhuset 21

4 Systemaspekter i Lindvallens fjärrvärmenät **23**
4.1 Solvärmedriven kyla 23

5 Diskussion **25**
5.1 Inomhusskidbackens energiförbrukning i relation till övrig energiförbrukning inom turistverksamheten i Sälen 26

Referenser **28**

Bilaga 1 Inomhusskidbackar i världen **29**
Snötillverkning 32
Klimat/Ventilation/kyla 34

Bilaga 2 Reserapport Torsby skidanläggning **38**
Bakgrund 38
Teknisk beskrivning 40
Kylteknik & klimatsystem 41
Diskussion 43

Sammanfattning

Marknaden för inomhusskidbackar är tydligt under en kraftig expansion runt om i världen. Det finns ett 40-tal inomhusskidbackar i drift och ytterligare en rad projekt planeras.

I Sverige finns hittills ingen inomhusskidbacke i drift. Det planer på ett mindre antal inomhusskidbackar ifrån Västernorrland och söderut. I dagsläget (hösten 2009) finns konkreta planer på större inomhusskidbackar i såväl Fränsta samt Isaberg med investeringar i storleksordningen 300 MSEK vardera, men ekonomin har gjort att byggstarten skjutits upp.

Klimateffekten omnämns ofta som en drivkraft, dock kan det noteras att majoriteten av projekten innehåller mycket mer än inomhusskidbacken, i form av en rik flora av andra nöjes- och fritidsaktivteter.

Beräkningar har gjorts på en 1000 m lång, 100 m bred och 250 m hög inomhusskidbacke vid Lindvallen, Sälen. Energiförbrukningen beräknas bli ca 16 kWh/m2 för kyla och uppvärmning för en backe med -3 graders lufttemperatur och året-runt-drift. Anläggningens totala energiförbrukning (inkl. snötillverkning, driftsel, skidlift mm) blir i storleksordningen 3-4 gånger större, och är bl a beroende på hur snön kommer att tillverkas och distribueras inom anläggningen. Erfarenheter verkar peka på att extern snötillverkning där den färdiga snön tillförs backen är att föredra samt att hög luftfuktighet reducerar mängden snö som måste tillföra.

Bakgrund

SkiStar AB äger och driver verksamhet på alpindestinationer i Sälen (Lindvallen/Högfjället och Tandådalen/Hundfjället), Åre och Vemdalen i Sverige samt Hemsedal och Trysil i Norge.

Kärnverksamheten är alpin skidåkning med våra gästers skidupplevelse i centrum. Övrig strategisk verksamhet är logiförmedling, skiduthyrning och skidskola. Verksamhet utanför kärnområdet som till exempel restauranger arrenderas ut till professionella samarbetspartners.

Projekt Snö, som ägs av Skistar AB, har haft som syfte att utreda möjligheten för inomhus- skidåkning genom en större inomhusskidbacke i Sälen

Högskolan Dalarna har haft som uppdrag från Skistar AB att göra en teknisk beskrivning av en tänkt inomhusskidbacke samt beräkna energiåtgång och ge förslag till teknisk utformning, vilket redovisas i denna rapport. Uppdraget har diskuterats fram under ett antal möten med representanter från Skistar/Lindvallen och Högskolan Dalarna, ämnet Energi- och miljöteknik.

Under hösten 2008 har Högskolan Dalarna, genomfört en marknadsinriktad ”State of the art” studie omfattande inomhusskidbackar där artificiell snötillverkning nyttjas. Vidare genomfördes en studieresa till Skidtunneln i Torsby (längdskidåkning) för att inhämta svenska erfarenheter från snötillverkning och snöbaserad året-runtverksamhet, vilket beskrivit i en kortare reserapport. Dessa två rapporter finns som bilagor till denna studie.

1 Inledning

De ca 40 större inomhusskidbackar som idag finns runt om i världen är antingen friliggande (t ex i Dubai) eller gjorda direkt på marken. Den första bilden i bilaga 1 visar en kombination av dessa två tekniker. Skillnaden mellan dessa två tekniker är dels att en friliggande backe kräver omfattande, och troligtvis dyra, konstruktioner då backen måste ha en viss lutning för att kunna erbjuda utförsåkning. Även energimässigt är det skillnader då en friliggande utförsbacke blir mer utsatt för omgivande väderlek (vind och temperatur) då alla sidor vetter mot luften.

Den idag längsta inomhusskidbacken ligger i Bottrop i Tyskland och har en total pistlängd på 640 m och 30 m bredd. Pga byggnadens storlek ligger den på mark (utom översta delen). Anläggningen visas i bilderna nedan. Bilder på anläggningen kan ses på hemsidorna http://www.flickr.com/photos/rockit/3144569450/ (bild utifrån) samt http://www.sunkid.at/ehtml/news-bottrop-08-e.htm. Den senare sidan visar speciellt den skidtunnel som placerats utanför själva backen som innehåller skidliften (bestående av två transportband) som transporterar utförsåkarna till toppen av backen. Av bilderna av dömma ligger backen i en industriomgivning och området verkar sakna annat rekreationsvärde än just inomhusskidbacken och de verksamheter som inryms där.

Skistar AB i Lindvallen har diskutera att uppföra en stor inomhusskidbacke för att kunna erbjuda utförsåkning året-runt. Backen är tänkt att ligga på befintlig fjällsluttning. Backens storlek har diskuterats att bli ca 1000 m och skulle därmed bli världens i särklass längsta inomhusskidbacke. Fjällsidan har en genomsnittlig lutning på 25 grader, vilket då också blir backens lutning. Då backen i Sälen ligger mitt i det idag befintliga pistsystemet är omgivningarna vackra och skidbacken kommer att fungera som ett komplement till övriga verksamheter vid Lindvallen (t ex upplevelsecentrumet Experium som invigs i december 2009).

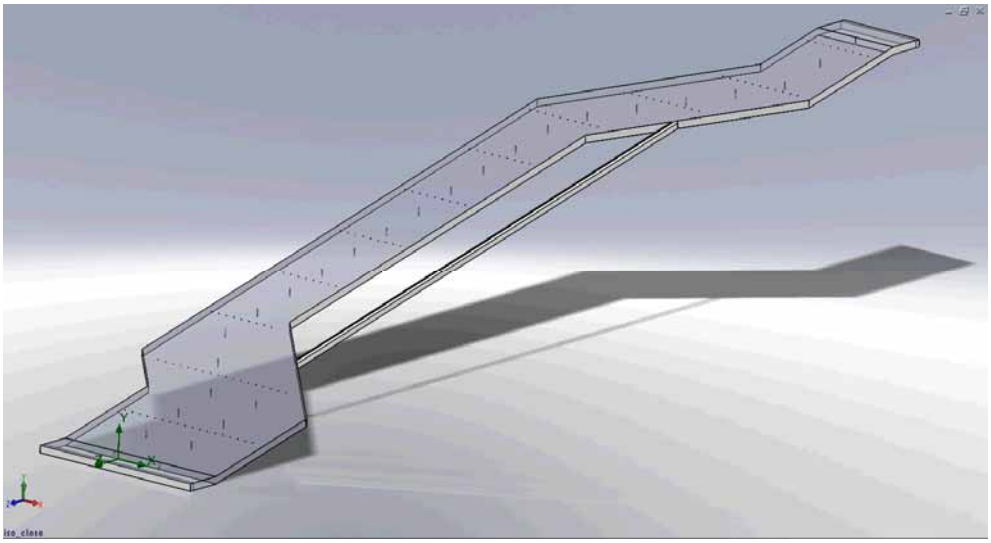
1.1 Utformning av inomhusskidbacke i Lindvallen, Sälen

En anläggning av denna storlek kommer, förutom betydande investering vid byggandet, att innebära stora energikostnader då inomhusklimatet behöver vara jämt året runt. Energi kommer att krävas för såväl kyla (sommartid), värme (främst vintertid), snötillverkning, ventilation och drift (belysning, liftar mm). Byggnaden blir också extrem på flera sätt, inte minst för att det kommer att innebära ett mycket stort öppet rum som dessutom lutar vilket

gör att man får en öppen höjd på över 250m. Det kommer därför att vara stora tryck- och temperaturskillnader mellan olika delar av backen om inte ventilationssystem etc utformas på rätt sätt. Luftens temperatur inuti byggnaden blir också avgörande för luftrörelserna. Att räkna energiförbrukning genom enkla U-värdesberäkningar är därför inte speciellt realistiskt i ett fall som detta utan vi har bedömt det som att beräkningar där termiken i byggnaden studeras är avgörande för att få fram vilka lufttemperaturer det ska vara i bygganden, hur ventilationsluft ska tillföras etc, och utifrån detta få fram bra och realistiska driftsförhållanden som utgör utgångspunkt för energiberäkningarna.

Vi har tillsamman med representanter från Skistar diskuterat fram ett tänkt utseende av en inomhusskidbacke. Byggnaden har måtten Längd 1000 m, bredd 100 m och höjd 8m, se figur nedan. Den valda geometriska formen är inte optimerad utifrån naturens faktiska form, utan har valts som ett exempel; en helt rak skidbacke riskerar att bli för tråkig, vilket t ex antagligen är skälet till att inomhusskidbacken i Bottrop har en böjd form. Takhöjden 8m är inte heller optimerad utan vald av två skäl: Dels ger en för låg takhöjd troligen en alltför instängd känsla då bredden på backen är 100 m. Dels kommer en tänkt sittlift att behöva denna takhöjd för att inte komma för nära snön där den passerar pisterna. Vi har valt att sittliften (räknat på en 6-stolslift) går i en tunnel bredvid pisten under en del av sträckan. På detta sätt minskar man intrånget i pisten samt ökar möjligheten att se ut över omgivningarna, men även en enklare liftkonstruktion som kan vara rak istället för att följa byggnadens böjda form.

Figur 1 Skidhusets designkoncept. En bredare sektion vid basen tillåter att byggnaden förses med köhanteringssystem och bekvämlighetsfaciliteter. Liftsystemet går ut i en tunnel med fönster så att skidåkare kan se omgivningen utanför Skidhuset under liftturen upp till toppen av backen



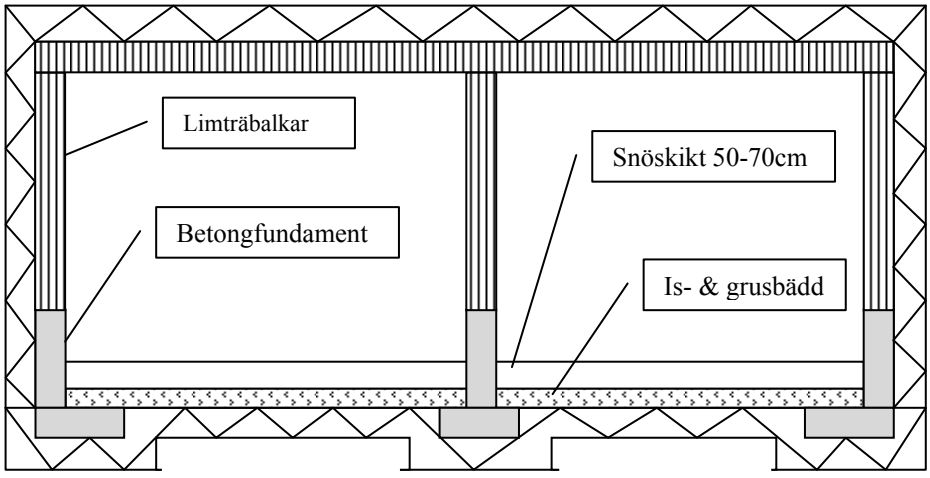
Tunnel för Skidlift med fönster ut mot den omkringliggande miljön (där cirkulerar en 6-stols lift).

Ett tvärsnitt av byggnaden i figuren nedan visar hur Skidhusets bärande respektive isolerande struktur ser ut. Principen som bör följas innebär att antalet köldbryggor minimeras genom att den bärande strukturen placeras på insidan av isolerskalet.

Skidhusets konstruktionslösning har baserats på tekniken som saluförs av företaget SnowTek (Finland). Denna lösning återfinns även i Skidtunneln i Torsby i starthallen samt skjutbanan vars totala bredd ligger strax under den här beräknade. Anledningen till att vi valt att utgå från denna teknik är att erfarenheter från bl a Torsby verkar peka på att tekniken ger snö av hög kvalité som inte behöver bytas så ofta, vilket minimerar energi- och resursåtgången för snötillverkning (se bilaga 2 för erfarenheter från Torsby).

I grundläggningen förläggs en grusbädd på 2-3 skikt av markisolering (Expanderad polystyren), i detta fall har 300mm total tjocklek använts i beräkningarna. I en verklig byggnad ökas densiteten i isoleringen under betongpelare, kantbalk mm så att tillräcklig hållfasthet erhålls. Rörslingor förläggs i centrumhöjd i grusbädden enligt koncept som påminner om en vanlig isbana. Därefter vattenbegjuts grusbädden med kylsystemet i drift och ett skikt av rörslingor, grus och is erhålls.

Figur 2 Ett tvärsnitt av en tänkbar byggkonstruktion för ett Skidhus där köldbryggor reduceras till ett minimum



Byggnadsmåtten är inte skalenliga utan höjden (grus-tak) beräknas till 8 m och bredden mellan ytterväggarna till 100 m.

I väggar och tak kan isolering avsedd för butiks- alternativt industribyggnader användas där krav ställs på att materialen klarar kall, fuktig miljö (liknande kylrumsteknik).

2 Teknisk lösning Skidhus

2.1 Koncept

Det koncept som sannolikt har den lägsta energiförbrukningen utnyttjar möjligheten att kontrollera inomhusklimatet efter koldioxidhalt, luftfuktighet samt temperatur för att minska behovet av tillförd snö. En effektiv styrning av inomhusklimatet ger möjlighet att kontrollera utbytet av fukt mellan snöskiktet och den ovanför liggande luftmassan.

Vi har valt att utgå från SnowTek's system där snön tillverkas genom riven is och tillförs en nedkyld backe (-3 ºC) efter tillverkning (t ex genom ett pipe-linesystem). I fallet SnowTek-systemet rapporteras lägre förbrukning av snö än för andra system där snö tillverkas på plats i backen med snökanon. En låg snöförbrukning orsakas sannolikt av att snön hålls i ett nära konstant tillstånd i temperatur och fukthalt av klimatsystemet. Om snö tillverkas internt med snökanon kommer inomhusklimatet att fluktuera mer, och zoner med förhöjd/sänkt temperatur och/eller luftfuktighet kommer att kunna uppstå, vilket ökar snöförbrukningen. I Torsby rapporterades att byte av snö sker en ggr per år. Av Skistar's experter på området upplevdes kvalitén på snön som mycket god, trots att den pistats nästan dagligen.

2.2 Tekniska data

Byggnadens tekniska data har tagits fram med hänsyn till att det sammanlagda värme- och kylbehovet ska vara så litet som möjligt.

Mean U value:	0,20 W/(m² K)
Maximum specific heating load:	18,1 W/ m²
Maximum specific cooling load:	11,5 W/ m²
Effective heating days:	102
Interior temperature:	-3,0 °C
Ventilation:	
Natural ventilation (infiltration):	0,00 1/h
Mechanical ventilation:	0,16 1/h
Heat recovery (only mech. ventilation):	80 %
Internal gains:	10,0 kWh/(m² a)

De valda indata för beräkningarna har inte optimerats utan kommer att behöva specificeras i mer detalj den dag som man slutligen valt teknik, byggnadsutformning, personbelastning etc. Denna beräkning kommer med nödvändighet att bli mer omfattande än den vi gjort i denna studie och har

inte rymts inom projektets budget. Vi har dock gjort vissa val av parametrar som vi anser vara realistiska:

Med ett U-värde om 0,2 W/(m^2K) åtgår ~20kW/K för uppvärmning normalt exklusive ventilationsförluster för hela byggnaden. U-värdet 0,2 W/(m^2K) är valt utifrån en standard vi sett andra anläggningar har (vissa andra skidhallar inkl. skidtunneln i Torsby. Ökad isolering kan minska kyl- och värmebehovet, men ökar också konstruktionskostnaderna för backen.

Med en personbelastning om 1500 personer avges ~75-100kW personvärme vid sidan av det värmeflöde som tillförs byggnaden sommartid genom ytterväggarna. Detta har tagits hänsyn till då vi uppskattar den interna genereringen av värme (personer, belysning etc) till 10 kWh/m^2, år.

Ventilationsgraden är satt till 0,16 luftomsättningar per timme vilket beräknats räcka för att hålla koldioxidhalten i luften under 1000 ppm. Socialstyrelsen rekommenderar en luftomsättning på minst 4l/s och person i byggnader för att hålla CO_2-halten nere. Vår luftomsättning ger närmare 6 ggr detta värde vid en belastning på 1500 personer i byggnaden och skulle kunna sänkas.

Vidare antar vi en värmeåtervinningsgrad av ventilationsluften på 80%, motsvarande ett högeffektivt värmeåtervinningssystem som idag finns på marknaden. Detta är nödvändigt för att hålla energibehovet för värme och kyla (beroende på säsong) så lågt som möjligt.

3 Simulering i Flowworks

Flowworks är ett program som simulerar flöden och värmetransporter. Programmet gör beräkningar under statiska förhållanden (t ex fast utomhustemperatur och tryck samt bestämda yttemperaturer inomhus) och sålunda kan endast vissa specialfall beräknas. Nedan ges ett antal förutsättningar för beräkningarna, vilket behövs för att förstå beräkningarnas omfattning och begränsningar:

3.1 Teknik

Den utrustning som nyttjats är avstämd till projektets delbudget för strömningssimuleringar.

För beräkningar har datorer av sk Workstation-klass använts, med följande bestyckning (kort sammanfattning):

Processor:	Intel Quad 3 Ghz (4 st processorer per moderkort)
Minne:	8 Gb
Grafik:	ATI FirePro 8700 (1 Gb grafikminne)
Hårddiskar:	Samsung 1 TB (RAID konf.)

3.2 Avgränsningar

Byggnadens omfattande storlek med mått om 8 x 100 x 1000m (800’000m^3 volym i beräkningsvolymen) innebar att även med den datorutrustning som har använts, måste antalet beräkningsnoder i den geometriska strukturen begränsas på något sätt för att beräkningssystemet skall klara att komma fram till konvergens. Begränsningen har i detta fallet ordnats genom att byggnaden betraktas i en nedskalning om 1:4.

För att följa likformighetslagarna har luftens densitet justerats, dock bör det påpekas att denna del bör utredas mycket noggrant om exakta kvantitativa mått önskas på hastighetsprofiler mm. Flödesmönstret däremot kan sannolikt vara med verkligheten överensstämmande.

Antalet iterationer i strömningssimuleringarna ligger under det antal som krävs för att kunna finna en säker parameteridentifiering, i detta projekt. Vid ett eventuellt uppförande av en byggnad av denna typ föreslås även att noggranna beräkningar genomförs avseende fler alternativa lösningar för ventilationssystemet (fler testfall).

3.3 Testfall

För att illustrera inverkan av väggarnas avkylning, ventilationsflöden mm har 15 st testfall simulerats. Varje testfall innehåller omkring 41250 st beräkningssteg, dvs totalt har 618’750 iterationer genomförts till konvergens under projektets löptid. Valet av de fem utomhustempåeraturerna (från + 25°C till - 25°C) är de temperaturer SnowTek använder för att presentera driftsdata.

Tabell 1 Testfall

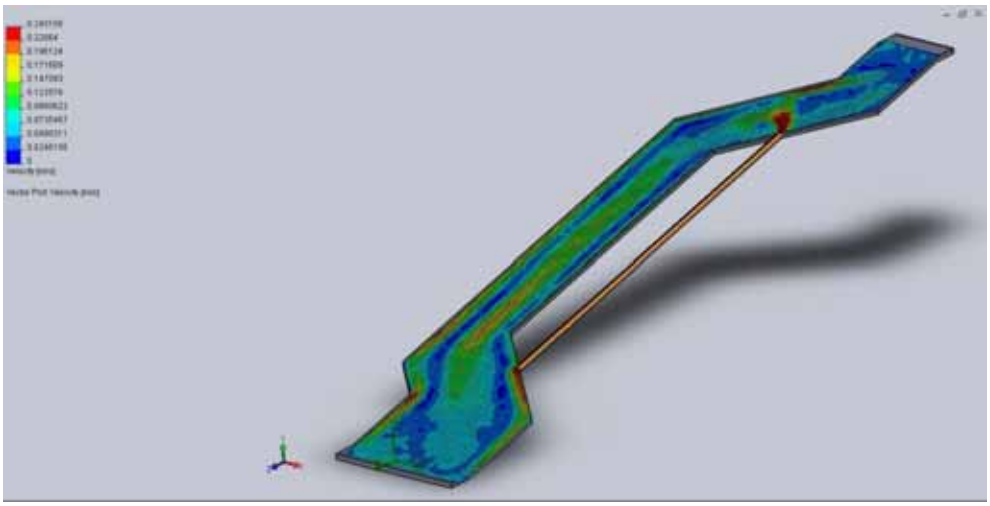
Testfall					
Case 1	-25°C	-10°C	0°C	+10°C	+25°C
Case 2	-25°C	-10°C	0°C	+10°C	+25°C
Case 3	-25°C	-10°C	0°C	+10°C	+25°C

Vid varje testfall genomförs beräkningar av vilken effekt som krävs för att kyla byggnaden (om det är varmt ute) respektive att värma byggnaden (kallt ute). Vi har inte haft möjlighet att genomföra detaljerade beräkningar på energiåtgången på årsbasis genom att göra årssimuleringar baserade på reella väderdata, bl a då vi saknat tillgång till sådana data (som bör innehålla såväl utomhustemperaturer och solstrålning). Årsbehovet av värme och kyla har däremot uppskattats genom att utgå från de fem fallen med olika utomhustemperatur och tagit det viktade resultatet (20% per temperaturberäkning) som en årssumma.

3.4 Case 1

I case 1 har följande randvillkort använts: ”Pistens” lufttemperatur = +4 ºC. Temperaturen på hallens övriga ytor (väggar) är beroende av utomhustemperaturen medan snöytan är -3 ºC. Detta är börvärden som har noterats i flera skidhus runt om i referensunderlaget. Sannolikt kan det röra sig om att inte ansätta allt för stor kontrast mellan utomhustemperaturen och klimatet i pisten, samt reducera energiåtgången något (t ex när en inomhusskidbacke uppförs i ett varmt klimat, ett ökenområde eller liknande).

Figur 3



Initiella simuleringar i en nerskalad geometri. Skala 1:4. Som kan ses i bilderna så skapar ”pistens” nedkylning av luften i hallen ett nedåtgående luftflöde längs med pisten.

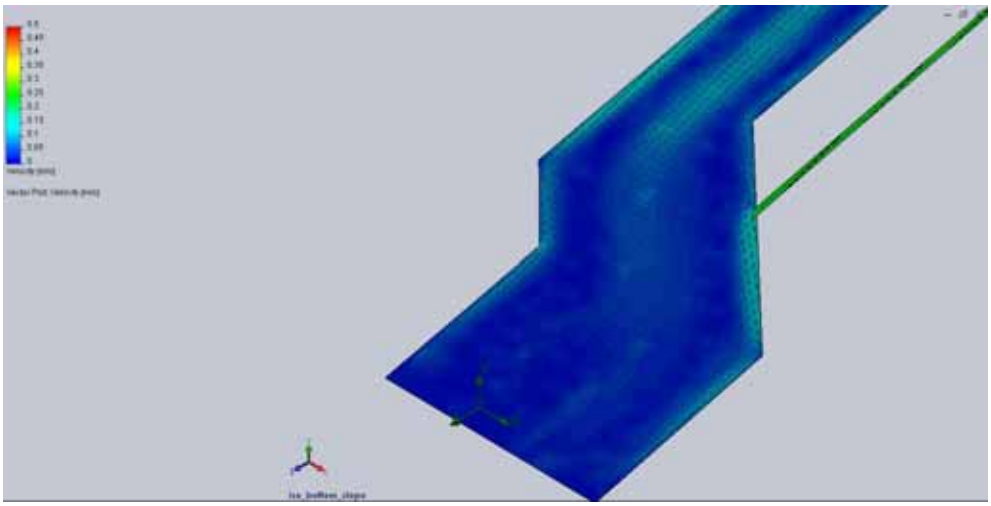
Luften strömmar neråt i mitten av ”pisten” och uppåt längs med väggarna. Detta syns mycket tydligt där en del luftflödet längs med väggen på höger sida av hallen (nedifrån sett) leds in i ”liftkanalen” vilket rör om i ”pistens” övre del där ”liftkanalen” ansluter till ”pisten”.

Denna cirkulationen igenom lifttunneln håller trots det relativt låga flödeshastigheter om under 2 m/s, vilket sannolikt inte upplevs som störande. I de senare driftfallen verkar denna ström reduceras något när ventilationssystemet aktiveras i modellen.

3.5 Case 2

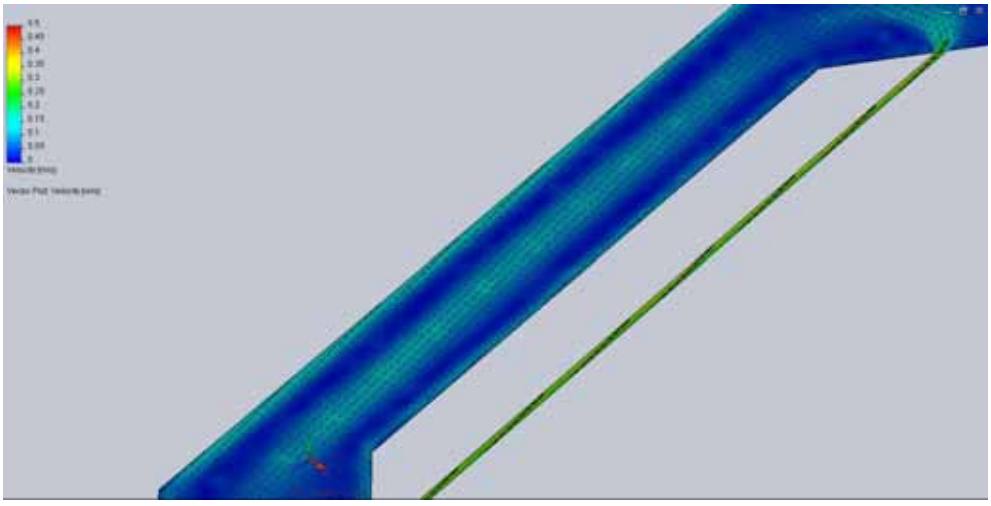
I case 2 har följande randvillkort använts: ”Pistens” lufttemperatur = -3 grader C, fem olika temperaturfall testas, och flödeshastighetsprofiler studeras avseende hur luftrörelserna ser ut.

Figur 4



Temperatur utanför Skidhuset -25°C. Flödeshastigheter om 0,2 m/s kan ses i pisten, samt upp till 0,3m/s i lifttunneln.

Figur 5



Temperatur utanför Skidhuset +10°C. Samtliga beräkningar för utomhustemperatur på -10, 0, +10 och +25°C är snarlika och visar flödeshastigheter om 0,15 m/s i pisten, samt upp till 0,3m/s i lifttunneln.

En konklusion som kan göras är att skillnader i utomhustemperatur ger mindre påverkan på inomhusklimatet om luftens parametrar hålls inom relativt konstanta värden. Om inomhustemperaturen tillåts variera (t ex mellan -5 och -1°C) minskar byggnadens energibehov för värme och kyla

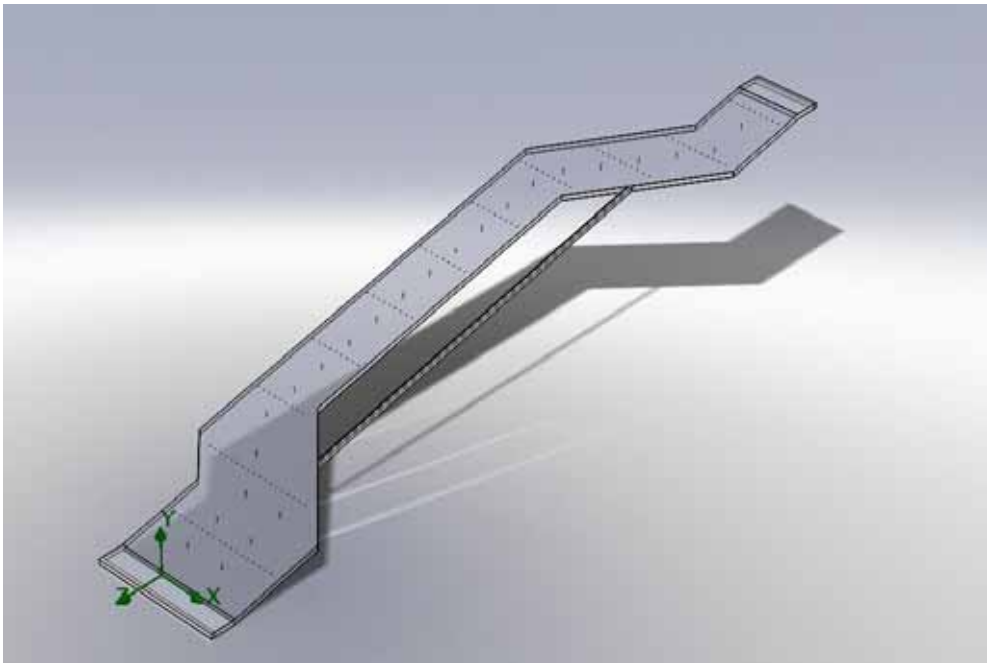
något, men samtidigt skapas större skillnader i luftrörelser och temperaturgradienter i byggnaden, vilket gör inomhusklimatet mindre behagligt och troligtvis ökar snöförbrukningen (eftersom det är svårare att hålla optimalt klimat vid snöytan för att minska snöförbrukningen). I detta fall finns fortfarande inget ventilationssystem, eller annat luftombyte i anläggningen.

3.6 Case 3

I detta fall studeras inverkan av mekanisk ventilation på luftflödena.

Luftflödet ger strömningshastigheten 2 m/s igenom varje inlet i taket och motsvarar ca 0,16 luftomsättningar i lokalen per timme. Inloppen antas vara placerade i 12 rader vinkelrätt mot nerfartsriktningen. Enda utloppet från modellen i simulering i Case 3 är översta kortsidan på hallen (längst upp ovanför backens början). Detta system kan även bytas mot ett system med frånluftdon längs sidan på byggnaden (vilket kan vara en vanligare utgångspunkt).

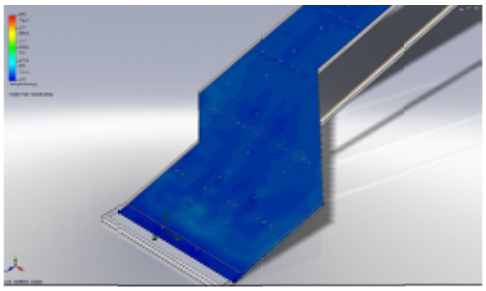
Figur 6 Ventilationssystemets tilluftdon som arrangerats i rader som går tvärs lokalen på 12 positioner inklusive frånluften



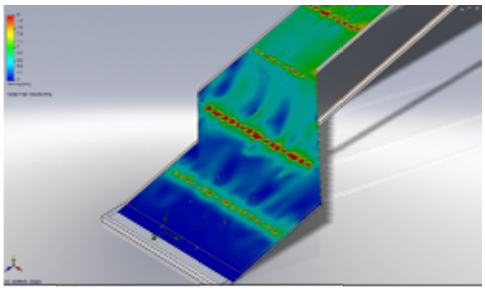
I normalfallet strävar den nedkylda luften efter att sjunka ned mot Skidhusets nedre del, vilket innebär att lufttrycket ökar med möjliga problem i dörrar samt att det känns obehagligt för vissa personer. Genom att tillföra kyld luft sektionsvis under Skidhusets hela höjd med frånluft högst upp noteras en reduktion av lufttrycket nedtill i Skidhuset.

Case 3 – Ventilationshål i taket (Ty=-25 C)

Figur 7

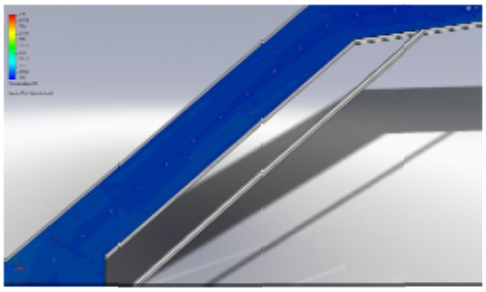


Temperaturkontur på halva takhöjden i lokalen

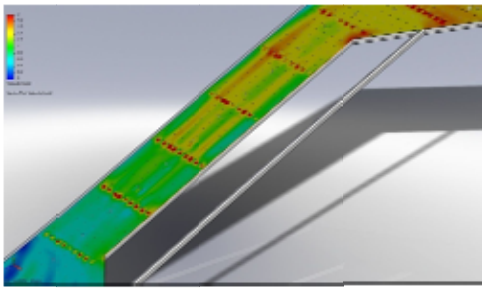


Hastighetskontur på halva takhöjden i lokalen

Figur 8

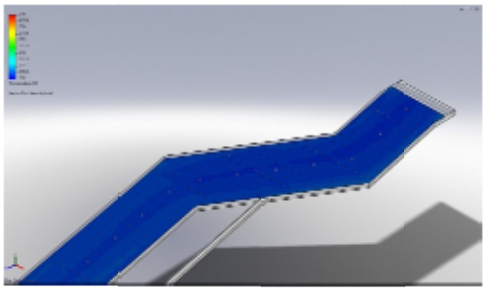


Temperaturkontur på halva takhöjden i lokalen

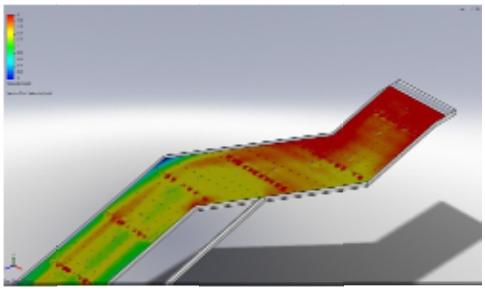


Hastighetskontur på halva takhöjden i lokalen

Figur 9



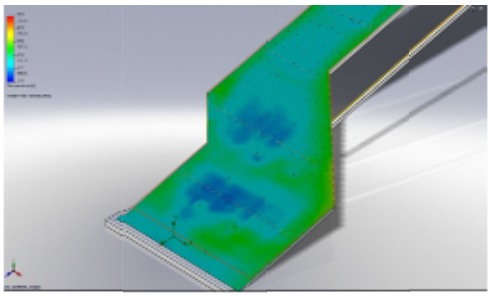
Temperaturkontur på halva takhöjden i lokalen



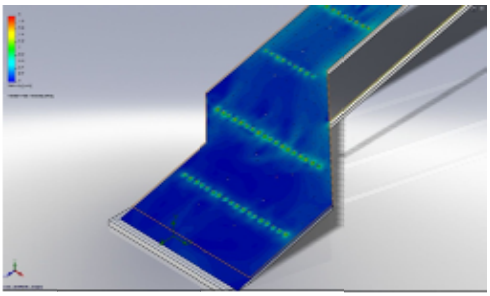
Hastighetskontur på halva takhöjden i lokalen

Case 3 – Ventilationshål i taket (Ty=+25 C)

Figur 10

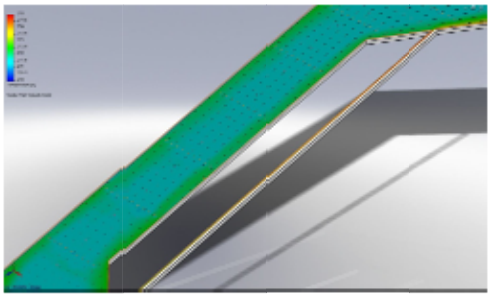


Temperaturkontur på halva takhöjden i lokalen

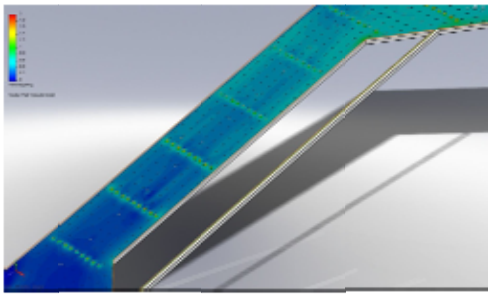


Hastighetskontur på halva takhöjden i lokalen

Figur 11

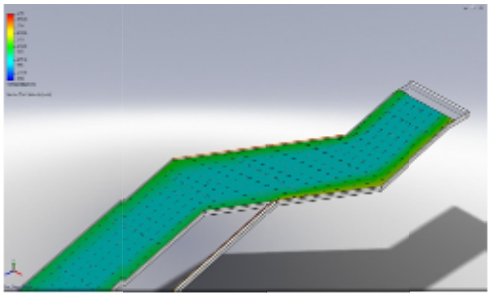


Temperaturkontur på halva takhöjden i lokalen

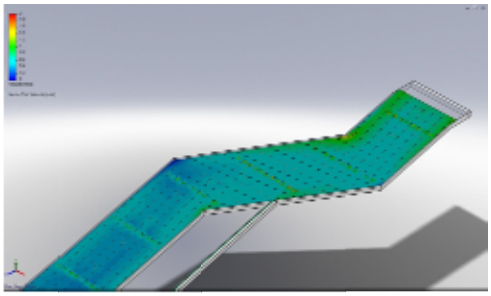


Hastighetskontur på halva takhöjden i lokalen

Figur 12



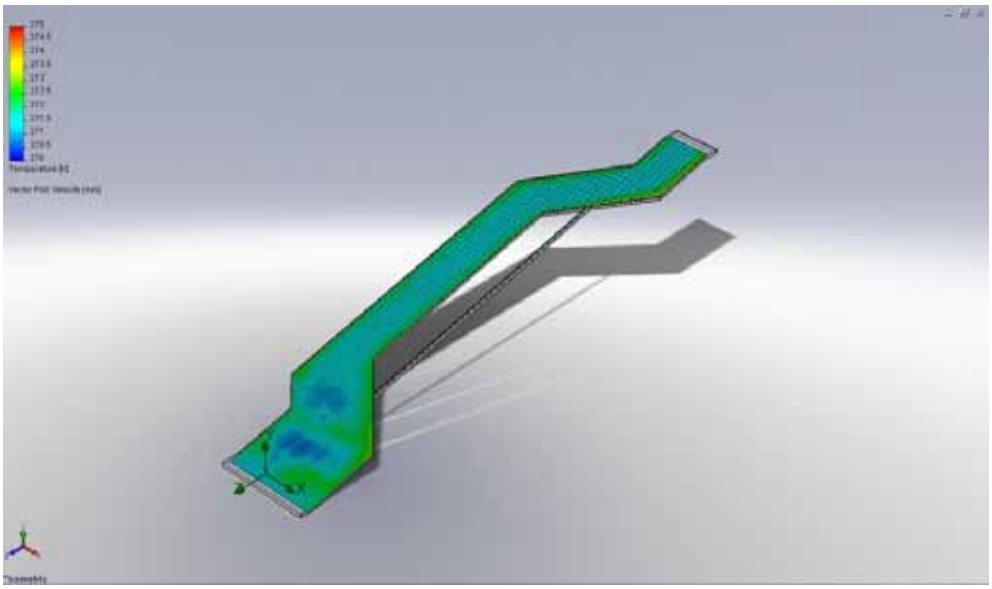
Temperaturkontur på halva takhöjden i lokalen



Hastighetskontur på halva takhöjden i lokalen

3.6.1 Kommentarer till Case 3

Figur 13



Temperaturprofilen inuti skidhuset skiljer sig mellan sommar och vinterdriftsfall. När det är kallt ute (- 25 °C) är det homogen temperatur inne i byggnaden, vilken håller sig kring -3 °C överallt. När det är varm ute är det däremot större temperaturgradienter och temperaturen varierar mellan -0,5°C vid väggarna och – 2,5 °C i mitten av huset. Den relativt homogena temperaturprofilen i hela Skidhuset hela vägen upp till toppen av pisten tycks endast störas av väggarnas isoleringsvärde, varför det kan diskuteras om inte isoleringsvärdet skall ökas till ett värde under 0,20 W/(m^2K).

Även luftflödet varierar mellan sommar- och vinterdriftsfall. I extermfallen är lufthastigheten försumbar i skidhusets nedre del när det är + 25 °C ute, medan lufthastigheten är under 1 m/s i övre delen av huset. I vinterdriftsfallet är lufthastigheterna fortfarande små i nedre delen av huset, medan de är närmare 2 m/s i övre delen av huset. Enda utloppet från modellen i simulering case 3 är översta kortsidan på hallen (längst upp ovanför backens början). Detta är ej optimalt utan antagligen måste flera utlopp nyttjas i hallen för att evakuera luften på ett optimalt sätt och förhindra alltför hög och obehaglig lufthastighet i övre delen av backen.

Beräkningen visar att lufttrycket är 101,329 kPa i nedre delen av byggnaden och 101,004 kPa i övre delen av byggnaden. Skillnaden är liten och troligtvis inte märkbar.

3.7 Energibehov för skidhuset

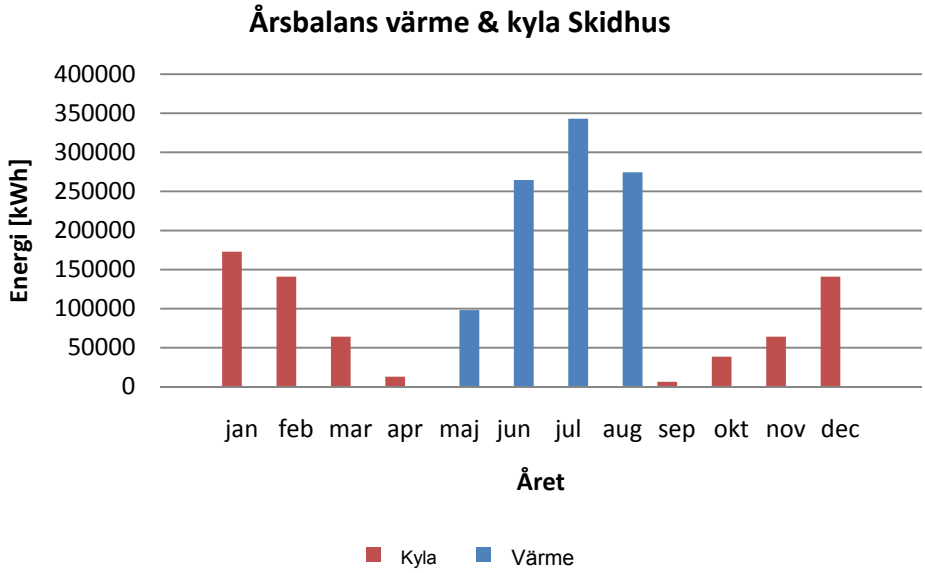
Beräkningarna i Case 3 har använts för att beräkna energiåtgången för värme och kyla i skidhuset. Enligt den tidigare föreslagna uppskattningen (där resultaten från de fem temperaturkörningarna viktas) ges reultatet

Årsbehov värme: 640 000 kWh

Årsbehov kyla: 980 000 kWh

Totalt behov av värme& kyla: 1 620 000 kWh/år (1,62 GWh/år). Fördelningen över året ses i figur 14:

Figur 14



Den specifika energiåtgången är sålunda 16 kWh/m^2,år, vilket motsvarar värmebovet för ett mycket välisolerat hus i Svenskt klimat (som har 20 °C inomhus). Beräkningens rimlighet bekräftas med beräkningar gjorda med andra beräkningssätt (t ex uppskattningar med beräkningsverktyget BV2)

I beräkningen av kylbehovet har vi antagit att kylan produceras genom en absorbtionskylmaskin som kräver 1,2 kWh tillförd värme för att generera 1,0 kWh kyla.

Det ska noteras att detta endast är energibehovet för värme och kyla. Till detta tillkommer energi som behövs för liftar, snötillverkning, belysning, driftsel för ventilationsaggregat, pumpar och fläktar, pumpar för kylslingor fläktar för värmeåtervinning av ventilationsluften samt drift av biytor som kafeteria mm. Vi har inte kunskap nog för att beräkna denna energiförbrukning och ännu är det för osäkert att kunna beräkna t ex hur mycket snö det kommer att gå åt (dvs hur ofta man behöver byta ut snön),

men vi uppskattar att den totala energianvändningen inte blir större än 6 GWh/år, där liftsystem och snötillverkning är stora delar. Detta motsvarar en specifik energianvändning på 60 kWh/m^2,år och kan jämföras med den nyligen föreslagna standarden för passivhus i Sverige som anger att den köpta energin i icke elvärmda passivhus i Zon 2 (där Dalarna ingår) ej ska överstiga 54 kWh/m^2,år. Energimässigt kan därför det föreslagna skidhuset motsvara ett passivhus i Sverige, men även om den specifika energianvändningen per m^2 är låg, innebär den stora ytan (10 hektar) att den totala energianvändningen blir hög.

4 Systemaspekter i Lindvallens fjärrvärmenät

I Lindvallen finns ett fjärrvärmenät som får sin värme ifrån en värmecentral där biobränsle nyttjas som primärt bränsle.

Med en absorbtionskylmaskin av lågtemperaturtyp med värmefaktorn 0,8 erhålls en tillförd värme för att driva kylsystemet på biobränsle om 984’000kWh/år.

När uteluften tillförs byggnaden sommartid, kyls den ned till -3°C, varvid vatten kondenserar ut i tilluftaggregaten. Kondensationsvärmet som då frigörs återvinns, antingen direkt i värmeåtervinningsaggregatet, eller genom att kondensatet avskiljes och används för att kyla kondensorn i absorbtionskylmaskinen. Resterande värme-/kyleffekt tas ifrån fjärrvärmenätet där det behövs värme med temperaturer på 70 – 120 °C, beroende på vilken typ av absorbtionskylmaskin som används. Generellt gäller att ju högre temperatur det är på värmen, desto högre blir köldfaktorn i kylmaskinen.

Absorbtionskylmaskinen avger den värme som bortföres ifrån skidhuset till ett kyltorn normalt. Denna värme ligger typiskt i temperaturintervallet 30 – 35 °C. I detta projekt ställdes frågan om spillvärme ifrån kylmaskinerna kan nyttjas till anläggningen Experium. I systemet kan den värme som avges ifrån kylmaskinen istället tillföras som gratisenergi för förvärmning av tappvarmvatten, uppvärmning av badvatten eller liknande. Total mängd spillvärme under kylperioden blir drygt 980 000 kWh, beroende på vilken teknik som används. Det bör noteras att den spillvärmen avges under perioden april – september, med en topp under juni-juli.

Denna systemaspekt kan analyseras med simuleringsverktyg för systemsimulering i fjärrvärmenät, tex MODEST med indata ifrån byggnadssimuleringarna i denna studie. Vi har inte kunnat göra denna beräkning inom detta projekt men vill ha fortsatt kommunikation med Skistar/Lindvallen om detta.

4.1 Solvärmedriven kyla

Om driften studeras för ett Skidhus kan det noteras att värme behövs endast när utomhustemperaturen ligger en bit under börvärdet -3°C (-tillförd personvärme). Beräkningar på en byggnad liknande det föreslagna skidhuset i kalla Norrlandklimat visar att värmebehovet är koncentrerat till November-

Mars, medan kylbehovet finns årets alla månader, men av naturliga skäl koncentrerat till perioden april-september (oktober).

Idag nyttjas biobränsle samt el till direkt uppvärmning alternativt värmepumpar i Lindvallen. Andelen byggnader som nyttjar direktel minskar successivt över tiden (direktel fasas ut), och fjärrvärmesystemet byggs ut. Kylbehovet passar tidsmässigt bra ihop med solvärme då ett solvärmesystem kan ge hög täckningsgrad då värmebehovet för absorbtionskyla helt sammanfaller med energitillförseln. Om Skidhusets tak förses med 5'000m^2 högtemperatursolfångare erhålls ~1,75 GWh/år (1'750'000kWh) vid fjärrvärmenätets drifttemperaturer. Ca 10 % av takytan kommer då att behöva nyttjas. Solfångare i den storleken kan upphandlas för 2000-2500kr/m^2, inkl. installation, vilket ger ett energipris om 570-714kr/MWh. Om en absorbtionskylmaskin med värmefaktorn 0,8 används är allstå energipriset för kyla 71 – 89 öre/kWh kyla, exkl. investeringen av absorbtionskylmaskinen. Då en investering i en inomhusskidbacke motiveras bl a för att öka beläggningen i Sälen sommartid, kommer ev. överbliven värme från solvärmeanläggningen samt spillvärme från absorbtionskylmaskinen att kunna nyttjas för att täcka det ökade tappvarmvattenbehovet sommartid.

5 Diskussion

Relativt homogen termisk profil kan erhållas i skidhuset med enkla medel. Utformningen av ventilationen och placering av in- och utlopp måste detaljstuderas för att förhindra större temperatur- och tryckvariationer i skidhuset.

Ventilationssystemets utformning (till och frånluftsdonens placering och flödeshastigheter) är också viktig för att motverka den tryckskillnad som riskeras uppstå mellan backens övre och nedre del och som kan komma att eventuellt uppfattas som obehaglig av åkare och måste undersökas närmare innan backen byggs. Beräkningarna i Case 3 visar på ett visst övertryck i nedre delen av backen. Detta kommer att ställa byggnadstekniska krav på entrén för att motverka starka luftflöden. Är tryckskillnaden så liten som beräkningarna för Case 3 visar borde det räcka med standardlösningar so t ex roterande dörrar eller enklare luftsluss.

Vidare visar beräkningarna att lufthastigheten blir hög (2 m/s) i övre delen av byggnaden då det blir kallt ute (- 25 grader C), beroende på att enda utloppet för ventilationsluften är i övre delen av byggnaden i beräkningsmodellen. Detta är ej optimalt utan antagligen måste flera utlopp nyttjas i hallen för att evakuera luften på ett optimalt sätt och förhindra alltför hög och obehaglig lufthastighet i övre delen av backen.

Tätheten hos byggnadskalet är viktigt för att erhålla rätt temperatur- och tryckprofiler i byggnaden. Med större luftläckage kommer luftläckaget att variera med utomhustemperaturen och det kan komma att bli svårt att få stabila inomhusförhållanden, vilket med automatik leder till ökad energiförbrukning för att utjämna effekterna.

Flera underlag vi använt (rapporter och samtal) pekar på att luftfuktigheten inuti skidbyggnaden kan ha stor betydelse för energiförbrukningen. Vår tolkning av detta är att hög luftfuktighet i luftmassan reducerar vattenutbytet mellan snöskiktet och luftmassan, och därmed mängden snö som måste produceras.

Som tidigare nämnts är det specifika värme- & kylbehov i paritet med ett energieffektivt hus i Sverige, men den stora byggnadsytan gör den totala energiåtgången hög. Görs backen mindre kommer det specifika energibehovet att öka då förhållandet snöyta/ytteryta ökar. Samtidigt kan vi anta att antalet möjliga åkare minskar linjärt (eller ännu mer) med minskad skidhusyta. Energibelastningen per åkare minskar därför då man gör större

backar. Detta ger på sätt och vis bättre miljöprestanda och vinsten per besökare ökar.

Vi har inte närmare diskuterat belysningen i skidhuset. Belysning kommer att kräva el och också leda till ökat kylbehov då en större del av den el som används i dagen belysning blir (i detta fall oönskad) värme. I en byggnad av denna typ är det därför intressant att titta på LED-belysning då avgiven värme per ljusenhet (mätt i W/lumen) minskar drastiskt jämfört med dagens traditionella belysningssystem. LED-belysning uppfattas idag av många som en dyr investering, men i just kalla utrymmen är ekonomin bäst då både elen för belysning och energin för kyla kan minskas.

En anläggning måste hållas i drift året runt för att undvika skador. Beläggningen på anläggningen blir därför avgörande för den specifika energiförbrukningen, beräknat med kWh/besökare.

När luften rör sig blir temperaturen i byggnaden ojämn. Detta kommer att innebära ökad energiåtgång för såväl värme och kyla. För att minimera energiåtgången är det därför viktigt att sträva efter låga lufthastigheter i byggnaden. Våra beräkningar indikerar att luften blir stabilast om man har ca -3 grader C i luften året runt. I andra inomhusskidbackar, t ex i Dubai, har man satt inomhustemperaturen till +4 ºC, vilket i våra beräkningar leder till stora luftrörelser p g a temperaturgradienten mellan snön och det överliggande luftlagret.

5.1 Inomhusskidbackens energiförbrukning i relation till övrig energiförbrukning inom turistverksamheten i Sälen

Med en specifik energiförbrukning på 100 kWh/m^2 innebär en inomhusskidbacke av den storlek som diskuteras en årlig energiförbrukning på 6 GWh/år. Detta motsvarar ca 15% av Skistars totala energiförbrukning (exkl. transporter) i Sälen idag, snötillverkning och liftar inräknade. Siffran kan ses som hög, men bör sättas i relation till energiåtgången för att resa till Sälen.

Energiåtgången för långväga resor med personbil beräknades 1993 till ca 0,32 kWh/personkm med i genomsnitt två personer per bil medan resa med buss beräknades till 0,08 kWh/personkm vid 80% beläggning (Magnus Lenner, Energiförbrukning och avgasemission för olika transporttyper. VTI meddelande 718-1993). Antalet besökare i Säleområdet är ca 2 miljoner årligen. Antar vi att 75% av de resande kommer med bil och 25% med buss och att medelresenären kommer från Stockholm (460 km enkel resa) motsvarar skidbackens energiförbrukning drygt en procent av besökarnas energiförbrukning för resor.

Ytterligare ett jämförande exempel är om inomhusskidbacken i viss mån kommer att ersätta mer energikrävande resor med fly till t ex Alperna då den specifika energiåtgången för långväga flyg enligt ovanstående rapport beräknats till 0,92 kWh/km. Antar vi att en person väljer att åka bil till Sälen istället för att flyga till Zurich (avstånd 1160 km från Stockholm) så innebär detta 1840 kWh lägre energiförbrukning i det förra fallet och inomhusskidbackens beräknade energiförbrukning motsvarar sålunda att 3300 personer årligen väljer Sälen som besöksort istället för Zurich, motsvarande 0,16% ökat besöksantal i Sälen.

Beräkningarna är endast illustrativa och ska ses som indikationer för att sätta Skidbackens energiförbrukning i relation till turistverksamhetens totala energiförbrukning i Sälen. Beräkningarna innebär också avsevärda förenklingar. T ex är det inte självklart att olika energislag kan jämföras på detta sätt då bil- och flygresor idag sker med hjälp av fossila bränslen där energianvändningen inte är återvinningsbar, medan inomhusskidbacken både behöver el, värme och kyla där energislagen kan variera beroende på slutligt val av teknik. En större eller mindre del av inomhusskidbackens energianvändning är också återvinningsbar (t ex spillvärme) genom att koppla ihop energisystemet med övriga anläggningar i Sälenområdet. Vidare kommer framtidens transportsystem med stor sannolikhet att kräva mindre energi än dagens.

Den stora svagheten med ovan angivna illustrativa beräkningar är dock att en stor inomhusskidbacke i Sälen kommer att locka fler turister till området, vilket i sig medför ökad energianvändning för resor. Detta är något som idag ligger utanför Skistars ansvarsområde, men det kan konstateras att en ökad årt-runt-användning av turistanläggningarna i Sälen ökar basen för utökad kollektivtrafik (och lägre specifik energiförbrukning per personkm), t ex genom regelbunden busstrafik och/eller utbyggd spårbunden trafik och biltåg.

Referenser

Kravspecifikation för Passivhus (Juni 2009). LTH rapport EBD-R--09/25, IVL rapport nr A1592, ATON rapport 0902.

Lenner, M. (1993) Energiförbrukning och avgasemission för olika transporttyper VTI meddelande 718-1993.

Sambolt, J. M. (2008) From Liability to Asset The Use of Renewable Energy and Cogeneration. Report from Xanadu Meadowlands Sports Complex Building A, East Rutherford, New Jersey.

För referenser i bilagorna; se respektive bilaga.

Bilaga 1 Inomhusskidbackar i världen

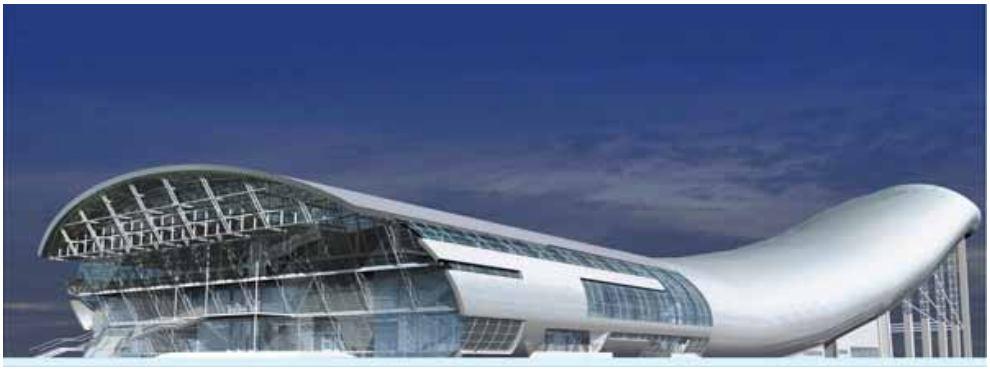
Stefan Larsson och Mats Rönnelid (2008-12-31)

Internationellt

Intresset för inomhusskidbackar verkar vara stort och växande. Idag (2008) finns det ett 40-tal inomhusbackar över hela världen, Förutom dessa backar, som bygger på konstgjord snötillverkning, finns det ett mindre antal inomhus- (och utomhus-) anläggningar med artificiell snö eller snöliknande material. Storleken på backarna varierar från 100–640 meter nedfart och fallhöjder upp till över 100 m. Till detta tillkommer att antal (uppskattningsvis 10-20) större anläggningar för inomhuslängdskidor. Inomhusskidbackarna finns företrädesvis i Europa, men även i Asien (7 backar i Japan, bl a), och enligt uppgift öppnas åtminstone två nya inomhusskidbckar årligen i världen. Det är ett växande intresse i USA och uppgifter finns om att en inomhusbacke planeras öppnas i .the New Jersey Meadowlands under hösten, samt att andra projekt planeras i bl a Las Vegas, utanför Atlanta och på andra ställen. Även Sydafrika och Australien (Perth) har projekt på gång.

Flera anläggningar har ett flertal nedfarter med olika längd och svårighetsgrad. Det finns också en trend att bygga anläggningar som kombinerar olika vintersportaktiviteter, dvs både utförsåkning, längdskidor och skridskoåkning. Skälet till detta är framförallt att få ett stort publikunderlag då anläggningarna ofta befinner sig en bit utanför stadskärnorna och därför vill man locka personer att komma dit genom att kombinera flera olika aktiviteter. Det verkar också ibland att finnas tanken att man energimässigt kan kombinera olika anläggningar, främst genom att överskottsvärme från snötillverkning och kylning av inomhusskidbacken kan användas för att värma andra delar av ett komplex.

Av uppgifter på internet att döma diskuteras ett antal mycket stora projekt runt om i världen som kombinerar ett flertal olika aktiviteter, t ex olika sorter av vintersportsaktiviteter. Exempel på detta är ”SnOasis” utanför Ipswich, UK (http://www.firstequity.ie/Investment-Opportunities/United_Kingdom_2.php, mars 2007). Ett mer spektakulärt, men mindre trovärdigt projekt är ett 35 våningar högt inomhusberg kombinerat med andra anläggningar på Long Island, New York (http://www.msnbc.msn.com/id/24892175/; maj 2008).



Inomhusskidbacken i Krasnogorsk, Moskva, Ryssland (under uppförande).

I Sverige

Det finns en sk skidtunnel i Torsby (Fortum Ski Tunnel) i Värmland som räknas som världens längsta skidtunnel. Längden på slingan är ca 1,3 km. Den har en halvcirkelform med en invändig diameter om 8 meter och en takhöjd av 4 meter. Skidtunneln ligger ovan markytan och följer terrängens naturliga nivåskillnader med ungefär 12 meters höjdskillnad mellan högsta och lägsta punkt. Den totala stigningen vid åkning ett varv är ca 25 meter. I skidtunnelns arenadel finns världens enda inomhushall för skidskytte.

Sverige saknar inomhusskidbackar för närvarande. Runt om i Sverige har ett flertal inomhusbackar planerats. Diverse artiklar som handlar om detta är bl a:

http://www.sr.se/vasternorrland/nyheter/artikel.asp?artikel=797511. Idéer kring backe i Fränsta.

http://www.sr.se/cgi-bin/stockholm/nyheter/artikel.asp?artikel=1165216 Inomhusskidbacke i Täby, vilket även diskuteras i http://www.dn.se/DNet/jsp/polopoly.jsp?d=672&a=610260.

> *”I Skövde har kommunen ett seriöst förslag på att bygga ut och glasa in slalombacken på berget Billingen.”*
> (inlägg april 2008)

Malmö har haft planer på att bygga en inomhusskidbacke med en budget på 170-225 miljoner (inlägg på nätet 29/4-08).

Getbergets skidbacke i Fränsta (fallhöjd 150m, längd 500m).

Snötillverkning

Det används generellt andra metoder för att tillverka snö till inomhusanläggningar än för tillverkning utomhus. De mest frekvent använda metoderna är:

Polarsnow

http://www.polarsnow.com

Snötillverkning enligt företaget Polar i Australien. Företaget använder en teknik med komprimerad luft, vatten och flytande kväve vid -196°C. Tekniken gör att man kan göra snö utan konventionell kylmaskin om omgivande luft är mindre än + 50 grader C. Snön från denna process har ganska hög densitet, vilket enligt utsago gör att den håller längre (man behöver tillföra mindre mängd ny snö) jämfört med konkurrerande tekniker. Enligt egen utsago kostar denna teknik ca hälften av motsvarande teknik från Acer Snowmek. Polar Snow används bl a I Skidome Nicky Broos in Ruchpen in Holland sedan 1995.

Acer Snowmec

http://www.acersnowmec.com/

En välspridd teknik som används på ett stort antal ställen runt om i världen, bl a i UK och Dubai. Tekniken de använder gör att de kan tillverka snö upp till -3 grader C. Tekniken påminner om traditionell snötillverkning utomhus, men kräver en kylenhet som kan producera temperaturer ner mot – 20 grader C. Uppskattning från Internet ger vid handen att ca ¼ av dagens inomhusanläggningar använder denna teknik.

Sluttande is-bana

Tekniken bygger på att man gör en sluttande isbana på samma sätt som för en isrink, men låter ytan luta samtidigt som man skrapar den så att översta 15 mm av ytan blir en mjuk snöyta. Teknikens nackdel är bl a att man får en mycket hård yta under översta snölagret som gör åkningen osäker. Tekniken verkar ha använts i några enstaka fall (Tellford, 30 m backe I UK), men där verkar man senare ha övergivit tekniken för till förmån för andra (Acer)

Riven is

Tekniken bygger på att man river is och sedan mellanlagrar “snön” i kylanläggningar. Tekniken anses billig, men anses också ge snö av sämre kvalité (”not very snowlike”). Används bl a i Snow Valley in Belgium och Snow Planet in the Netherlands.

Permasnow

Osäkert vad detta är, men det verkar vara någon form av vatten-kemikalie-blandning som ger en ”snow like substance”. Några av de första anläggningarna byggdes med detta; idag är patentet ägt av Japan och marknadsförs som “Snova”. Den sista anläggningen med detta material verkar vara Coolval snowboarding park i Tokyo, som öppnades1988.

Klimat/Ventilation/kyla

Personbelastning

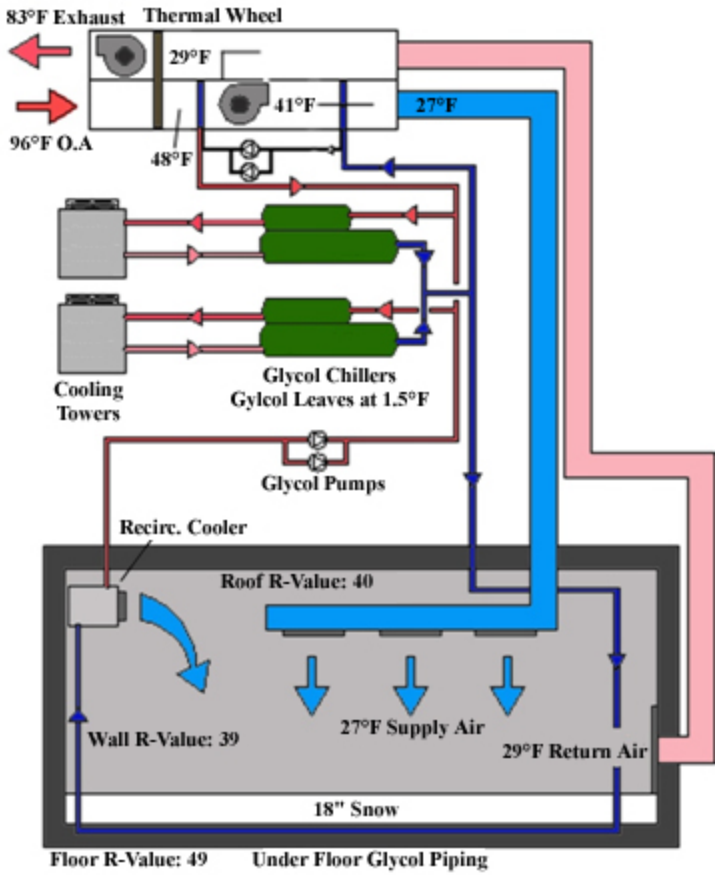
Upp till 1500 personer samtidigt har noterats som personbelastning i inomhusskidbackar.

Lufttemperatur

Olika anläggningar har olika inomhustemperatur, men brukar ligga kring -4 grader C (mellan -6 och -1º C)

Systemteknik för att generera kyla

I de projekt som har studerats förekommer elektriskt drivna kompressorkylmaskiner, värmedrivna absorbtionskylmaskiner samt evaporativ kyla (detta gäller främst produktionen av snö i anläggningen). Figuren nedan visar ett exempel på kyla- och ventilationsteknik ifrån USA (Medowlands Xanadu Snow Dome) där man har jämfört kylproduktion med kompressorkylmaskiner mot absorbtionskylmaskiner i kombination med småskalig kraftvärme (med en biogasdriven dieselgenerator). Anläggningen är den första i USA och under uppförande 2008-2009.



Principschema över ventilation och kylsystem för Medowlands Xanadu Snow Dome i New Jersey, USA.

Förteckning över inomhusskidbackar i världen

Land	Stad	Facility	Längd	Bredd	Höjd	yta	Snötillverkning			
Belgium	Gravenwezel, Schilde (Antwerp)	Casablanca								
	Komen	Ice mountain	210	30	40		2 backar, dn andra 88 m			
	Peer	Snow Valley					Riven is			
China	Shanghai	Shanghai Yinqixing Indoor Skiing Site								
	Shenzhen	Window of the World Indoor Skiing Site								
	HongKong	Slope Infinity Ski Practising -Dry								
Denmark	Rødovre	IndoorSki DK	(kort backe-konstgjord snöliknande matta!)							
France	Amnéville (Lorraine)	Snowhall								
Germany	Bispingen	Snowdome Sölden	300							
	Bottrop	AlpinCenter Bottrop	640	30						
	Neuss	Jever Skihalle	300	60	110					
	Senftenberg	Snowtropolis								
	Wittenburg	SnowFunPark					Indoor Halfpipe – 130 m *19 m			
Indien		Snow World	Inomhusanläggning 1600 m2 för div. snöaktiviteter							

Japan	Fukuoka	Big Air Fukuoka								
	Hashima	Snova Hashima								
	Kawasaki	Snova Mizonokuchi								
	Ryūgasaki	Kamui Ryūgasaki Snowboard Park								
	Sayama	Sayama Ski Area								
	Tōon	Across Shigenobu								
	Yokohama	Snova Shinyokohama								
Netherlands	Den haag	Snowdome (uithof)	211							
	Landgraaf	Snowworld	520			35000 m2	5 nedfarter (äv.röd), 8 liftar			
	Rucphen	Ski Dome					Polar Snow			
	Spaarnwoude	Snowplanet					Riven is			
	Zoetermeer	Snowworld	210				4:e backe 500 m byggs 2008			
	Westerhoven	Montana Snowcenter								
New Zealand	Auckland	Snowplanet								
South Korea	Bucheon	TigerWorld - TigerWorld								
Spain	Madrid	Madrid Xanadu – SnowZone					Verkar ha sex nedfarter, även svart!			

United Arab Emirates	Dubai	Ski Dubai	400	60		22500 m2	Acer Snowmec. 5 backar, Max 1500 personer, 30 ton snö/dygn			
		Dubai Snowdome in Dubailand [1]								
United Kingdom	Braehead, Glasgow	SNO!zone	200				Acer Snowmec			
	Castleford, Yorkshire	SNO!zone	170				Acer Snowmec			
	Manchester	Chill Factore	180	100 (b0tten)						
	Milton Keynes	SNO!zone	170?				Acer Snowmec			
	Tamworth	Snowdome								

Bilaga 2 Reserapport Torsby skidanläggning

Stefan Larsson (2009-02-28)

Bakgrund

Projekt Snö

Inomprojekt Snö har representanter för Skistar AB samt Högskolan Borlänge (SERC), genomfört en studieresa (2009-02-17) till Fortum Ski Tunnel i Torsby i syfte att inhämta erfarenheter ifrån inomhusskidspår med artificiell snö (som kan vara jämförbart med en inomhusskidbacke i viss utsräckning).

I denna rapport redovisas de tekniska data som presenterades vid studieresan/mötet samt övrig dokumentation.

Fortum Ski Tunnel i Torsby

Sveriges första och världens längsta skidtunnel med världens enda inomhushall för skidskytte finns i Torsby. Första spadtaget togs i mars 2005 och skidtunneln invigdes den 16 juni 2006.

Inom projekt Snö har projektgruppen genomfört ett studiebesök vid anläggningen 2009-02-17 i syfte att inhämta erfarenheter ifrån inomhusskidanläggningar i nordiskt klimat.

Fortum Ski Tunnel Torsby är världens längsta skidtunnel. I anslutning till skidtunneln finns en arenadel med en skidskyttebana, se figur 1. Längden på slingan är ca 1,3 km (1.287 meter) med arenan inräknad.

Företaget NCC var totalentreprenör för byggnationen och den totala byggkostnaden uppgick till 61,2 miljoner kronor.

Skidtunneln ägs av det kommunala bolaget Fritid i NordVärmland AB och Arenan av företagarorganisationen Team Torsby. Genom nyemission samägs Fritid i NordVärmland med näringslivet. Fritid i NordVärmland hyr Arenadelen av Team Torsby.

Själva driften ligger i dagsläget på Fritid i NordVärmland AB, men målsättningen är att driften av anläggningen ska läggas ut på entreprenad. Den marknadsundersökning som genomförts bland bl.a. Vasaloppsåkare och elitåkare visade att Fortum Ski Tunnel Torsby årligen kan komma att generera 40.000-50.000 åkdagar sammantaget. Fortum Ski Tunnel Torsby

förlänger skidsäsongen och innebär unika träningsmöjligheter för både elitidrottare och motionärer.

Bilden visar arenahallen i anslutning till skidtunneln i Torsby.

Teknisk beskrivning

Byggnadsstruturen

Själva tunneln är byggd i betong och jordmassor har schaktats över tunneln så att anläggningen liknar en ås. Den har en halvcirkelform med en invändig diameter om 8 meter och en takhöjd av 4 meter. Skidtunneln ligger ovan markytan och följer terrängens naturliga nivåskillnader med ungefär 12 meters skillnad mellan högsta och lägsta punkt. Den totala stigningen vid åkning ett varv är ca 25 meter. En bild ifrån byggnationen återfinns i nedanstående figur.

Bilden till vänster visar ett betongvalv under montering på kantbalk av högdensitetsisolering. Bilden till höger visar skidtunnelns sträckning (sett ovan ifrån).

Fortum Ski Tunnel Torsby ger möjlighet till skidåkning året runt. Skidtunneln har en konstsnöanläggning som kan producera 25 kubikmeter snö per dygn, året om. Temperaturen regleras mot börvärdet -3 grader och luftfuktigheten regleras mot ca 82%.

Kyla produceras genom en kombination mark och luftkyla. Stor precision har lagts på avfuktning, ventilation och belysning då detta är mycket viktigt för totalupplevelsen.

Isolering utgörs av EPS i tjocklek 200mm vilken omsluter hela byggnadsskalet (λ 0,036 w/mK). Även grunden har isolerats med 200mm EPS (av typ markisolering). Hela isoleringsskiktet har förlagts på sådant sätt att god lufttäthet har uppnåtts.

Kylteknik & klimatsystem

Skidanläggningen nyttjar kompressorkylmaskiner för generererering av kyla (fabrikat Atlas Copco) och all teknisk utrustning är av samma typ som i traditionella kylanläggningar (kylrumsutrustning).

Spillvärmet avges via ett kyltorn till utomhusluften idag. I framtiden finns planer på att återvinna denna restvärme till uppvärmning av lokalerna (sportbutik, restaurang, kontor, hotell mm) som finns i anslutning till skidtunneln.

Ventilationssystemet utgörs av kombinerade tilluft/kylaggregat som reglerar/kyler den tillförda luften till byggnaden via luft/vatten-värmeväxlare, se nedanstående figur.

Bilden visar ett av kylaggregaten som återfinns i anläggningens klimatsystem.

Grundläggningen under snöskiktet innehåller kylslingor inbäddade i bergkross (40mm PEM-rör), vilket har förlagts ovanpå ett 200mm EPS (markisolering). Isoleringen har uppförts i avsikt att minimera energiförbrukningen i kombination med reduktion av permafrost i marken.

Markbädden regleras till samma temperatur som klimatzonen i skidtunneln. Därigenom erhålls en minimerad inverkan av fuktvandring mellan luftmassan/snöskiktet.

Byte av snö sker enbart i de översta 100mm av snöskiktet, vanligtvis någon gång per år enligt uppgift. Pistning av det översta snöskiktet sker vid behov med högre frekvens.

Snöproduktion

Snö produceras i ett system utomhus i en traditionell snökanon, lagras, samt tillförs byggnaden via ett rörsystem till arenahallen. Därifrån transporteras snön via pistmaskin till skidspåret vid behov.

Normalt upprätthålls ett bärande snöskikt om ~600mm ovanpå grusbädden. Tillvägagångssättet vid uppstart av skidspåret är att grusbädden vattenbegjuts vid nedkylningen, varefter snön förläggs till den önskade skikttjockleken.

Energiförbrukning

Anläggningen förbrukar ~1700MWh/år för driften av kyla-, snötillverkning- samt klimatanläggning. M h t den totala byggnadsarean (1287 x 8m =~10’296m^2) uppskattas den specifika förbrukningen till 165kWh/m^2 & år.

Diskussion

Vid presentationen av anläggningen framkom kommentarer om snöskiktet's kvalitét m h t den låga utbytesfrekvensen. En låg omsättning av snö är en fördel med låg energiförbrukning, vilken gör systemlösningen med det använda klimatsystemet intressant även för inomhus-utförsbackar.

Dock bör användarslitage räknas in i valet av systemlösning, vilket kan vara högre för en utförsbacke jämfört med ett längdskidspår i en skidtunnel.

Då byggnadens temperatur ligger omkring -3°C vid normal drift och årsmedeltemperaturen varierar stort över landet, kan vi anta att byggnadens design bör anpassas till den valda lokaliseringen. Mängden tillförd värme antas vara låg relativt mängden kyla i de flesta fallen. I Torsby är årsmedeltemperaturen ~4°C normalt, där frostperioden sträcker sig mellan september - maj (dvs kylsystemet är aktivt i huvudsak under 4-5 månader, beroende på lokalisering i Sverige).

VINNOVAs publikationer

November 2009

För mer info eller för tidigare utgivna publikationer se www.VINNOVA.se

VINNOVA Analys VA 2009:

01 Svenska tekniker 1620 - 1920

02 Effekter av statligt stöd till fordonsforskning - Betydelsen av forskning och förnyelse för den svenska fordonsindustrins konkurrenskraft. *För kortversion på svenska respektive engelska se VA 2009:11 och VA 2009:12*

03 Evaluation of SIBED. Sweden - Israei test bed program for IT applications. *Finns endast som PDF*

04 Swedish possibilities within Tissue Engineering and Regenerative Medicine

05 Sverige och FP7 - Rapportering av det svenska deltagandet i EUs sjunde ramprogram för forskning och teknisk utveckling. *Finns endast som PDF*

06 Hetast på marknaden - Solenergi kan bli en av världens största industrier

07 Var ligger horisonten? - Stor potential men stora utmaningar för vågkraften

08 Vindkraften tar fart - En strukturell revolution?

09 Mer raffinerade produkter - Vedbaserade bioraffinaderier höjer kilovärdet på trädet

10 Förnybara energikällor - Hela elmarknaden i förändring

11 Sammanfattning - Effekter av statligt stöd till fordonsforskning. *Kortversion av VA 2009:02, för engelsk kortversion se VA 2009:12*

12 Summary - Impact of Government Support to Automotive Research. *Engelsk kortversion av VA 2009:02, för svensk kortversion se VA 2009:11*

13 Singapore - Aiming to create the Biopolis of Asia

14 Fight the Crisis with Research and Innovation? Additional public investment in research and innovation for sustainable recovery from the crisis.

15 Life Science Research and Development in the United States of America - An overview from the federal perspective. *Finns endast som PDF*

16 Two of the "new" Sciences - Nanomedicine and Systems Biology in the United States. *Finns endast som PDF*

17 Priority-setting in the European Research Framework Programme

18 Internationellt jämförande studie av innovationssystem inom läkemedel, bioteknik och medicinteknik

19 Investering i hälsa - Hälsoekonomiska effekter av forskning inom medicinsk teknik och innovativa livsmedel

20 Analysis of Chain-linked Effects of Public Policy - Effects on research and industry in Swedish life sciences within innovative food and medical technology

21 Research Priorities and Priority-setting in China

22 Priority-Setting in U.S. Science Policies

23 Priority-Setting in Japanese Research and Innovation Policy

VINNOVA Information VI 2009:

02 Forskning om chefskap. Presentation av projekten inom utlysningen Chefskap; förutsättningar, former och resultat. *För engelsk version se VI 2009:03*

03 Research on the managerial tasks: condition, ways of working and results. *Finns endast som PDF. För svensk version se VI 2009:02*

04 Högskolan utmaningar som motor för innovation och tillväxt - 24-25 september 2008

05 VINNOVA news

06 Årsredovisning 2008

07 Innovationer för hållbar tillväxt. *För engelsk version se VI 2009:08*

08 Innovations for sustainable Growth. *För svensk version se VI 2009:07*

09 Forska&Väx

10 Ungdomar utan utbildning - Tillväxtseminarium i Stockholm 4 mars 2009

11 Cutting Edge - Swedish research for growth

12 Mobilitet, mobil kommunikation och bredband - Branschforskningsprogram för IT & telekom. Projektkatalog

13 Forskning och innovation för hållbar tillväxt

VINNOVA Policy VP 2009:

01 TRANSAMS uppföljning av "Nationell strategi för transportrelaterad FUD" åren 2005 - 2007. Två uppföljningar - en för 2005 och en för 2006 - 2007. *Finns endast som PDF*

02 VINNOVAs internationella strategi - att främja hållbar tillväxt i Sverige genom internationellt forsknings- och innovationssamarbete

VINNOVA Rapport VR 2009:

01 Affärsutveckling inom trämaufaktur och möbler - hur skapas effektivare värdekedjor? *Finns endast som PDF*

02 Användarna och datorerna - en historik 1960 - 1985

03 First Evaluation of the Berzelii Centra Programme and its centres EXSELENT, UCFB, Uppsala Berzelii & SBI Berzelii

04 Evaluation of SAFER – Vehicle and Traffic Safety Centre at Chalmers - a Centre of Excellence with financing from VINNOVA. *Finns endast som PDF*

05 Utvärdering av forskningsprogrammet SkeWood. *Finns endast som PDF*

06 Managing and Organizing for Innovation in Service Firms - A literature review with annotated bibliography. *Finns endast som PDF*

07 Den tjänstedominanta logiken - Innebörd och implikationer för policy.

08 Tjänster och relaterade begrepp - Innebörd och implikationer för policy.

09 Underlag för VINNOVAs satsningar inom transportsäkerhetsområdet. *Finns endast som PDF*

10 Utmaningar och kunskapsbehov - Om innovation, ledning och organisering i nio olika tjänsteföretag. *Finns endast som PDF*

11 De två kulturerna på Internet - En utmaning för företag, myndigheter och organisationer. Huvudrapport

12 Uppföljning av VINN NU-företag

13 Kartläggning av svensk FoU inom området IT och miljö - med fokus på teknikens indirekta och systemmässiga effekter. *Finns endast som PDF*

14 Forska&Växa - Hållbar tillväxt genom forskning och utveckling i Små- och Medelstora Företag

15 Tjänsteinnovationer för tillväxt

16 Behovet av genusperspektiv - om innovation, hållbar tillväxt och jämställdhet. Utvärdering. *Finns endast som PDF*

17 Ekonomisk omvandling och makrologistiska kostnader. *Finns endast som PDF*

18 En undersökning av innovativa företags syn på strategiskt utvecklingsarbete i spåret av lågkonjunkturen. *Finns endast som PDF*

19 The Public Sector - one of three collaborating parties. A study of experiences from the VINNVÄXT programme.

20 Från hantverkskilt till hästföretag - Genusperspektiv på innovation och jämställdhet

21 Innovationer för hållbar vård och omsorg - Värdeskapande vård- och omsorgsprocesser utifrån patientens behov

22 Organising Work for Innovation and Growth. Experiences and efforts in ten companies

23 Mid Term Evaluation of the Institute Excellence Centres Programme

24 Process Support, Communication and Branding - VINNOVA´s VINNVÄXT programme

25 The Innovation Platform

26 Citizens´ Services - Nordic and Baltic Research Needs

27 Kina och internet - Tillväxt och tilltro

28 eGovernment of Tomorrow - Future scenarios for 2020

29 Organisationsformernas betydelse i klusterverksamhet - Att organisera klusterarbete är en ständigt pågående process som ställer höga krav på ledarskap och långsiktig strategi

30 Inomhusskidbacke i Lindvallen, Sälen. *Finns endast som PDF*

VR 2008:

01 Mot bättre vetande - nya vägar till kunskap på arbetsplatsen

02 Managing Open Innovation - Present Findings and Future Directions

03 Framtiden är öppen! Om problem och möjligheter med öppen källkod och öppet innehåll

04 First Evaluation of the Institute Excellence Centres Programme

05 Utvärdering av det Nationella Flygtekniska forskningsprogrammet - NFFP. Evaluation of the Swedish National Aeronautics Research Programme - NFFP

06 Utvärdering av Vehicle - Information and Communication Technology programmet - V-ICT

07 Kartläggning av ett halvt sekels jämställdhetsinsatser i Sverige

08 Politiken, offentlig verksamhet - en av tre parter i samverkan

09 Forsknings- och innovationspolitik i USA - Näringslivets fem roller

10 ”Born to be wild” - 55+... eller hur förvandla en global demografisk förändring till ett svenskt styrke- och tillväxtområde?

11 DYNAMO 2 i halvtid - Rapport från VINNOVAs konferens på Ulfsunda slott 10 - 11 april 2008

12 VINNVÄXT II - Generalist and Specialist Evaluation of process and knowledge development 2004 - 2007

13 Svensk makrologistik - Sammansättning och kostnadsutveckling 1997 - 2005

14 Leading Companies in a Global Age - Managing the Swedish Way

15 Chefskapets former och resultat. Två kunskapsöversikter om arbetsplatsens ledarskap

16 NRA Security - Swedish industry proposal for a National Research Agenda for security

17 University strategies for knowledge transfer and commercialisation - An overview based on peer reviews at 24 Swedish universities 2006

18 Vårda idéerna! - Trots många framgångsrika projekt inom vård och omsorg skapas inte varaktiga effekter. Varför förvaltas och utnyttjas inte idéerna?

19 Growth through Research and Development - what does the research literature say?

20 Sesam öppna dig! Forskarperspektiv på kvinnors företagande

Produktion & layout: VINNOVAs Kommunikationsavdelning
November 2009

VINNOVA är en statlig myndighet
med uppgift att främja hållbar tillväxt
genom finansiering av behovsmotiverad forskning
och utveckling av effektiva innovationssystem.

VERKET FÖR INNOVATIONSSYSTEM – SWEDISH GOVERNMENTAL AGENCY FOR INNOVATION SYSTEMS

VINNOVA, SE-101 58 Stockholm, Sweden Besök/Office: Mäster Samuelsgatan 56
Tel: +46 (0)8 473 3000 Fax: +46 (0)8 473 3005
VINNOVA@VINNOVA.se www.VINNOVA.se