

Stötens snöproduktionsanläggning

Utvärdering av energimätning och processuppföljning säsongen 2012/2013



2013-05-23

Jörgen Rogstam
Chadi Beaini

Energi & Kylanalys AB. Älvsjö

Sammanfattning

Denna studie är ett sammarbete mellan skidanläggningen Stöten i Sälen AB och Länsstyrelsen i Dalarna genom projektet GREEN 2020. Utförare har Energi & Kylanalys, EKA, varit som genomfört inventering och projektering av mätutrustning för utvärderingen. EKA har även sammanställt och analyserat data vilka presenteras i denna rapport.

Skidanläggningen Stöten ligger i Sälenfjällen och har idag ca 32 pister. Större delen av området har tillgång till konstsnö. Anläggningen överväger en utbyggnad av systemet. Anläggningen har tidigare inte haft särmätning på de olika energianvändarna såsom snötillverkning, liftar, etc. En schablonmässig fördelning har gjorts utifrån den statistik som kraftleverantören presenterar per transformatorstation. Det är stora mängder energi som används för snöproduktion. Medel-el-användningen för snötillverkning de senaste fem åren ligger för denna anläggning på nära 3.8 GWh per säsong.

Inför säsongen 2012/2013 inventerades snötillverkningssystemet med avseende på möjlig instrumentering för energimätning och processövervakning. Systemet utrustades huvudsakligen inför säsongen men också under säsongen varför inte all data finns tillgänglig för en komplett säsong. Total mängd använt vatten för snötillverkningen uppgår till 510 000 m³ varav 25 % av detta används som kylvatten till luftkompressorerna. Vattenmängden som använts direkt till snö uppgår till ca 386 000 m³. Den totalt använda el-energin har uppmätts och beräknats till ca 2 800 000 kWh. I detta saknas en del användare såsom enskilda fläktkanoner, några mindre pumpar, etc. En viss osäkerhet föreligger i teknikhus P3s användning då instrumenteringen blev försenad.

Totalt har pumpar och kompressorer i P0, P2 och P3 använt ca 2 600 000 kWh vilket fördelar sig som 30 % på pumparna och 70 % på luftkompressorerna. Dessa siffror är exklusive el till fläktkanoner men inkluderar pumpenergin för dessa kanoner. Av pumpenergin, ca 800 000 kWh, ligger 22 % på P0 (matarpumpar) och 78 % på P2 (högtryckspumpar). Kompressorerna i P2 har använt 57 % och de i P3 43 % av total kompressorenergi på ca 1 800 000 kWh.

Med antagandet att all producerad snö har haft en medeldensitet på 500 kg/m³ så skulle ca 770 000 m³ snö totalt producerats under säsongen. Medelenergianvändningen för detta har varit 3.5 kWh/m³ snö där en tydlig trend kan ses att under ca -10°C så planar detta nyckeltal ut på ca 3.2 kWh/m³. Vid högre temperaturer så stiger energianvändningen brant mot 4-4.5 kWh/m³.

Ett antal åtgärdsförslag har identifierats där t ex förbättrad tryckreglering på vattensidan kan nämnas för att spara energi och öka livslängden på pumparna. En automatiserad reglering av kylvattenflödet till kompressorerna skulle kunna spara både vatten och energi. Värmen som avges från luftkompressorerna, ca 1 600 000 kWh, skulle helt eller delvis kunna återvinnas. En möjlighet är att lagra denna i ett geoenergilagrar för att sedan användas senare under säsongen till lokal- och vattenvärmning.

Denna studie har visat på metoder för energieffektivisering vid en skiddestination. Det har visats vilka steg som bör tas och vilken ordning för att påbörja effektiviseringsprocessen, såsom inventering, instrumentering för mätning och utvärdering. Förhoppningen är att detta ska tjäna som ett gott exempel för denna och andra anläggningar som överväger effektiviseringsåtgärder. Denna rapport innehåller ett antal åtgärdsförslag, tips och råd som nu anläggningsägaren har att ta ställning till. I och med detta så har inventeringsfasen avslutats och effektiviseringsprocessen står inför nästa fas där de specifika åtgärderna behöver beslutas och därefter genomföras.

Innehåll

Sammanfattning

Innehållsförteckning

1	INTRODUKTION	5
1.1	GREEN 2020	5
1.2	SKIDANLÄGGNINGEN STÖTEN	5
1.3	SNÖTILLVERKNINGSSYSTEMET	6
2	SYFTE, MÅL OCH METOD	7
3	INVENTERING.....	8
3.1	P0/1 – TEKNIKHUS 1	8
3.2	P2 – TEKNIKHUS 2	10
3.2.1	Luftkompressorer	10
3.2.2	Högtryckspumpar	11
3.3	P3 – TEKNIKHUS 3	14
3.4	TRANSFORMATOR – FLÄKTKANONER.....	14
4	INSTRUMENTERING	15
4.1	MÄTUTRUSTNING I P2 & P3	15
4.1.1	Energimätare.....	15
4.1.2	Kompressorer	16
4.1.3	Högtryckspumpar	16
4.1.4	Tryck & temperatur givare	17
4.1.5	Flödesmätare.....	19
4.2	CLIMACHECK	21
5	ANALYS & RESULTAT	24
5.1	VATTENFÖRBRUKNING	24
5.2	ENERGIANVÄNDNING	24
5.2.1	Energifördelning snötillverkning (2012/2013).....	25
5.2.2	Energianvändning pumpar	26
5.2.3	Energianvändning luftkompressorer	27
5.2.4	Potentiell värmeåtervinning från kompressorer	28
5.2.5	Pumpverkningsgrad	28
5.2.6	Vatten och snömängd vid olika temperaturer	29
5.2.7	Energianvändning per producerad snövolym.....	30
5.3	PRODUCERAD MÄNGD TRYCKLUFT	30
5.4	POTENTIELLA NYCKELTAL	31
6	POTENTIELLA ÅTGÄRDER.....	32
6.1	TRYCKREGLERING.....	32
6.1.1	Allmänt om tryckreglering av flätkanoner	32
6.2	PUMPAR MED HÖG VERKNINGSGRAD	34
6.2.1	Kylvatten och trycklufttemperatur	35
6.3	VÄRMEÅTERVINNING FRÅN KOMPRESSORER.....	36
6.4	BORRHÅLSLAGER SOM GEOENERGILAGER.....	36

6.4.1	Referensanläggning med geoenergilagrar	37
7	DISKUSSION	38
8	NÄSTA STEG	39
9	APPENDIX	40
9.1	TRYCKFALLSMÄTNING I VATTENRÖR	40
9.2	RESULTAT	41

1 Introduktion

Denna studie är ett samarbete mellan skidanläggningen Stöten i Sälen AB, i Sälenfjällen, och Länsstyrelsen i Dalarna genom projektet GREEN 2020. Utförare har Energi & Kylanalys, EKA, varit som genomfört inventering och projektering av mätutrustning för utvärderingen. EKA har även sammanställt och analyserat data vilka presenteras i denna rapport.

1.1 GREEN 2020

GREEN 2020 projektet är ett gränslöst energisamarbetsprojekt mellan skidanläggningarna i Dalarna och Hedmark, och är ett uppföljningsprojekt av det tidigare genomförda projektet GREEN (www.green-project.info).

Projektet med dess aktiviteter fokuserar på destinationerna samt den omgivande bebyggelsen med boende och service vilket innebär ett geografiskt avgränsat område. Information, resultat, erfarenheter och inbjudningar kommer att spridas i hela Inre Skandinavien i första hand. I GREEN 2020 är målsättningen att visa på flera vägar hur destinationerna ska arbeta för att uppnå Europas uppsatta energimålsättningar på energibesparingar på 20 %, en nivå på förnybar energi på 20 % och effektivisering inom transportsektorn med 20 %.

Projektet kommer att genomföra studier av pilotkaraktär på olika objekt hos olika aktörer men resultaten av dessa kommer att vara tillgängliga för alla företag. Projektet kommer också att utveckla ett teknikleverantörsforum. Forumet skall vara en mötesplats för leverantörerna och de destinationer som önskar få teknisk support i genomförandet av sina energirelaterade projekt.

1.2 Skidanläggningen Stöten

Stöten är en av skidanläggningarna i Sälenfjällen och har idag ca 32 pister. Större delen av området har tillgång till konstsnö förutom de pister som befinner sig längst till vänster på pistkartan nedan. Anläggningen överväger även en utbyggnad av systemet i den riktningen.



Figur 1: skidanläggningen i stöten.

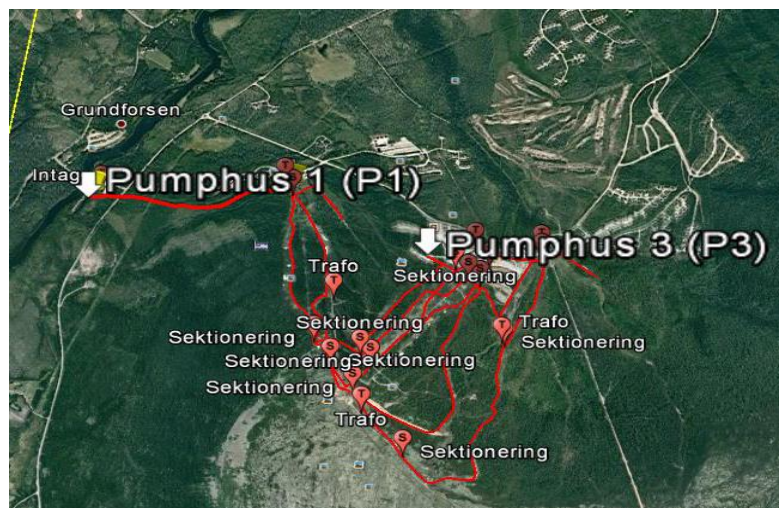
1.3 Snötilverkningsystemet

Vattnet hämtas i älven nedanför Stöten där den första pumpstationen, P0/P1 är belägen. Bilden nedan visar vattenintaget där de dränkbara pumparna befinner sig under vattennivån.



Figur 2: vattenintaget vid älven (pumphus 0, P0).

Allt vatten som används för snötilverknigen i anläggningen tas upp i älven och pumpas via pumparna i P0 till teknikhus P2 där högtryckspumpar respektive en uppsättning luftkompressorer finns installerade.



Figur 3: överblick av snötilverkningsystemet

Det finns ytterligare ett teknikhus, P3, där ytterligare luftkompressorer finns installerade. I P3 finns även högtryckspumpar men de är inte längre i bruk. De största och huvudsakliga installationerna finns således i teknikhus P2.

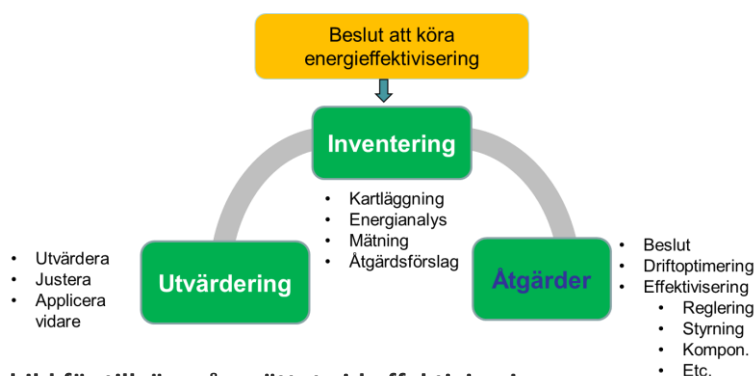
2 Syfte, mål och metod

Syftet med denna studie har varit att visa på metoder för energieffektivisering vid en skiddestination. Studien ska visa vilka steg som bör tas och vilken ordning för att påbörja effektiviseringsprocessen, såsom inventering, instrumentering för mätning och utvärdering. Studien ska tjäna som ett gott exempel för denna och andra anläggningar som överväger effektiviseringsåtgärder.

Målen har varit att:

- Kartlägga energianvändningen och identifiera vilka delsystem, komponenter som eventuellt kan förbättras för att åstadkomma energibesparingar.
- De väsentliga energianvändarna ska mätas för att bedöma effektivitet och potential till förbättring. En uppenbar möjlighet till värmeåtervinning är luftkompressorernas kylvatten så denna värmemängd ska mätas.
- Effektiviteten på komponenter såsom pumpar och kompressorer ska bedömas.
- Energianvändningen för snötilverkning i form av nyckeltal ska presenteras.
- Dokumentera studien i en rapport.

Metoden är mycket viktig som exempel. I figuren nedan så visas en principbild för tillvägagångssättet vid effektivisering. Det enkom viktigaste steget att ta är beslutet och att förbli dedikerad till detta. Det är alltför många påbörjade processer som slutar med en rapport och inga åtgärder som genomförs. Detta beror ofta på att man inte är tillräckligt dedikerad och/eller inte förstått eller insett vilka de kommande stegen är och vad de innebär.



Figur 4: principbild för tillvägagångssättet vid effektivisering.

I detta specifika fall så togs beslutet och nästföljande steg – inventeringen påbörjades i oktober 2012. Inventeringsrapporten visade på möjlig och nödvändig instrumentering samt vilka uppskattade kostnader som var associerade med detta. Efter detta så togs beslutet att påbörja fas 1 av instrumenteringen och något senare kom beslutet att genomföra fas 2, vilket gjort att nu alla väsentliga delar sämats.

Under säsongen så har data samlats in och under våren 2013 har en sammanställning och analys gjorts vilket nu rapporteras i denna skrift. Sammanställningen innehåller också ett antal åtgärdsförslag, tips och råd som nu anläggningsägaren har att ta ställning till. I och med detta så har inventeringsfasen avslutats och effektiviseringsprocessen står inför nästa fas där de specifika åtgärderna behöver beslutas och därefter genomföras.

3 Inventering

Följande kapitel är ett utdrag ur den inventeringsrapport som gjordes efterbesöket ("Möjligheter till instrumentering för energimätning och uppföljning", Rogstam & Beaini, oktober 2012).

Vid ett anläggningsbesök 4 oktober 2012 inventerades de tre teknikhusen P0/1, P2 och P3 med avseende på tillgänglighet vad gäller installation av mätutrustning. En transformatorstation inventerades också med avseende på kraftmatning till fläktkanoner.

3.1 P0/1 – teknikhus 1

Pumphus 1 placerat vid älven styr pumparna P0 som i sin tur förser pumpstation 2 i teknikhus 2 med allt vatten för snöproduktionen. I en brunn sitter 3 stycken dränkbara matarpumpar vilka i en 500 mm-ledning försörjer högtryckpumparna i P2. Endast 2 av 3 pumpar i P0 är inkopplade då deras kapacitet i dagsläget räcker. De två aktiva pumparna styrs av var sin frekvensomformare.



Figur 5: pumphuset vid Görälven och dränkpumparna i P0

Det är av stort intresse att kunna mäta tillförd energi dessa pumpar. Nedan visas bilder på tilltänka installationspunkter för strömtrafos till de respektive frekvensomformarna. De bedöms finnas plats för att montera delningsbara strömtrafos på inkommande ledare till F1 (Danfoss, t.v.). Vad avser F2 (Vacon, t.h.) var det oklart om det finns plats i frekvensomformaren.



Figur 6: tilltänka installationspunkter för strömtrafos.

Om det av olika skäl inte var möjligt att montera energimätarna i anslutning till frekvensomformarna så fanns en back-upplösning i form av transformatorstationen (T-387) som ligger i anslutning till P0 varifrån F1 och F2 matas. Nedan visas utgående matning till F1 och F2 i T-387 och som synes finns plats för montering om tillstånd erhålles.



Figur 7: utgående matning till F1 & F2

Frekvensomformarna måste mätas på matningssidan (ingående spänning) eftersom utsignalen till pumparna inte går att mäta med vanligt förekommande energimätare.

3.2 P2 – teknikhus 2

Teknikhus 2, P2, matas från en stor transformator och ingen särmätning fanns på de olika användarna såsom; pumpar, kompressorer, restaurang, liftar, etc. Vad gäller snöstillverkningsutrustning så finns 3 stycken luftkompressorer samt 3 stycken högtryckspumpar vilka är av primärt intresse att mäta och följa upp. Uppföljningen handlar om energi i allmänhet men också om prestanda, varför mätning utöver energi är aktuell för att kunna utvärdera pumpars och kompressorers effektivitet, avgiven värme från kompressorernas kylkretser, etc. För att kunna utföra det senare kommer några parametrar såsom vattenflöde, tryck (vatten och luft) samt temperaturer att behöva mätas.

3.2.1 Luftkompressorer

I P2 finns 3 st. kompressorer av märket Atlas Copco där K1 och K2 har märkeffekten 450 kW och K3 400 kW. Dessa effekter svarar mot märkstömmar om ca 800 A.



Figur 8: Kompressorer i P2.

Kompressorerna matas med el och levererar tryckluft vid ca 7.5 bars övertryck. Samtidigt kylv dessa enheter med kylvatten som tas från anläggningens vattensystem (nedan t.h.). Detta kylvatten representerar en ansevärd värmeavgivning som potentiellt skulle kunna återvinnas. För att kunna avgöra hur mycket värme det i praktiken handlar om rekommenderas att vattenflöde respektive temperatur mäts – åtminstone under en representativ tid vilket kan vara minst 1-2 veckor. Vidare bör lufttrycket mätas för att se att regleringen sker på ett bra sätt. Ett tryckuttag identifierades på samlingsledningen till kompressorernas trycksida - se nedan t.v. Anslutningen med den blå kranen används inte och kan användas för mätsystemets tryckgivare.



Figur 9: Tryckgivare potentiell anslutning på tryckluftsröret (t.v.) & kylvatten rör (grön-t.h.)



Figur 10: Mätningsskablarna till kompressorer.

När det gäller anslutning för kompressorernas energimätare så är matningsskablarna i elskåpet den bästa platsen.

Pga. de stora strömmarna så matas varje fas med tre ledare från elskåpet. För att praktiskt genomföra mätningen så föreslås att mätning görs på en av de tre ledarna och att energimätarens värde multipliceras med tre. Denna inställning kan göras i energimätaren som den s.k. omsättningen mellan mätt och redovisat värde.

Eftersom ledningarna är så pass grova och otympliga så rekommenderas öppningsbara strömtrafos. Dessa är vid dimensioner över 25mm betydligt dyrare än icke öppningsbara men ställt mot arbetsinsatsen att behöva lossa kablarna och trä på fasta strömtrafos så är det normalt att föredra att använda de öppningsbara då det spar mycket installationstid.

3.2.2 Högtryckspumpar

Anläggningen har 3 st. högtryckspumpar i P2 vilka är föremål för utredning vad avser effektivitet, reglering, etc. För att göra detta behöver dessa energier mätas individuellt samt att trycket på sug- och trycksida behöver mätas. Utöver detta måste även vattenflödet mätas externt.



Figur 11: Högtryckspumpar i P2.

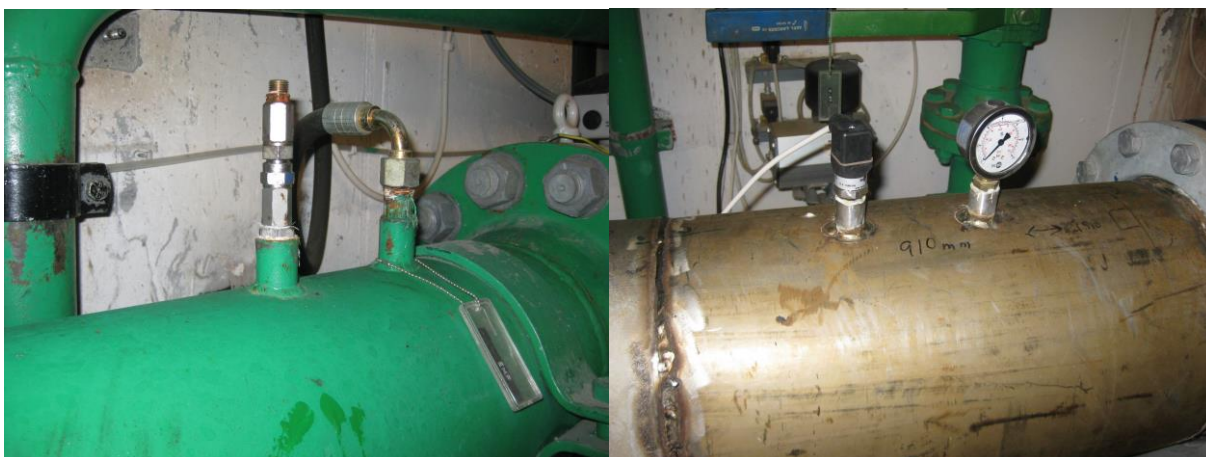
Vad avser energimätning så matas dessa parallellt i elskåpet enligt nedan t.v. med två kablar per fas. Analogt med kompressorerna så kan dessa mätas med en strömtrafos per kabel och fas. Dessa kablar är max 22 mm varför de går att mäta med öppningsbara standardtrafos vilket är positivt ur ett kostnadsperspektiv.

När det gäller den externa flödesmätningen så identifierades en mätsträcka på pumparnas tryckledning mellan pumpar och den befintliga flödesmätaren (ovan t.h.). Sträckan är ca 2.4 m och bör normalt vara lång nog för att genomföra mätning med en extern metod, dvs. inga ingrepp i rörsystemet behövs göras. Mätinstrumentet bygger på ultraljudsteknik där sonder placeras utanpå röret.



Figur 12: Matarkablarna till högtryckspumpar (t.v.) samt framledningsrör (t.h.).

För tryckmätningen identifierades på trycksidan ett uttag som i dagsläget är pluggat (nedan t.v.) vilket går att via övergångar förse med en tryckgivare. På sugsidan (nedan t.h.) finns en befintlig givare där ett T-stycke skulle kunna monteras för en ytterligare tryckgivare.



Figur 13: T- anslutningar där tryckgivaren skulle kunna installeras.

I teknikhus 2, P2, finns en befintlig flödesmätare (se nedan) på vattenkretsens trycksida men driftspersonalen menar att den inte ger tillförlitliga värden. Den föreslagna mätningen möjliggör även kontroll av den befintliga mätaren (se nedan).



Figur 14: befintlig flödesmätare.

3.3 P3 – teknikhus 3

I teknikhus 3, P3, finns högtryckspumpar som inte längre är i bruk samt i dagsläget 5 stycken luftkompressorer. De senare kommer genom en stundande uppgradering att reduceras till 3 stycken. Exakt när bytet kommer att ske är i dagsläget inte klart men mycket pekar på att det sker först när snöproduktionen startat. Detta gör att det exakta behovet av mätutrustning är något oklart. När installationen är färdig kommer behovet att bestå av tre energimätare men endast en är möjlig att specificera idag då övriga matningskablar är föremål för uppgraderingen.



Figur 15: teknikhuset-P3

Förslagsvis så införskaffas dessa energimätare tillsammans med övrig utrustning och eventuellt gör man så att bara K5 installeras i första läget och övriga två först när uppgraderingen är gjord. När den nya installationen är klar så beställs de strömtrafos som behövs.

3.4 Transformator – fläktkanoner

Anläggningen har ett antal fläktkanoner i snöproduktionssystemet. Dessa kraftmatas från olika ställen i systemet varför en mätning av dessa är svår i dagsläget. Dock finns en del av systemet, på var sin sida av sexstolsliften, där en matning endast förser fläktkanoner. Vid inventering av transformatorn (T-322) så visade det sig att den har en egen mätning. Här behövs således ingen ytterligare instrumentering.



Figur16: transformatorn T-322.

4 Instrumentering

I detta kapitel beskrivs den mätutrustning som valdes och hur den instrumenterades i de olika delarna.

4.1 Mätutrustning i P2 & P3

Teknikhus 2, P2, matas från en stor transformator och ingen särmätning fanns på de olika användarna såsom; pumpar, kompressorer, restaurang, liftar, etc. Vad gäller snötillverkningsutrustning så finns i P2 3 stycken luftkompressorer samt 3 stycken högtryckspumpar vilka är av primärt intresse att mäta och följa upp. I P3 finns det 5 st. luftkompressorer varav 4 är i drift. Uppföljningen handlar om energi i allmänhet men också om prestanda, varför mätning utöver energi är aktuell för att kunna utvärdera pumpars och kompressorers effektivitet, avgiven värme från kompressorernas kylkretsar, etc. För att kunna utföra det kommer några parametrar såsom vattenflöde, tryck (vatten och luft) samt temperaturer att behöva mätas.

4.1.1 Energimätare

För energimätning används Carlo Gavazzi-mätare vilka är erkänt bra och dugliga mätare för energi- och effektmätning. Dessa finns i flera modeller men de som är aktuella är de s.k. EM21 och EM24. Den förstnämnda kommer i ett paket med öppningsbara strömtrafos vilket gör att de är billigare än att köpa lösa energimätare (EM24) med anpassade strömtrafos. Begränsningen med EM21 är att dess strömtrafos bara finns upp till 25 mm ledardiameter samt 250 A. De senare är inte begränsningen i detta fall med vid de största luftkompressorerna är ledarna ca 27-28 mm varför större strömtrafos måste användas.



Figur 17: EM21 (t.v.) och EM 24(t.h.).

På grund av de stora strömmarna så matas varje fas med tre ledare från elskåpet. För att praktiskt genomföra mätningen så gjordes mätningen på en av de tre ledarna och att energimätarens värde multipliceras sedan med tre. Denna inställning kan göras i energimätaren som den s.k. omsättningen mellan mätt och redovisat värde.

Eftersom ledningarna är så pass grova och otympliga så rekommenderas öppningsbara strömtrafos. Dessa är vid dimensioner över 25mm betydligt dyrare än icke öppningsbara men ställt mot arbetsinsatsen att behöva lossa kablarna och trä på fasta strömtrafos så är det normalt att föredra att använda de öppningsbara då det spar mycket installationstid.

I P2 finns det 3 kompressorer och 3 högtryckspumpar. 6st energimätare installerades, 4 st. EM21 och 2 st. EM 24, för att mäta effekten och energin på både kompressorer och högtryckspumpar. Sedan är energimätarna kopplade till ClimaCheck-skåpet där värdena loggas och lagras.

4.1.2 Kompressorer

I P2 finns 3 st. kompressorer av märket Atlas Copco där K1 och K2 har märkeffekten 450 kW och K3 400 kW. Dessa effekter svarar mot märkstömmar om ca 800 A. Kompressorerna matas med el och levererar tryckluft vid ca 7.5 bars övertryck. Samtidigt kyls dessa enheter med kylvatten som tas från anläggningens vattensystem. Detta kylvatten representerar en ansenlig värmeavgivning som potentiell skulle kunna återvinnas.



Figur 18: Energimätare (EM24) monterad på en ledare.

2 st. EM24 mäter effekten och energin på dem två stora kompressorer K1 & K2 (450 kW) och den tredje mäter effekt och energi på K3 (400 kW). Energimätarna kopplade till ClimaCheck-skåpet där värdena loggas och lagras.

4.1.3 Högtryckspumpar

Anläggningen har 3 stycken högtryckspumpar i P2 vilka är föremål för utvärdering vad avser effektivitet, reglering, etc. När det gäller energimätningen så matas dessa parallellt i elskåpet med två kablar per fas. Analogt med kompressorerna så mäts dessa med en strömtrafos per kabel och fas.



Figur 19: 3st EM21 mäter energi och effekt på högtryckspumpar.

3st EM21 mäter effekten och energin på högtryckspumpar. Energin & effekten loggas i ClimaCheck systemet för att kunna övervakas. En sak värd att nämna att när installationsarbetet med energimätarna gjordes så noterades att strömmarna i faserna till pumparna skiljer (de ska teoretiskt vara lika). Det gör att man får ett litet fel när effekten och energin på pumparna mäts. En noggrannare undersökning bör göras för att hitta felet vilket sannolikt beror på dålig kontakt i kabelns infästning.

4.1.4 Tryck & temperatur givare

För att övervaka prestandan på både kompressorer och pumpar har tryck- och temperaturgivare installerades. 2 stycken tryckgivare monterades på trycksidan (50 bar klass) och sugsidan (10bar klass) på matarvattenrören (vattensystemet). Ytterligare en tryckgivare mäter lufttrycket efter kompressorerna (enligt figur 21).

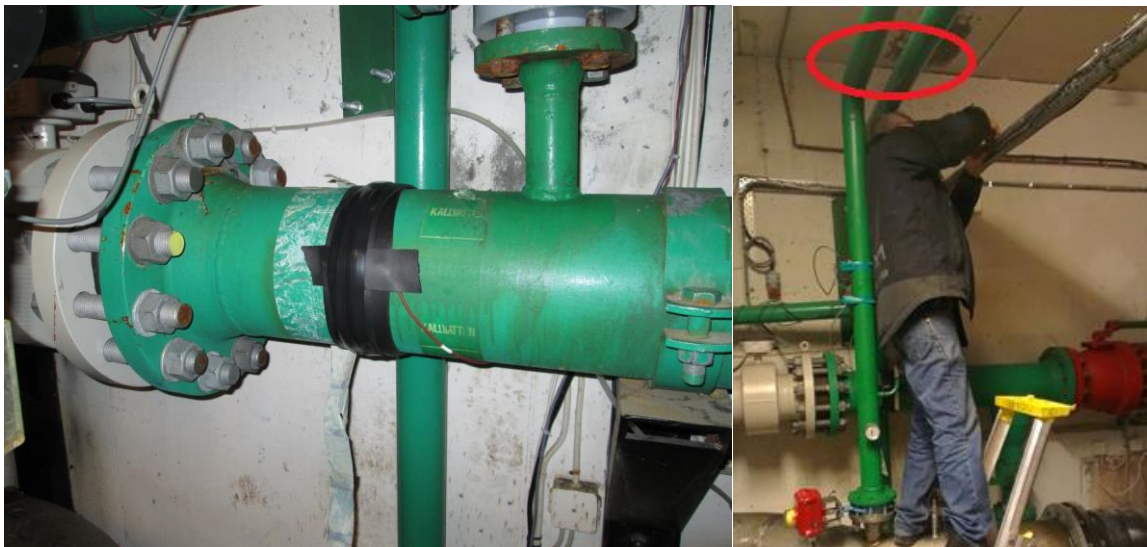


Figur 20: Tryckgivare (t.h.) och temperaturgivare (t.v.).



Figur 21: tryckgivare monterad på luft trycksida (t.v.) och vatten sug sida (t.h.).

Temperaturgivarna mäter temperaturen på luften och vatten. Två givare mäter temperaturen på kylvattensidan (in och ut) och en givare mäter temperaturen på inkommande matarvatten (figur 22) samt ytterligare en givare mäter lufttemperaturen efter kompressorerna.



Figur 22: temperaturgivare på vattnets trycksida och kylvattnets framledning och retur.

Utomhustemperatur och luftfuktighet mäts med en trådlös givare (figur 23). Givarens signal matas till ClimaCheck-enheten så dessa kommer också loggas. Transmittern sitter på teknikhuset P2 – monterad på nordöstra ytterväggen – se bilden nedan.

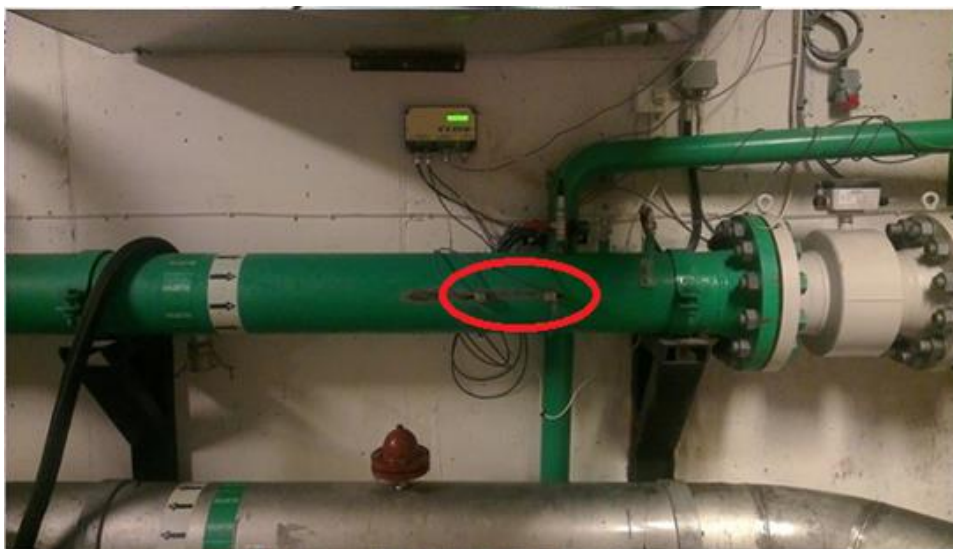


Figur 23: fukt och temperaturgivare som är monterad utomhus.

4.1.5 Flödesmätare

När det gäller flödesmätning, så identifierades en mätsträcka på pumparnas tryckledning mellan pumpar och den befintliga flödesmätaren (figur 24). Sträckan är ca 2.4 m och bör normalt vara lång nog för att genomföra mätning med en extern metod, dvs. inga ingrepp i rörsystemet behövs göras. Mätinstrumentet bygger på ultraljudsteknik där sonder placeras utanpå röret (figur 24).

Den ultraljudsmätare som föreslogs för vattenmätningen installeras temporärt för att utvärdera pumparna samt den befintliga flödesmätaren. Mätaren är av fabrikatet Flexim och har två uppsättningar mätsonder varvid två flöden kan mätas samtidigt. Dessa två uppsättningar sonder används för att mäta huvudvattenflödet respektive kylvattenflödet till kompressorerna.



Figur 24: flödesmätaren konfigurerad och installerad.

Flödesmätaren används för att mäta vattenflödet till snöotillverkningsystem samt kylvattenflöde i P2. Flödesmätaren är också kopplad till ClimaCheck-enheten så båda flödena kan loggas.



Figur 25: ultraljudflödesmätning på vatten rör (trycksida och kylvatten).

Fördelen med en ultraljudflödesmätare är att installationen är smidig och snabb. Figuren ovan visar ultraljudssensorer som installerades på rören. Inga ingrepp i rören behöver göras vilket undviker störningar i driften.

4.2 ClimaCheck

ClimaCheck, CC-systemet, är i grunden en prestandaanalysator främst för kyl- och värmepumpprocesser. Det som gör den lämplig i föreliggande applikation är att den är utrustad för att samla in data från energimätare tillsammans med tryck och temperaturer, vilket är just det som aktuellt. Utöver detta så kan de insamlade data skickas till en server varvid data är säkert lagrat och alltid tillgängligt.



Figur 26: CC skåpet installerat i P2 huset.

ClimaCheck-enheterna installerades i både P2 & P3. Figur 5 visar ClimaCheck systemet kopplat till alla givare och energimätare. Värden loggas och lagras varje minut så man har möjlighet att övervaka systemet vid den tidpunkt man önskar. Med hjälp av ett modem skickas de värden som samlas i CC-enheten vidare till en server. Via ett webbgränssnitt, ClimaCheck online, kan man enkelt logga in var som helst och se de värden och tidsperioder som önskas. Tabellen i CC ser ut som figuren nedan.

Köldmedie: AMMONIA Okvitterade larm: Nej

Date to show: Antal värden per sida: Max-Min-Medel beräknat på: Time Search: Exportfunktioner

Användarinställningar aktiva: 2012-12-03 40 60 min yyyy-mm-dd hh:mm

[äldre data>](#) [äldsta data>>](#)

Tid	Effekt EP Pro1 (kW)	Effekt EP Pro2 (kW)	Effekt EP Pro3 (kW)	Effekt EP Pro4 (kW)	Effekt EP Pro5 (kW)	Effekt EP Pro6 (kW)	Energi EP Pro1 (kWh)	Energi EP Pro2 (kWh)	Energi EP Pro3 (kWh)	Energi EP Pro4 (kWh)	Energi EP Pro5 (kWh)	Energi EP Pro6 (kWh)	Utomhus temp (°C)	T3 - Kylvatten in (°C)	T4 - Kylvatten ut (°C)	Vatten ut (m3/h)	Vatten in (m3/h)	AI4 - Tryckluft (Bar)
Max last 60 min	472,5	481,9	77,4	117,9	274,6	266,9	48 962	47 433	30 212	23 567	25 596	20 484	-19,9	0,40	11,90	265,8	48,0	7,4
Min last 60 min	-0,4	0,0	0,1	113,5	270,8	263,0	48 607	47 264	30 146	23 453	25 328	20 224	-20,8	0,30	5,30	252,5	46,7	7,1
Avg last 60 min	366,7	172,5	63,7	115,9	272,2	264,7	48 781	47 352	30 179	23 510	25 462	20 354	-20,1	0,32	10,30	257,8	47,6	7,4
2012-12-03 09:44:00	467,6	102,7	0,1	117,3	271,2	263,0	48 962	47 433	30 212	23 567	25 596	20 484	-20,8	0,30	11,20	253,2	47,9	7,4
2012-12-03 09:43:00	468,9	102,2	76,1	117,5	270,8	263,3	48 954	47 432	30 212	23 565	25 591	20 479	-20,8	0,30	11,20	258,0	47,7	7,4
2012-12-03 09:42:00	467,6	102,6	76,7	116,0	270,9	264,0	48 946	47 430	30 210	23 563	25 587	20 475	-20,7	0,30	11,20	256,2	47,8	7,3
2012-12-03 09:41:00	467,0	102,2	76,9	116,2	272,1	264,8	48 938	47 428	30 209	23 561	25 582	20 471	-20,6	0,30	11,20	259,3	47,9	7,3
2012-12-03 09:40:00	466,5	101,8	76,2	117,0	271,2	263,7	48 931	47 426	30 208	23 559	25 578	20 466	-20,5	0,30	11,10	258,0	47,8	7,3
2012-12-03 09:39:00	465,6	102,4	76,3	116,5	271,4	263,4	48 923	47 425	30 206	23 557	25 573	20 462	-20,4	0,40	10,10	255,2	48,0	7,2
2012-12-03 09:38:00	156,1	102,6	76,5	117,9	271,2	263,5	48 917	47 423	30 205	23 555	25 569	20 457	-20,2	0,40	8,10	255,4	47,3	7,2
2012-12-03 09:37:00	470,4	101,6	76,6	117,4	271,1	264,1	48 911	47 421	30 204	23 553	25 564	20 453	-20,1	0,30	11,40	258,6	47,2	7,4
2012-12-03 09:36:00	469,3	101,0	77,0	116,4	270,9	263,7	48 904	47 420	30 202	23 551	25 560	20 449	-20,1	0,30	11,50	252,5	47,3	7,4
2012-12-03 09:35:00	468,7	101,4	76,9	116,1	271,3	263,8	48 896	47 418	30 201	23 549	25 555	20 444	-20,1	0,30	11,60	255,4	47,5	7,4
2012-12-03 09:34:00	467,8	103,0	77,0	117,4	271,8	264,4	48 888	47 416	30 200	23 547	25 551	20 440	-20,0	0,30	11,90	257,0	47,5	7,4
2012-12-03 09:33:00	470,6	163,8	76,7	115,9	271,6	263,3	48 880	47 414	30 199	23 545	25 546	20 436	-19,9	0,40	6,90	260,5	47,3	7,3
2012-12-03 09:32:00	-0,4	481,9	76,7	116,4	271,6	263,5	48 878	47 408	30 198	23 543	25 542	20 431	-19,9	0,30	9,90	254,6	47,5	7,4
2012-12-03 09:31:00	-0,4	480,6	76,6	116,5	272,4	265,0	48 878	47 400	30 196	23 541	25 537	20 427	-19,9	0,30	10,00	254,4	47,4	7,4

Figur 27: Datainsamling i ClimaCheck online.

Prestanda och funktion mäts under drift och all data dokumenteras och lagras under hela säsongen. Med ClimaCheck online får man omedelbar tillgång till aktuella processvärden vilket förbättrar kontrollen över anläggningen.

Larminställningar

Larmmottagare

1 ekanalys 2 ekanalys_guest 3 ---None--- 4 ---None---
5 ---None--- 6 ---None--- 7 ---None--- 8 ---None---

☒ Disable all alarms
NoData Alarm delay: 120 min Only valid if a NODATA-Alarm is configured

Larmsändring

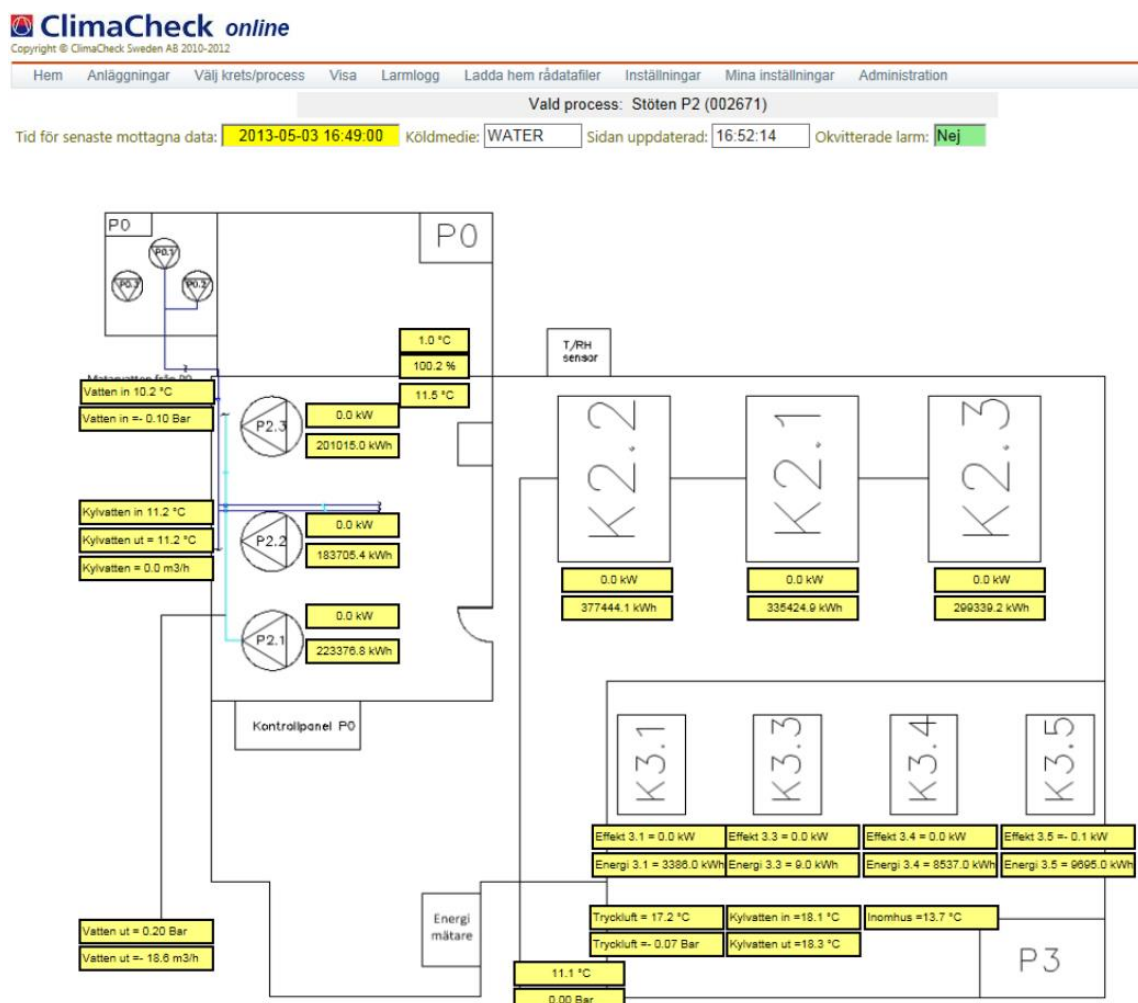
Källa	Text	Sänd till larmmottagare 1-8
1 F1	Låg vatten flöde	☒ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
2 F2	Låg verkningsgrad	☒ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
3 F3	Hög kWh/m3 snö	☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
4 F7	...	☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
5 F8	...	☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
6 F9	...	☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
7 --Alm Off--	...	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
8 --Alm Off--	...	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

☐ Larm 1-8 ☐ Larm 9-16 ☐ Larm 17-24

Importera inställningar från:

Figur 28: larmfunktionen i ClimaCheck online.

Det finns också en möjlighet att ställa in en larmfunktion som skickar alarm via sms/epost om värden hamnar utanför angivna gränser.



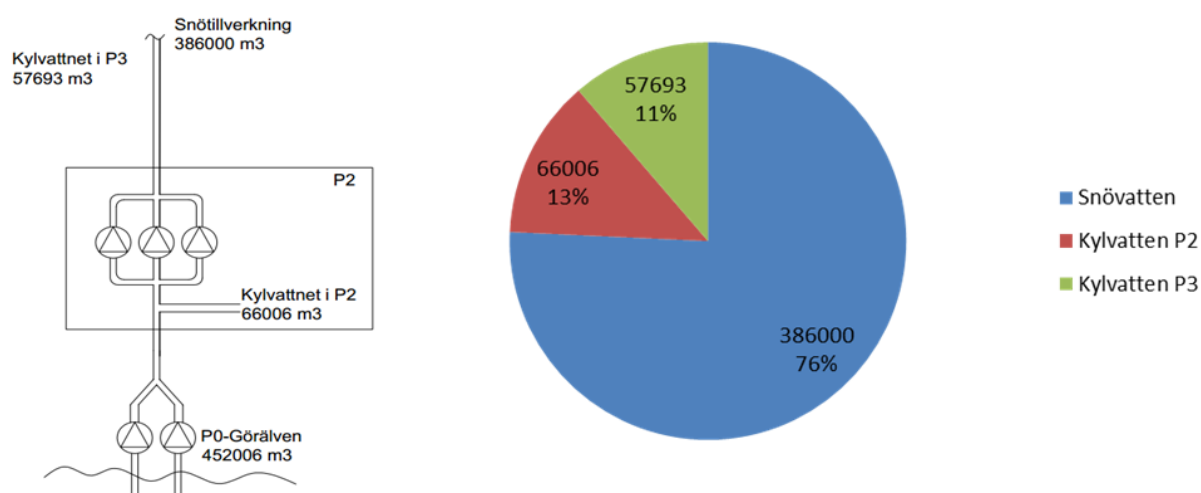
Figur 29: Processbilden i ClimaCheck systemet.

Figur 29 visar processbilden inne i ClimaCheck online. I bilden syns alla värden som mäts och lagras i alla tre teknikhusen. Det finns också en möjlighet att nollställa energimätarna efter varje säsong så man kan jämföra energianvändning/säsong.

5 Analys & resultat

All data från mätningar för hela säsongen finns tillgänglig i ClimaCheck. Genom att kombinera mätdata, får man olika resultat vad gäller energianvändning, vattenanvändning, reglering och flera intressanta nyckeltal såsom energianvändning per m³ snö, luft/vatten förhållande etc.

5.1 Vattenförbrukning

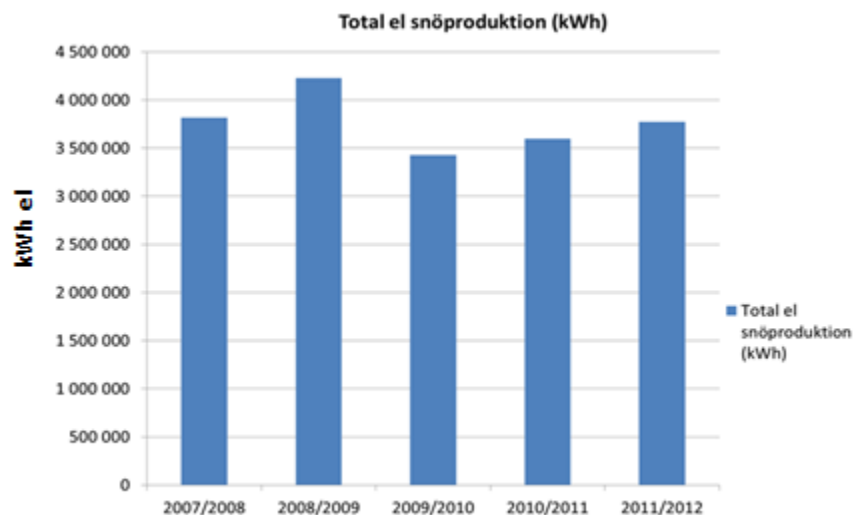


Figur 30: Vattensystem (t.v.) och vattenförbrukning (t.h.).

Vatten som används i snöstillverkning hämtas från Görälven, nere vid P0. Det är viktigt att man har koll på hur mycket vatten som används så man inte använder mer än det som är tillåtet. Vatten som pumpas från Görälven fördelas i P2; en del används som kylvatten i kompressorer och resten går in i högtryckspumpar för snöstillverkning. Figur 30 visar en skiss av vattensystemet samt en beräkning utifrån flödesmätning som illustrerar vattenförbrukning för både snöstillverkning och kylvatten som används för att kyla kompressorerna. Den totala vattenförbrukningen (säsong 2012-2013) är ca 510 000 m³ varav 123 700 m³ (25 %) går till kylvatten för kompressorerna.

5.2 Energianvändning

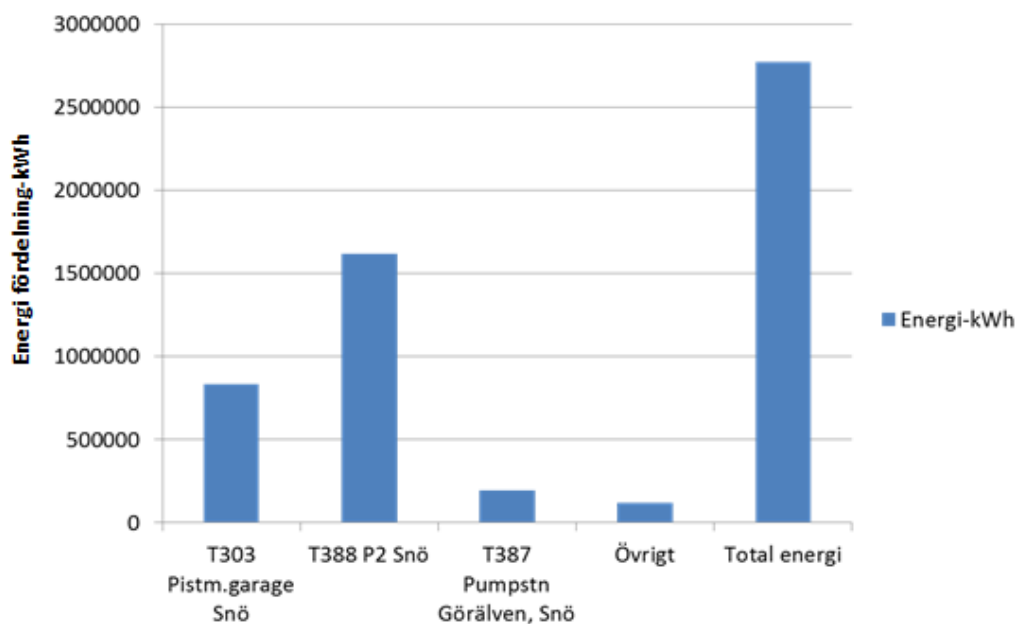
Energianvändning är en av de viktigaste delarna för att utvärdera snöstillverkningssystemet. Data från energimätarna används för att beräkna den totala energianvändningen vad gäller snöstillverkning i Stöten's snöanläggning.



Figur 31: Energianvändning under åren 2007-2012 (referens: Stöten).

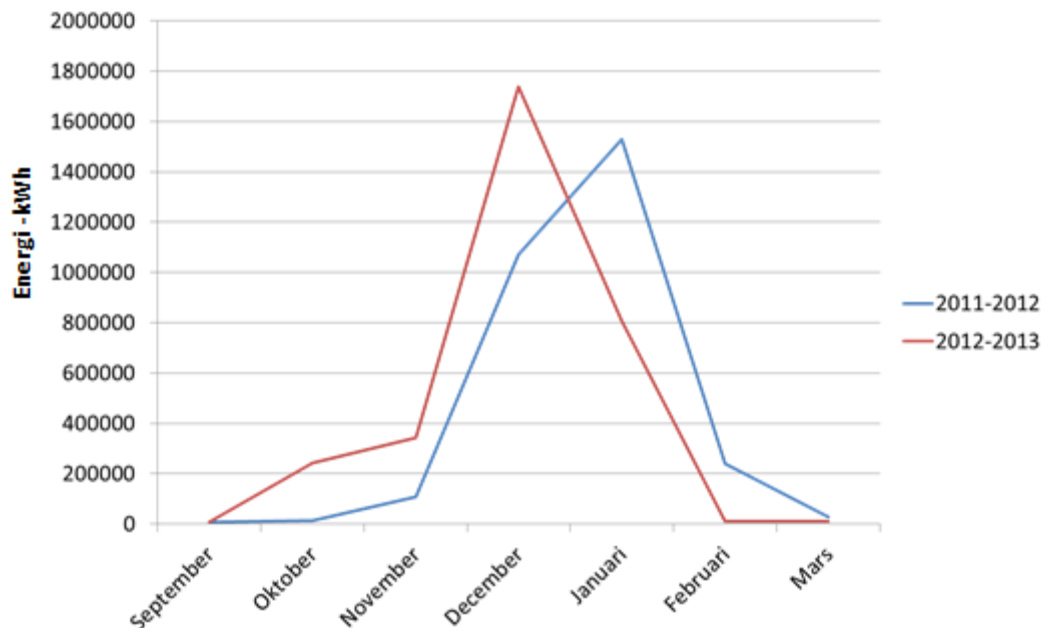
Eftersom energimätningstrustningen installerades senare i P3 huset (efter säsongen har börjat), togs energidata vad gäller P3 för 2012/2013 säsong från elleverantören.

5.2.1 Energifördelning snöstillverkning (2012/2013)



Figur 32: Energifördelning-snöstillverkning.

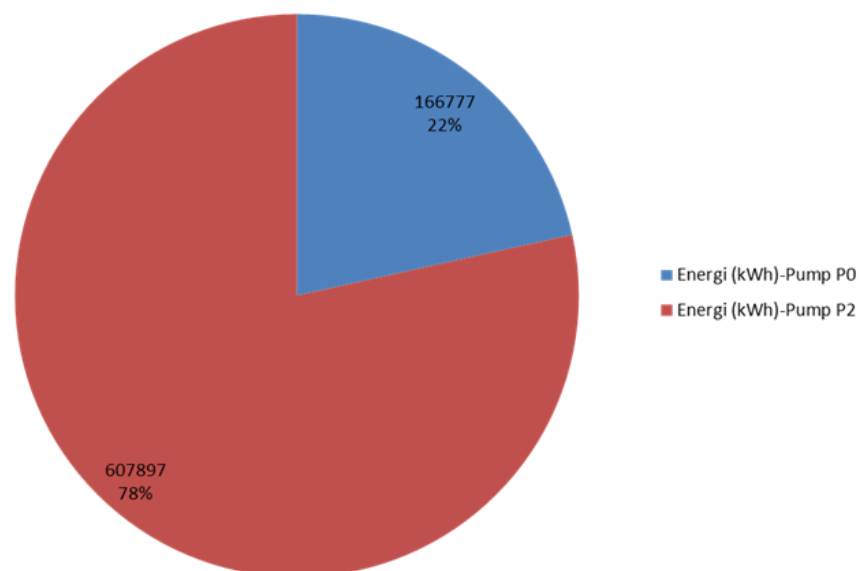
Figuren ovan redovisar energianvändning per transformator (teknikhus). Resultaten är en kombination av mätdata och data från elleverantören. P2 samt P3 använder den absoluta största delen av energi. I P2 finns både luftkompressorer och högtryckspumpar medan i P3 finns det bara kompressorer. Den totala el-energianvändningen för säsongen 2012/13 blev ca 2 800 MWh.



Figur 33: Jämförelse mellan två säsonger – energianvändning per månad.

Bilden ovan illustrerar en jämförelse mellan två säsonger vad gäller energianvändning för bara snötillverkning i Stöten's snötillverkningsanläggning. Data som användes i denna graf togs från elleverantören. Det är mest vädret som påverkar början och slutet av en säsong.

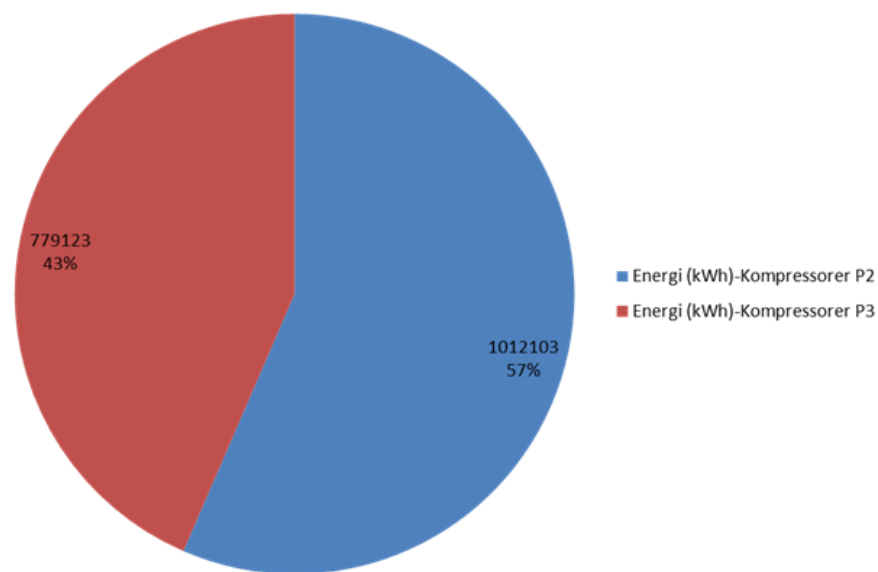
5.2.2 Energianvändning pumpar



Figur 34: Energifördelning-Pumpar i P0 & P2.

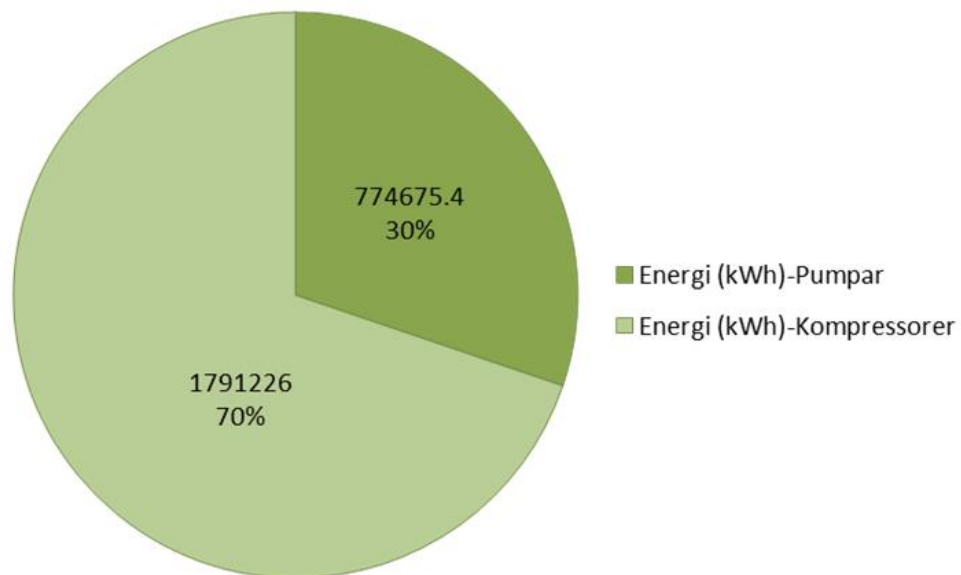
En stor mängd energi används för att pumpa vattnet från P0 till P2 och därefter till högtryckspumparna för snötillverkningen. Pumpenergin är delad mellan matarpumparna som sitter i P0 (Görälven) och högtryckspumparna i P2. Den totala energianvändning för den senaste säsongen blev 774 674 kWh varav 78 % går till högtryckspumparna och 22 % till matarpumparna.

5.2.3 Energianvändning luftkompressor



Figur 35: Energianvändning kompressor i P2 & P3.

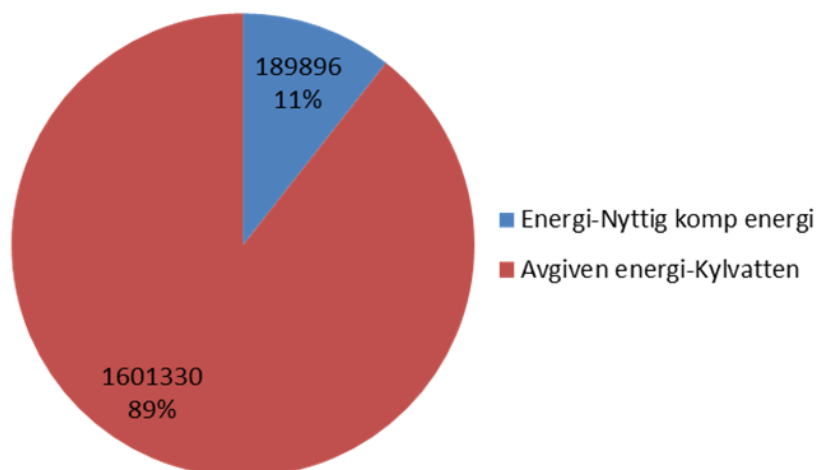
Den absolut största mängden energi används för att producera tryckluften. Luftkompressorerna står för den största delen av energianvändning vilket totalt i detta fall är 1 791 226 kWh. Av detta används ca 1 000 000 kWh (57 %) i P2 och resten, 780 000 kWh (43 %), i P3.



Figur 36: Energifördelning pumpar & luftkompressor.

Pumpar och kompressor är de delar som använder mest energi i ett snötiltverkningssystem. Tillsammans använder dessa 2 565 901 kWh varav 70 % används av kompressor och 30 % går till pumparna.

5.2.4 Potentiell värmeåtervinning från kompressorer

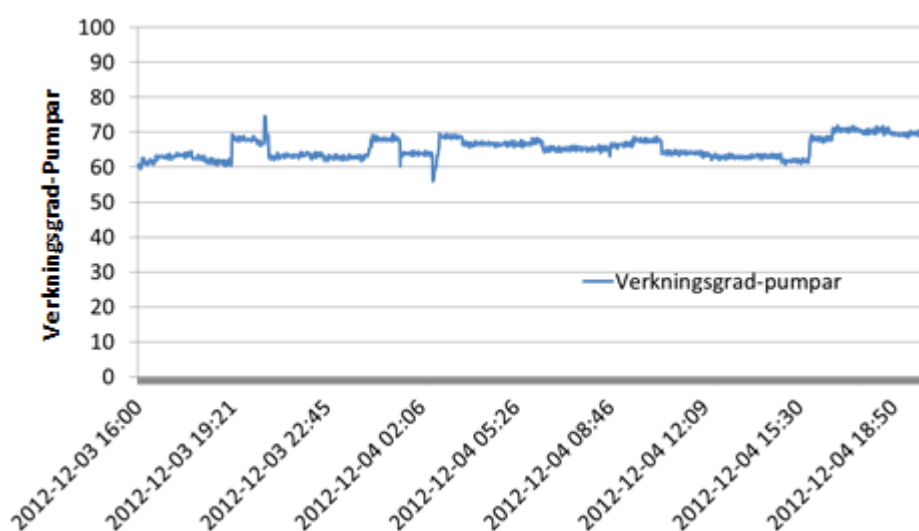


Figur 37: Totalt tillförd elenergi fördelen som nyttig energi och avgiven värme.

Luftkompressorer är kända för den höga totalenergianvändningen jämfört med den nyttiga kompressionsenergin som används för att distribuera luften. Bara ca 6 % av elenergin går till tryckluftproduktion (Atlas Copco) medan resten avges som värme. Den totala tillförda energin till kompressorer är detta fall ca 1.8 GWh (se figur 37) men bara 10 % utav detta går till nyttig kompressionsenergi och resten, ca 90 %, avges som värme till kylvattnet.

En stor mängd värme avges via kylvattnet och utnyttjas i dagsläget inte. Som ses i figuren ovan så motsvarar detta ca 1.6 GWh (89 %) vilken skulle kunna återvinnas för olika ändamål.

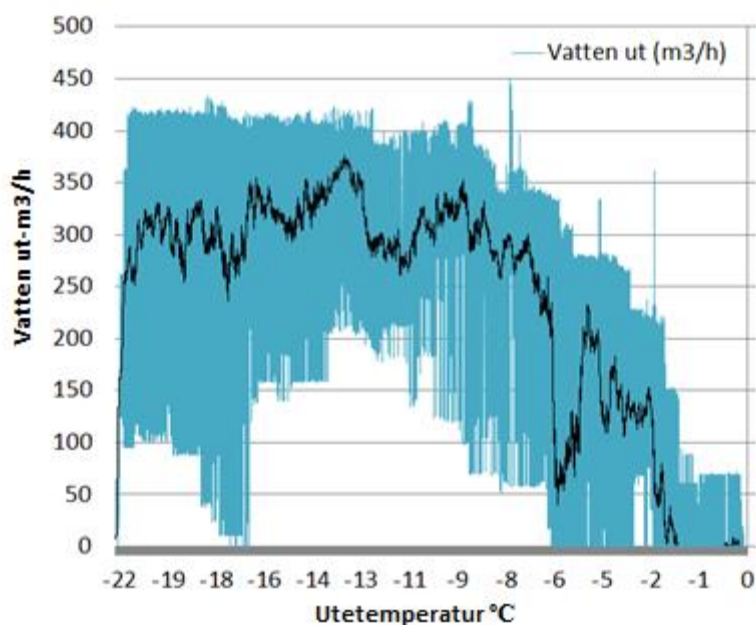
5.2.5 Pumpverkningsgrad



Figur 38: verkningsgrad för högtryckspumparna i P2.

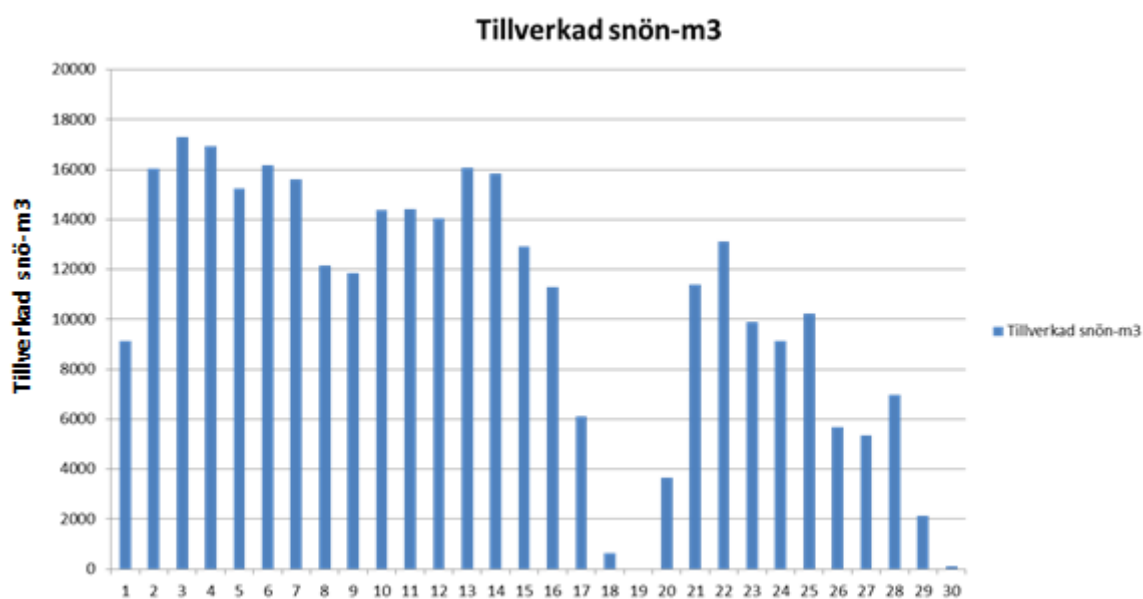
Verkningsgraden är ett beräknat nyckeltal som kan användas för att övervaka pumpfunktionen och effektiviteten. Vanligen ligger pumpverkningsgraden runt ca 60 -70 % som ses i figuren ovan, vilket visar att pumparna fungerar normalt.

5.2.6 Vatten och snö mängd vid olika temperaturer



Figur 39: Snövattenflöde vid varierande utetemperatur (vid P2).

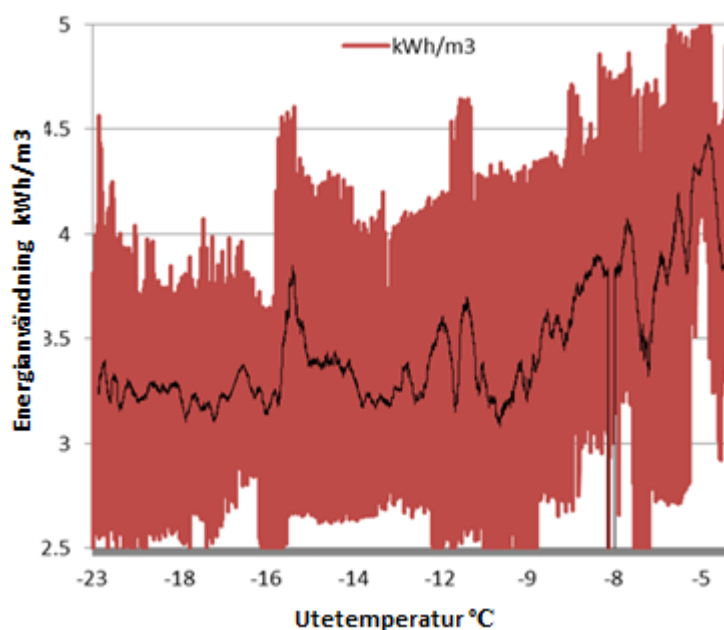
Det är naturligt att snöproduktionen ökar när temperaturen sjunker och förutsättningarna blir bättre. Figuren ovan visar hur vattenflödet som går till snötillverkning varierar med utelufttemperatur, ju kallare desto mer producerad snö. Det optimala temperaturintervallet för snötillverkning är ca -8 – (-15)°C. Produktionen från det aktuella systemet sjunker snabbt om det blir högre temperatur än -8 °C. Temperaturen som visas i denna figur mättes vid P2 vilket inte nödvändigtvis är representativt för hela anläggningen.



Figur 40: Snöproduktion per dag under en månad vid varierande utetemperatur (vid P2).

Figuren ovan visar ytterligare ett exempel på hur data kan visas i trender för att se t ex producerad snövolym per dag eller ackumulerat sen produktionsstart, etc.

5.2.7 Energianvändning per producerad snövolym



Figur 41: energianvändning i kWh/m³ snö vid varierande utetemperatur.

Energianvändning per m³ snö är ett intressant nyckeltal för att jämföra olika processer och anläggningar. I figuren ovan har en period i december 2012 studerats där total energianvändning satts i relation till producerad snö. Den producerade snömängden har beräknats genom att anta att producerad snö är av konstant densitet 500 m³/kg. Detta antagande är inte helt sant då det är känt att densiteten påverkas av lufttemperaturen. Vid lägre temperatur blir densiteten lägre och vice versa.

Figuren ovan visar även hur energianvändningen per producerad kubikmeter stiger med utetemperaturen, vilket är väntat. Det här är anledningen till att man inte bör köra systemet när temperaturen är högre än ca -5 °C. Man kan tillägga att detta nyckeltal kan beräknas och visas i den övergripande bilden i ClimaCheck som en del av övervakningen av energianvändningen.

5.3 Producerad mängd tryckluft

Mängden producerad tryckluft kan beräknas genom de mätta processdata som samlas in av ClimaCheck-systemet. Här har en beräkning gjorts genom att använda dessa mätdata från kompressorerna vilket sedan jämförts med det nominella värdet från kompressorernas produktblad. Den teoretiska bakgrunden till beräkningen visas nedan:

$$\text{Luft} = \frac{\text{Komp. effekt P2} + \text{Komp. effekt P3}}{202 \times \ln(\text{tryckförhållande} = \frac{7}{1})} \times \text{drifftid}$$

Med antagandet att drifftiden är mätperiodstiden (ca 3 månader), blev den totalt producerade luftmängden ca 16.5 miljoner m³ luft.

I förhållande till vattenförbrukning, användes ca 49 m³ luft per 1 m³ vatten. Detta är ytterligare ett nyckeltal som kan användas för att övervaka snötilverkningsystemet. Genom att lägga till det i ClimaCheck online, skulle man kunna följa upp och upptäcka eventuella luftläckage i systemet. Om t ex luft/vatten förhållande ändras plötsligt och kraftigt så kan det vara ett tecken på luftläckage någonstans i systemet. Denna uppföljning skulle kunna ge säkrare drift på sikt.

5.4 Potentiella nyckeltal

Redovisningen ovan har visat på vilka informationer mätning av några nyckelparametrar kan ge.

Genom att använda dessa så kan intressanta nyckeltal beräknas och nedan sammanfattas dessa som exempel på denna möjlighet.

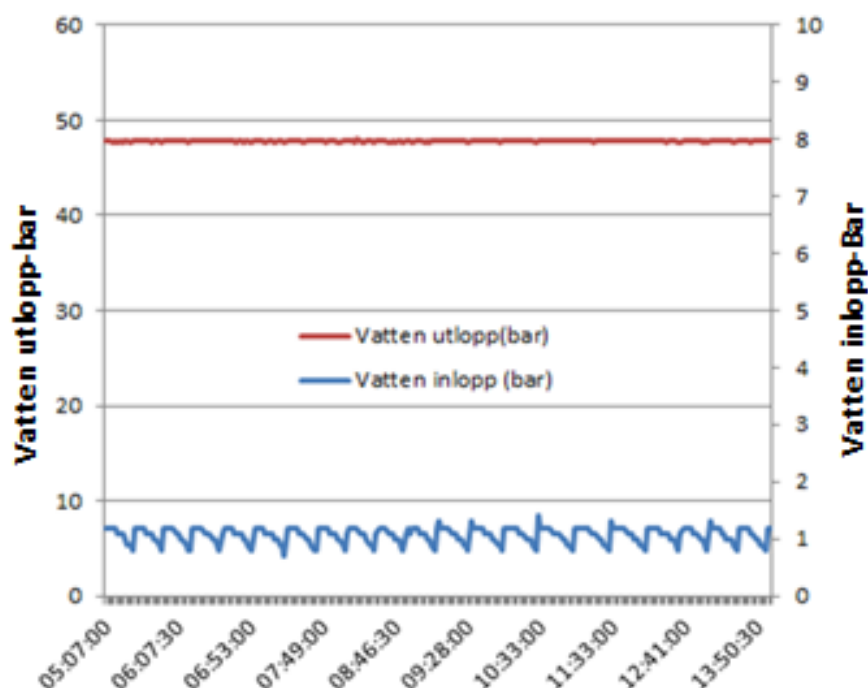
- Klimatdata: (temp., RH)
- Vattenflöde: (m³/h, m³/dygn, m³/säsong)
- Luftflöde: (m³/h, m³/dygn, m³/säsong)
- Luft/vatten-förhållande: (m³/m³)
- Tillverkad snö: (m³/dygn)
- Energianvändning: (kWh/m³ snö)
- Verkningsgrader: (t ex pumpar, kompressorer)
- Återvunnen värme (kWh vilka används till.....)

Det finns säkerligen fler som kan utvecklas utifrån resonemangen ovan och inte minst på vilket sätt dessa redovisas och presenteras.

6 Potentiella åtgärder

Efter analys och utvärdering av mätningarna under säsongen 2012/2013 som presenterats i rapportens tidigare del, kommer här några förslag till åtgärder och förbättring. Syftet är att förslagen på kort och lång sikt ska kunna spara energi och förlänga utrustningens livslängd. Vidare så har en intressant koppling till anläggningens uppvärmning system identifierats, vilket gör att värme skulle kunna återvinnas och användas för lokaluppvärmning.

6.1 Tryckreglering

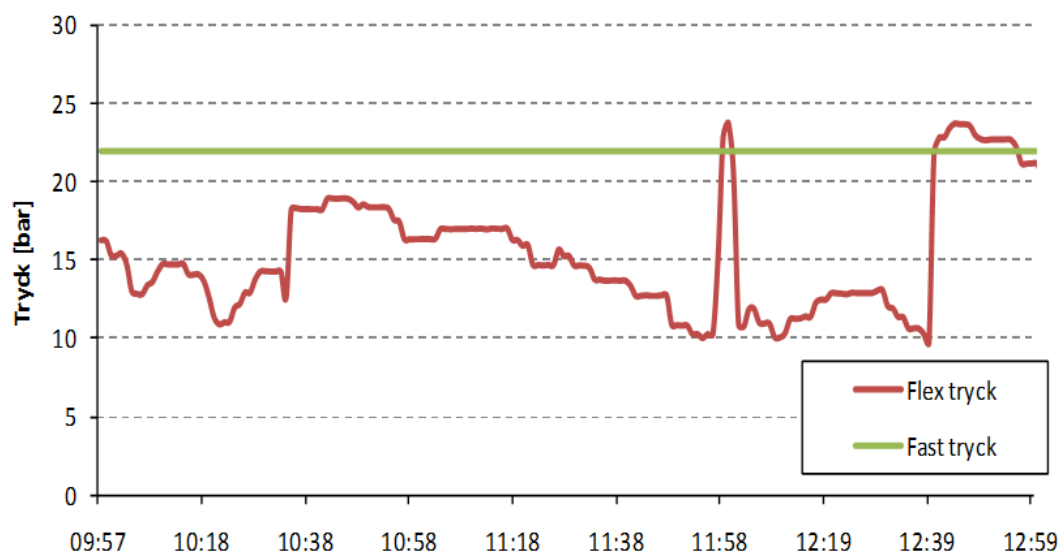


Figur 42: Vattentryck på inlopp och utlopp.

Vattentrycket vid inloppet (sugsidan) vid P2 varierar vilket beror på pumpstyrningen i P0. Detta skulle kunna förbättras vilket skulle spara energi och sannolikt skulle kunna förlänga livslängden på matarpumparna som sitter i P0. Utloppstrycket från högtryckspumparna är konstant (≈ 48 bar) oavsett behovet i anläggningen. Trycket skulle kunna varieras efter behov vilket skulle spara energi. Som exempel kan nämnas att 5 bar lägre tryck i snitt skulle spara ca 10 % dvs. 60 000 kWh/säsong.

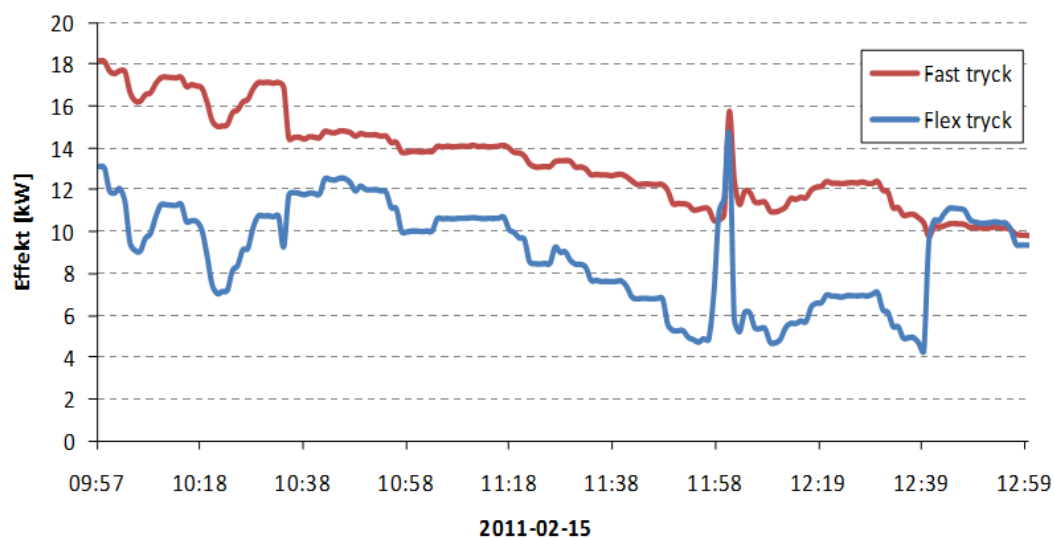
6.1.1 Allmänt om tryckreglering av fläktkanoner

Tidigare har tester gjorts i Falun (2011) inom GREEN projektet med syftet att visa sparpotential vid tryckregleringen av snökanoner. Regleringen kan tydligt påverka tillförd eleffekt till pumpen. Att reglera trycket till en snökanon genom att strypa flödet är inte optimalt ur energisynpunkt. Däremot är det möjligt att reducera trycket genom att frekvens styra den högtryckspumpen.



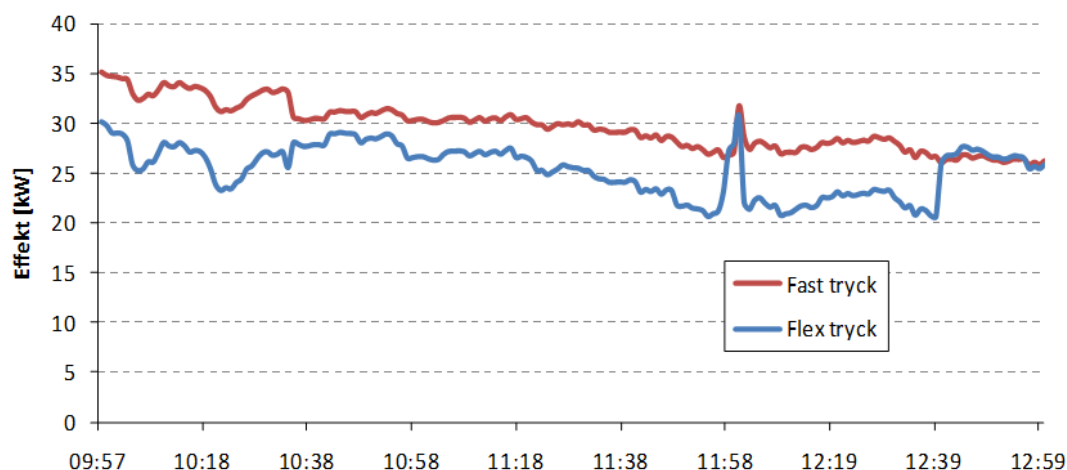
Figur 43: Fast och varierande tryck (efter behovet).

Figur ovan visar hur trycket till kanonen varierats i praktiken (Flex tryck) till skillnad från det tillgängliga trycket (Fast tryck). Den röda grafen visar hur snökanonen reglerar trycket genom att strypa flödet. Tryckskillnaden mellan de två graferna representerar den potentiella energibesparingen.



Figur 44: Pumpeffekt vid fast och varierande tryck.

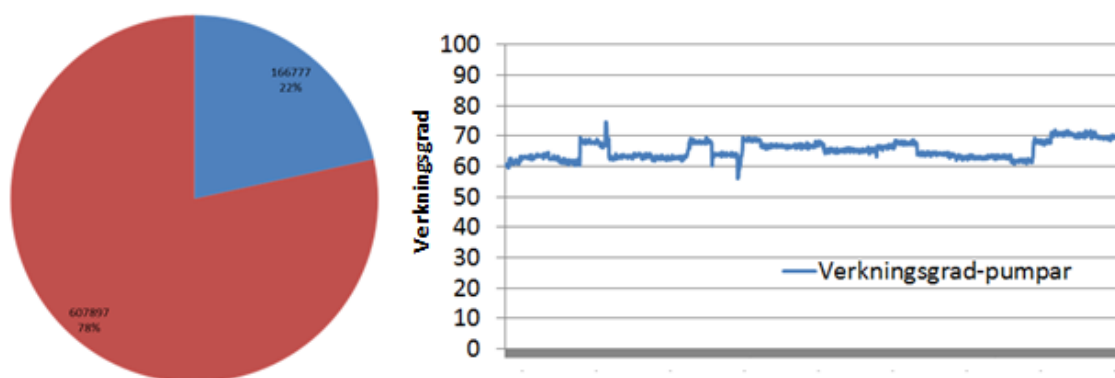
Figuren visar eleffektbidraget från den centrala pumpen till snökanonen för de två fallen som diskuterats (Fast & Flex tryck). Den översta kurvan (Fast tryck) visar effekten vid fallet då man först höjer trycket till en fast nivå i systemet och sedan stryper det till en önskad nivå. Den andra kurvan visar fallet då den centrala pumpen reglerats till precis det tryck som snökanonen krävde. Med tryckreglering efter systembehovet, sparar man pumpenergin. Besparingen i elenergi för pumpen i detta fall är ca 32 %.



Figur 45: Tillförd eleffekt inklusive den centrala pumpen.

Påverkan på den totala eleffekten till snökanonen kan ses i figur 34. För en enskild fläktkanon blir besparingen ca 14 % i energin. Resultaten av denna analys visar att med en "teoretisk perfekt reglering" skulle den tillförda energin till den centrala pumpen kunna reduceras med mellan ca 20 och 40 %. Den totala energin till snökanonerna skulle därmed kunna minskas mellan 6 och 14 %.

6.2 Pumpar med hög verkningsgrad



Figur 46: Total pumpenergi (t.v.) & pumpverkningsgrad (t.h.)

Som visats och diskuterats tidigare är en hög pumpverkningsgrad en viktig parameter. I praktiken betyder en hög verkningsgrad att pumparbete är lika men den tillförda eleffekten blir mindre. I detta fall skulle en 10 % högre verkningsgrad på hög- och lågtryckspumpar skulle spara ca 60 000 kWh/år respektive 17000 kWh/år.

6.2.1 Kylvatten och trycklufttemperatur



Figur 47: kylvatten och lufttemperatur.

Kylvatten används för att kyla kompressorer. Figuren visar att trycklufttemperaturen påverkas av kylvattenflödet. Den pendlande temperaturen på utgående kylvatten påverkar trycklufttemperaturen. Genom att optimera kylvattenflödet, till exempel med en reglering som är baserad på utgående kylvattentemperatur, kan man spara både pumparbete och vatten.

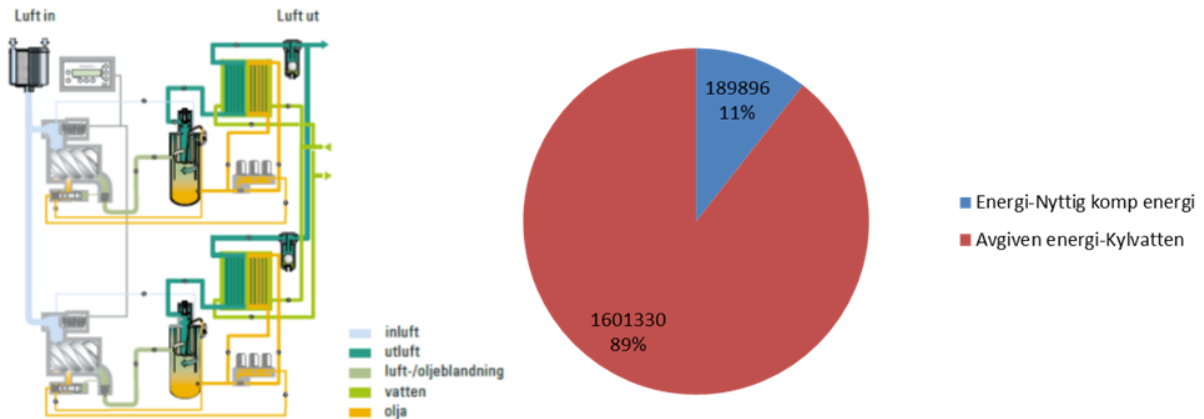


Figur 48: Den befintliga manuella regleringen på kylvatten.

Just nu regleras kylvattnet manuellt. En automatisk reglering sparar kylvatten och därmed energi (pumparbete). Gissningsvis kan minst 30 % sparas vilket i detta fall skulle motsvara ca 14 000 kWh/säsong.

6.3 Värmeåtervinning från kompressorer

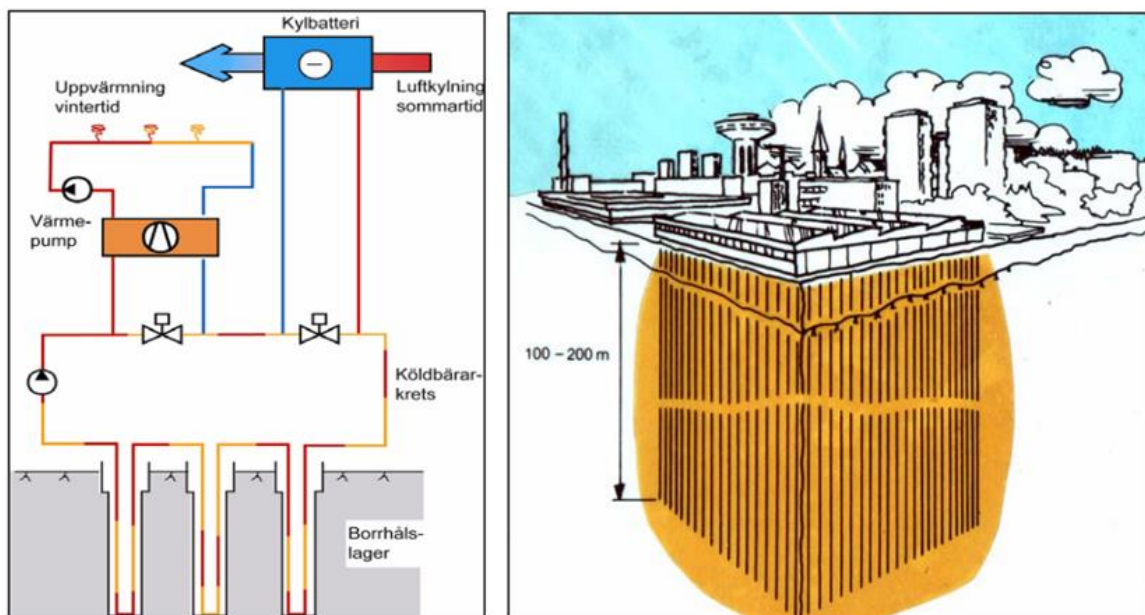
En stor mängd värme försvinner ut med kylvattnet från kompressorerna. Det finns olika lösningar för värmeåtervinning från kompressorer men det som i detta fall skulle kunna vara intressant är ett borrhållslager där värme lagras för att återanvändas när det behövs.



Figur 49: Tillgänglig värme från kompressorer.

Den avgivna värme för den säsongen 2012/2013 var ca 1.6 GWh som motsvarar 90 % av den totala tillförda eleffekten. Värmen kan återvinnas och lagras i form av säsonglagring i till exempel geoenergilager (borrhållslager). Energin som lagras kan återanvändas för att tillföra värme till värmepumpar på anläggningen.

6.4 Borrhållslager som geoenergilager

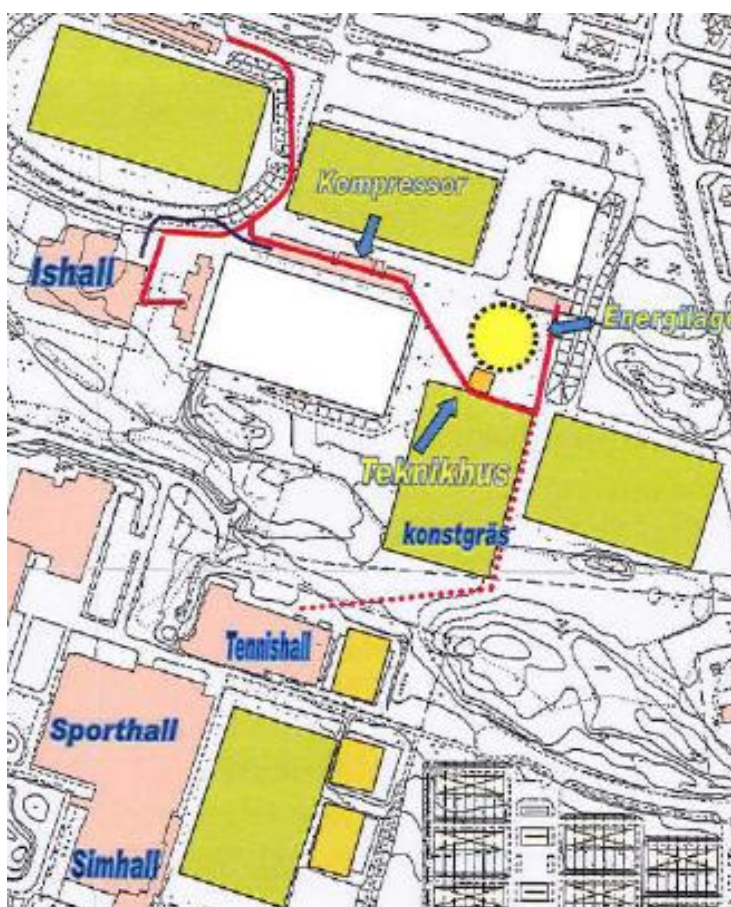


Figur 50: Exempel på hur systemet skulle kunna se ut och fungera.

Ett geoenergilagret skulle kunna mellanlagra den värme som avges från kompressorerna och sedan lyftas upp med värmepumpar till de olika användarna på området. Det finns relativt stora lokaler i form av hotell, restauranger, kontor och bad som skulle kopplas ihop med detta system. På sikt skulle även lägenhetshotell och stugor kunna kopplas till ett närvärmenät som är anlagt med geoenergilagret och värmepumparna som nav.

6.4.1 Referensanläggning med geoenergilagret

Att säsongslagra värme är inget nytt och referensanläggningarna är många även om de saknas inom just detta område. En liknande applikation är ett idrottsområde i Katrineholm, Backavallen, där man lagrar ned värmen från kylkompressorerna till bandybanan under senhösten för att sedan använda värmen i ett lågtemperaturnät på området. Med hjälp av värmepumpar så värms sedan t ex en konstgräsplan som hålls öppen hela vintern. Vidare så värmer distribuerade värmepumpar även lokaler och duschvatten på flera ställen inom området.



Figur 51: Referenssystem för geoenergilagret i Katrineholm.

Principen för området ovan skulle kunna appliceras på en anläggning som Stöten. En stor del av värmeanvändningen ligger förskjuten i tiden då besökarna skapar stora värmebehov men det ligger 1-5 månader efter den största värmeavgivningen från snötilverknningen.

7 Diskussion

Denna studie har visat på metoder för energieffektivisering vid en skiddestination. Det har visats vilka steg som bör tas och vilken ordning för att påbörja effektiviseringsprocessen, såsom inventering, instrumentering för mätning och utvärdering. Förhoppningen är att detta ska tjäna som ett gott exempel för denna och andra anläggningar som överväger effektiviseringsåtgärder.

Metoden är mycket viktig som exempel där det viktigaste steget att ta är beslutet och att förbli dedikerad till detta. Det är alltför många påbörjade processer som slutar med en rapport och inga åtgärder som genomförs. Detta beror ofta på att man inte är tillräckligt dedikerad och/eller inte förstått eller insett vilka de kommande stegen är och vad de innebär.

Denna rapport innehåller ett antal åtgärdsförslag, tips och råd som nu anläggningsägaren har att ta ställning till. I och med detta så har inventeringsfasen avslutats och effektiviseringsprocessen står inför nästa fas där de specifika åtgärderna behöver beslutas och därefter genomföras.

8 Nästa steg

I korthet så föreslås några uppslag till vidare aktiviteter nedan.

- Fortsatt utvärdering under en komplett säsong:
 - verifiera resultaten från den gångna säsongen
 - använd befintlig/komplett instrumentering
- Tryckmätning på olika punkter i anläggningens vattensystem
 - Undersök möjlighet till ev. sänkning av vattentrycket
- Utvärdera eventuella luftläckage
 - finn läckor och spara energi
- Mät snödensiteter under snöproduktion
 - utvärdera mot t ex temperatur
 - möjligt att noggrannare beräkna producerad snövolym
- Kostnadsuppskatta de föreslagna effektiviseringsåtgärderna
- Bedöm lönsamhet och fortsätt att skapa "goda exempel"

9 Appendix

9.1 Tryckfallsmätning i vattenrör

Syftet med tryckfallsmätning var att bedöma skillnaden mellan de befintliga rören och de nya s.k. TP-rör (Alvenius). Till höger i bilden nedan (pisten Älvan) ligger ytförlagda befintliga vattenrör vilka är en äldre generation Alveniusrör. Dessa ligger på mark eller stöd tillsammans med en luftledning



Figur 52: till höger i bilden ligger de befintliga rören där testet genomfördes.

Den tillgängliga mätsträckan som användes var ca 150 m. För att möjliggöra tryckfallsmätning, tryckuttag installerades på passbitar i sagda förgrening. (bild nedan)

Metoden som användes var att mäta det absoluta trycket vid olika punkter på mätsträckan. Skillnaden mellan trycket vid dem olika punkter gav det totala tryckfallet. Tre olika mätpunkter valdes där trycket mättes och loggades med HOBO logger. 12 VDC Batterier användes för att skapa en elektrisk signal till/från tryckgivaren. Trycket kunde loggas med hjälp av 3 HOBO logger. Figur 53 visar batteriet och loggern samt skåpet där loggningssystemet låg.



Figur 53: mätutrustning som användes för att möjliggöra tryckmätning (t.v.) & tryckgivaren på rören (t.h.).

Ultraljud flödesmätare användes för att mäta flödet genom hela testet. Värden loggades med en HOBO logger. Bilderna nedan visar hur sonda sattes fast på rören för att mäta flödet samt loggningssystemet.



Figur 54: ultraljudssonder på rören (t.v.) & loggningsinstrument samt avläsning i datorn(t.h.)

9.2 Resultat

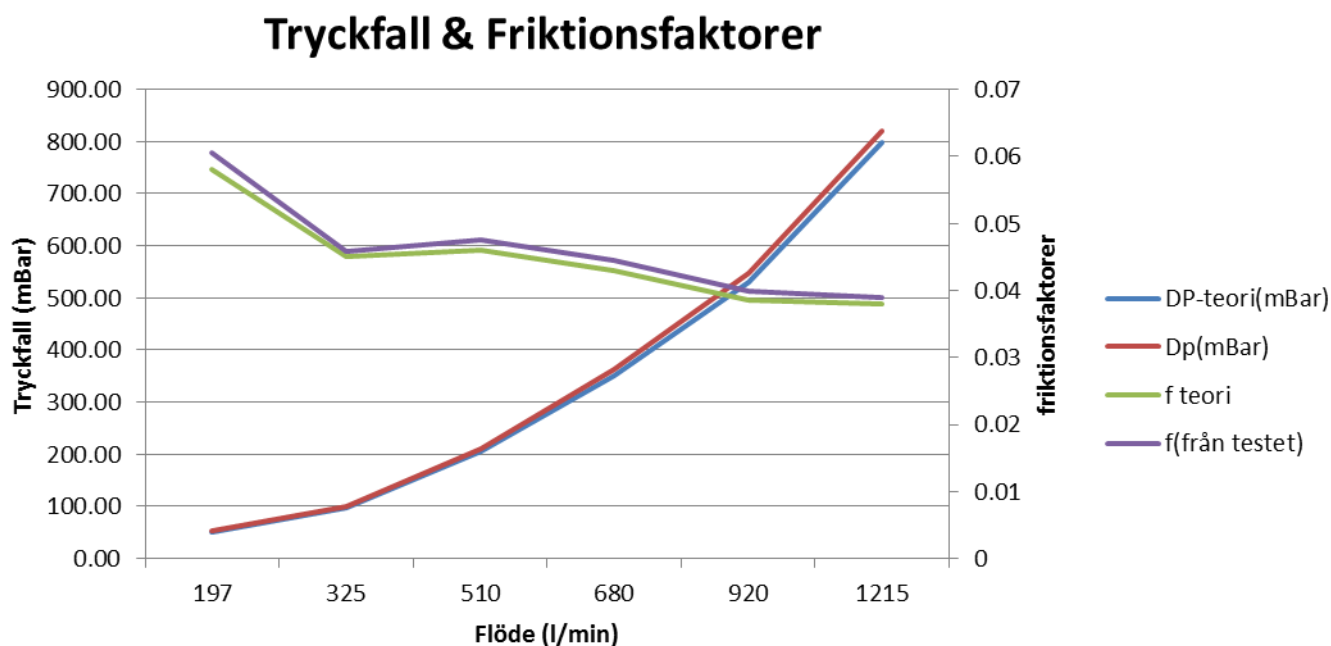
Tryckfallet mättes vid både låga och höga vatten flöde (se tabell 1). Data från testet jämfördes sedan med en teoretisk modell. Resultaten visas i tabell 1 & 2.

Tabell 1: tryckfall samt friktionsfaktorer.

Flöde(l/min)	DP(Pa)	Dp(mBar)	Hastighet(m/s)	f(från testet)
197	5257	52.57	0.3	0.0605
325	10000	100	0.5	0.0457
510	21177	211.77	0.76	0.0476
680	36300	363	1.02	0.0445
920	54800	548	1.4	0.0398
1215	81940	819.4	1.83	0.0390

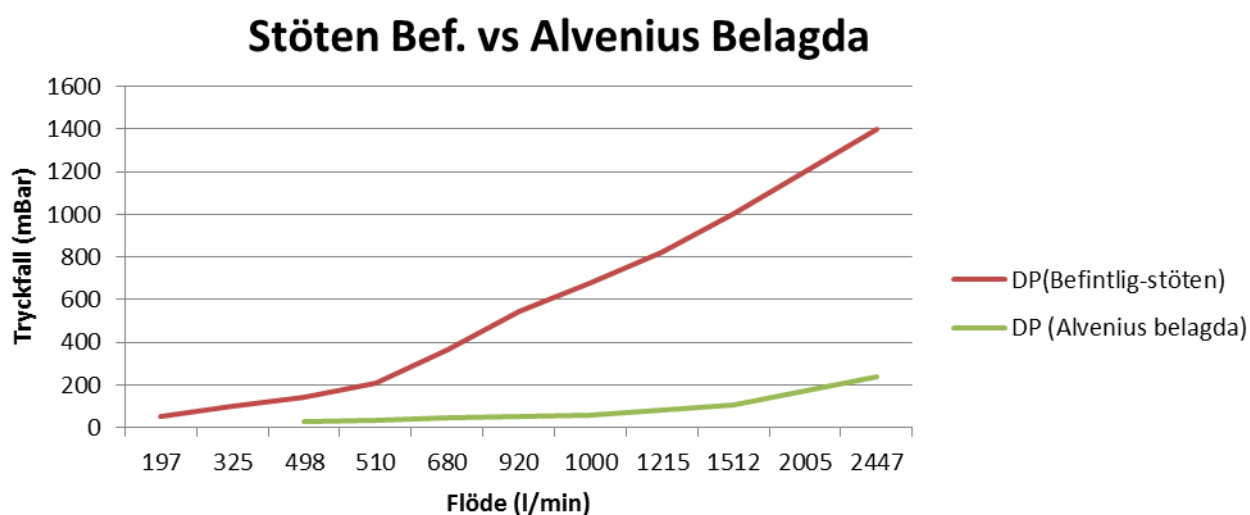
Tabell 2: teoretiska friktionsfaktorer & tryckfall (beräknat).

Absolute roughness (mm)	Relative roughness (e/d)	f (teori)	DP teori (Pa)	DP-teori(mBar)
3.90	0.033	0.058	5037	50.38
1.89	0.016	0.045	9836	98.36
2.16	0.018	0.046	20469	204.70
1.81	0.015	0.043	35105	351.06
1.32	0.011	0.0385	52984	529.85
1.26	0.011	0.038	79778	797.79



Figur 55: teoretisk modell vs parametrar från testet.

I figur 55 redovisas friktionsfaktorer samt tryckfallet för både det praktiska och teoretiska fallet. Friktionsfaktorer är direkt kopplade till ytråheten inne i rören. Värdet på friktionsfaktorer är relativt högt (0.04-0.06) vilket betyder att rörens egenskaper inte är särskilt bra. Nedan finns en jämförelse, vad gäller tryckfall, mellan de befintliga rören och Alvenius nya TP belagda rör.



Figur 56: jämförelse av tryckfallet mellan Alvenius nya belagda rör och de befintliga rören i.

Resultaten visar på mycket stora skillnader i tryckfallsegenskaper. Som bekant betyder låga tryckfall mindre pumparbete vilket gör att dessa val för ny-/utbyggnad kan påverka energianvändningen betydligt.