

Lillehammer

Kandidatnummer: 226
Malin Auganæs Bergtun

Bacheloroppgåve

Kostnadsestimering for snølager

Estimation of costs for snow storage

Bachelor i Økonomi og administrasjon

13.05.2019

Samtykker til tilgjengeliggjøring i digitalt arkiv Brage JA NEI

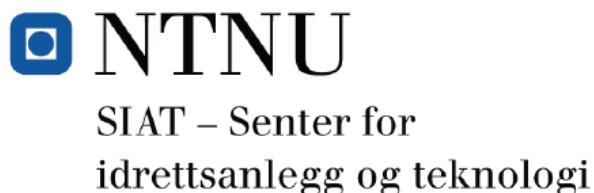
Forord

Denne bacheloroppgåva er det avsluttande arbeidet våren 2019 ved studiet Økonomi og Administrasjon ved Høgskulen i Innlandet. Studiet er eit oppdrag frå prosjektet Snørik ved NTNU SIAT (Senter for Idrettsanlegg og teknologi) i Trondheim. Mykje av arbeidet i oppgåve er gjort i samarbeid med dei. Snørik er eit innovasjonsprosjekt som har som mål å utvikla gode og innovative løysingar for snøproduksjon i framtida (Hansvik, 2018). Eg likar spesielt faga som omhandla økonomistyring og budsjettering, og syns det har vore spennande å bruka Excel som hjelpemiddel. Som aktiv skiskyttar har det vore spennande å studera snøproduksjon og snølagring, då eg er ein av brukarane av dette.

Eg ønsker å takka veiledar Erik Vea for gode tilbakemeldingar, som gjorde arbeidet med oppgåva lettare. I tillegg vil eg takka min eksterne veiledar ved NTNU SIAT, Sondre Auganæs, for god informasjon om snølagringsprosessen og hjelp med sekundærdata. Til slutt vil eg takka alle dei anlegga som har bidratt med reknkapstall og informasjon om sine prosessar for snølagring.

Malin Auganæs Bergtun

Lillehammer, Mai 2019



Sammandrag

Det har blitt større interesse for snøproduksjon og snølagring dei siste åra. Snøsesongen har blitt meir usikker på grunn av eit varmar klima, derfor ser ein at det no er fleire skianlegg som sikrar seg snøgaranti med snølager. Arrangørar av store arrangement som verdscup, er avhengige av å ha snøgaranti. Det er i hovudsak to metodar som blir brukt til å dekka eit snølager, enten med sagflis eller ein tekstilduk. Denne oppgåva vil sjå nærmare på kva for eit av desse dekkemateriala som gjev dei minste kostnadane. Årsaken til at ein ønsker å studere denne forskjellen er usikkerheita rundt kva metode er mest lønnsam. Sjølv om tekstildukken ikkje er like god med tanke på isolering som flis, er det andre faktorar som kan gjera den meir lønnsam totalt.

Det er mange element som spelar inn på dei totale kostnadane for eit snølager. Prosessen startar med at ein produserer ein stor haug med snø, så formar ein haugen optimal til ein halvsylinder før ein dekker det med det valde dekkematerialet. Etter at snøhaugen har stått over sommaren og det har smelta vekk ein del snø, kan ein ta av dekkematerialet og ta i bruk snøen til det formålet ein ønsker.

I oppgåva har det blitt utarbeida ein modell som visar kostnadane ved dei forskjellege aktivitetane med eit snølager. Denne modellen er basert på ulike teoriar og på data som er henta inn gjennom studiet. Det er blitt brukt ulike scenario for å teste dei to dekkemateriala opp mot kvarandre. Fordelane med tekstilduk som dekkemateriale er at arbeidet med å ta på og av dekkematerialet er lettare og dermed billigare. I tillegg er sjølve dekkematerialet billigare og har ofte ei lengre levetid. Det som er positivt med sagflis er at ein kan produsera eit mindre volum med snø og produksjonskostnadane vert dermed mindre. I tillegg treng ein færre timer med produksjon, dersom det er problematisk å få mange nok dagar med kulde.

Oppgåva konkluderer med at det er vanskelig å slå fast at det eine dekkematerialet er billigare enn det andre utan å ta noko antagelsar. Det ein derimot har sett gjennom resultata er at sagflis som regel er billigast ved lave snøvolum og tekstilduk er billigast ved høge snøvolum. Kvar dette skillet går varierer. Når ein i denne oppgåva gjekk ut frå eit kaldt vinterklima, vart skjeringspunktet for dekkemateriala på nesten $15\ 000\ m^3$ med snø.

Abstract

The climate change has caused more uncertainty around the snow season. Therefore, there are several ski resorts that have become interested in snow production and snow storage, to guarantee early ski conditions. For example, ski resorts who are going to arrange big skiing event, like World cup, have to have snow guarantee. It is mainly two different methods for covering the snow over the summer, that is with sawdust or a textile fabric. This study looked at the different cost of these cover methods. The main reason why it is interesting to look at this, is because there is more snow melting with a textile fabric than with sawdust. This means that if you choose to use textile fabric as the cover material you have to produce a much larger snow pile, if you want the same amount of snow in the autumn as when using sawdust.

There are several factors affects the total cost of a snow storage. The snow storage process starts with the production of the snow pile, then the pile needs to be formed like a half cylinder before covering it with the chosen cover material. In the fall the cover material is removed, and the snow is transported out in the tracks.

During this study, there has been developed a calculation model for the different cost of the activities with snow storage. This model is based on various theories, and on the data and information that is obtained throughout the study. I have used different scenarios to test the two methods. The advantages of the textile fabric are that it is easier to cover the pile and take it off and thus cheaper. In addition, the textile fabric itself are cheaper and often a longer life. The positive sides with sawdust are that you can produce a smaller volume of snow and then the production costs will be smaller. Besides you need fewer hours of production, if it is problematic to get enough days with cold weather.

The study concludes that it is difficult to establish which one of the cover materials that has the lowest costs without taking any assumptions. On the other hand, the results show that sawdust usually is cheapest when the snow pile is small, and textile fabric is cheapest when the snow pile is large. Where the costs cross each other varies. In this study, when the assumption was a cold winter climate, the cover materials crossed each other on a snow volume of almost 15 000 m³.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	3
Sammandrag.....	4
Abstract.....	5
1. Innleiing.....	9
1.1 Problemstilling.....	10
2. Teori	11
2.1 Identifisering og klassifisering av kostnadar.....	11
2.2 Snøproduksjon.....	12
2.2.1 Energibruk og straumkostnadar	14
2.2.2 Produksjonskapasitet ved ulike temperaturar	17
2.2.3 Lønnskostnadar	17
2.3 Snølagring.....	18
2.3.1 Overflateareal og volum	18
2.3.2 Smelterate	19
2.4 Forming og tildekking.....	21
2.4.1 Forming.....	22
2.4.2 Tildekking.....	22
2.4.3 Innkjøp av dekkematerial	23
2.5 Avdekking og utkjøring av snø.....	23
2.5.1 Avdekking	24
2.5.2 Utkjøring	24
3. Metode	26
3.1 Prosessen med datainnsamling.....	26
3.1.1 Populasjon og utvalg	26
3.1.2 Spørjeskjema	26
3.2 Metodevalg	28
3.2.1 Estimat for forming.....	30
3.2.2 Estimat for tildekking.....	31
3.2.3 Estimat for avdekking	32
3.2.4 Estimat for utkjøring	33
3.3 Beskriving av ulike scenario.....	34
3.3.1 Inputverdiar	34
3.3.2 Scenario	35
4. Modell for estimering	36
4.1 Snøproduksjon.....	36
4.2 Forming og tildekking.....	39
4.3 Avdekking og utkjøring.....	41
5. Resultat.....	43
5.1 Scenario 1.....	43
5.2 Scenario 2	44

5.3	<i>Scenario 3</i>	45
6.	Diskusjon	47
6.1	<i>Diskusjon av resultata</i>	47
6.1.1	Følsamhetsanalyse	48
6.2	<i>Begrensningar i modellen</i>	50
6.3	<i>Er snølager etisk og bærekraftig?</i>	50
7.	Konklusjon	53
7.1	<i>Videre arbeid rundt studiet</i>	53
8.	Referanseliste	55
9.	Vedlegg	57
9.1	<i>Spørreskjema</i>	57

Figurar:

Figur 1: Viftekanon (Jørgensen, 2018)	13
Figur 2: Lanse (Solberg, 2015)	13
Figur 3: Energiforbruk per m ³ med produsert snø ved ulike våkuletemperaturar (Fauve et al., 2012)	16
Figur 4: Produksjonspotensial for viftekanin og lanse ved ulike våkuletemperaturar (Fauve et al., 2002)	17
Figur 5: Form på snølager (Fauve et al., 2012)	18
Figur 6: Overflateareal og volum (Fauve et al., 2012)	19
Figur 7: Illustrasjon av korleis overflateareal og volum påverkar volumforandring for flis (Gode idrettsanlegg, 2019)	20
Figur 8: Illustrasjon av korleis overflatearealet og volum påverkar volumforandring for duk (Auganæs, 2019)	21
Figur 9: Tekstilduk type Coverice (Geosyntia, u.d.)	23
Figur 10: Optimalt design av langrennstadion med snølagring (Ellingsen, 2017)	25
Figur 11: Fordeling av observasjonar for forming	30
Figur 12: Fordeling av observasjonar for tildekking, der runding representerer flis og firkant representerer duk	31
Figur 13: Fordeling av observasjonar for avdekking, der runding representerer flis og firkant representerer duk	32
Figur 14: Fordeling av observasjonar for utkjøring, der runding representerer flis og firkant representerer duk	33
Figur 15: Samanlikning av totale enhetskostnadar for duk og flis	46
Figur 16: Følsamhetsanalyse flis	49
Figur 17: Følsamhetsanalyse duk	49

Tabellar:

Tabell 1: Oversikt over våkuletemperaturar (Fauve, Rhyner, & Schneebeli, 2002)	15
Tabell 2: Oversikt over respondantar	27
Tabell 3: Andre inputverdiar for scenario	35

Tabell 4: Resultat scenario 1 for flis og duk, der snøvolum slutt er 15 000 m ³ og dekkematerialet er brukt 1 år.....	43
Tabell 5: Resultat scenario 2 for flis og duk, der snøvolum haust er 15 000 m ³ og dekkematerialet er brukt i 3 år.....	44
Tabell 6: Resultat scenario 3 flis	45
Tabell 7: Resultat scenario 3 duk	45

1. Innleiing

På grunn av klimaendringar, som har gjort at vintrane har blitt mildare og snøsesongen kortare, er det blitt større behov og interesse for snølagring dei siste åra. Historisk har ein lagra snø og is for å kjøle ned mat og hus (Lintsen & Knutsson, 2018). Med eit snølager kan ein sikra skiløyper tidelig på sesongen, i tillegg til at ein kan sikra at ein har nok snø til å arrangere større arrangement. Natrudstilen på Sjusjøen er allereie kjent for å ha skiløypene klare tidleg. I 2018 lova dei skiløyper så tidleg som den 29. september.

Sjølv om snølagring er blitt ein meir utbredt praksis, er før i dei siste åra at det er gjort meir forsking rundt temaet. Det er få studiar som har sett på kostnadane ved eit snølager. På NTNU i Trondheim er det gjennomført nokre studiar rundt dette tema, der den eine samanlikna kostnadane mellom å bruka sagflis og tekstilduk som dekkemateriale. Begrensningen til denne studien var at det berre handla om anlegget i Granåsen (G.Aspnes, Elset, Huso, Schwencke, & Særen, 2018).

Lillehammer skifestival AS har vore omtalt i dei lokale mediane på Lillehammer det siste året. Dette er på grunn av at dei har gått med underskot i fleire år, og har no ei gjeld på over 10 millionar kroner. Ein av dei store kostnadane for skifestivalen, seier daglig leder, er å garantera snø for å få arrangera verdscuprenn. Dette gjer dei ved å ha snølager, som kostar dei rundt 1 million kroner kvart år (Steffens, 2019). Gjelta til Skifestivalen har skapt debatt blant lokalbefolkninga, då det er mange som meinat det er feil at Lillehammer brukar mykje midlar på store arrangement, når midlane heller kunne ha blitt brukt på andre postar (Skrautvol, 2018).

Eit snølager kan ha andre bruksområder enn berre tilrettelegging for skiløyper. For eksempel på den nye terminalen på Gardemoen, har dei tatt i bruk snølager for å bruka kulden i smeltevatnet til kjøling. Der lager dei eit snølager av den snøen som dei brøyter vekk frå rullebanen om vinteren (Avinor, u.d.). Kanskje snølager kan vera eit bærekraftig alternativ til kjøling andre stadar og.

1.1 Problemstilling

Det er i hovudsak to ulike dekkematerialar som blir brukt i prosessen med snølagring: sagflis eller tekstilduk. Når ein brukar tekstilduk smeltar det meir snø samanlikna med sagflis. Dette fører til at ein må produsera meir snø dersom ein skal sitta igjen med lika mykje snø på hausten. I samarbeid med NTNU SIAT og deira ønske for studiet, har problemstilliga blitt utforma til:

Kva er den mest kostnadseffektive metoden å lagre snø på for skianlegg, med tekstilduk eller flis? Og fins det eit skjeringspunkt mellom desse?

For å finne ut av dette vil eg bruke Excel og setta opp ein modell som reknar ut kostnadane. I analysen vil eg ta utgangspunkt i at ein treng nok snø til å dekka ei 3,3 kilometer lang langrennsløype. Deretter vil eg testa dei to dekkemateriala opp mot kvarandre for å finna den som gjer dei lågaste kostnadane.

Oppgåva vil vidare ta for seg teori som handlar om snølagringsprosessen og dei ulike kostnadane som er knytt til dei forskjellige stega. Etter det vil det vera ei forklaring av data og dei metodane som har blitt brukt for å utforme den generelle modellen. Resultata av ulike scenario vil bli presentert og ei tolking av desse. Til slutt blir de drøfta kva avgrensingar studiet har, i tillegg til etiske og bærekraftige spørsmål rundt snøproduksjon og snølagring.

2. Teori

Dette kapitlet tar for seg teori om prosessen med snølagring. Det er nødvendig for å kunna forstå kostnadane knytt til de ulike stega: som er snøproduksjon, forming, tildekking og fjerning av dekkematerial og til slutt utkjøring. Sentralt går det ut på identifisering og klassifisering av dei ulike kostnadane som hører til dei ulike stega i prosessen.

2.1 Identifisering og klassifisering av kostnadar

På grunn av at det å produsere eit snølager ikkje får noko direkte inntekter, vil ein berre sjå på dei kostnadane som påløp i prosessen. Sjølv om det berre er kostnadar med eit snølager, vil det har ringvirkningar for andre i lokalmiljøet, som hotell og butikkar.

Kostnadar består vanlegvis av både variable og faste kostnader. Ein ønsker som regel å skilja disse frå kvarandre for å kunna gjere vidare analysar. Dei faste kostnadane (FK) er faste og varierer ikkje med aktiviteten, innanfor eit bestemt intervall av produksjonen. Slike kostnadar kan vera bygningar eller maskiner. Dei variable kostnadane (VK) derimot, varierer etter kor stor aktiviteten er. Ein har også ein klassifisering av kostnadar som består av samansette kostnadar. Dette er kostnadar som har element av å vera både faste og variable (Hoff, 2010).

Ei anna klassifisering på er å dela inn i driftsavhengige og driftsuavhengige kostnadar. Driftsavhengige kostnadar påløp berre når det er produksjon eller aktivitet. Derimot er driftsuavhengige kostnadar, kostnadar som ein får uansett om det er produksjon eller ikkje (Hoff, 2010).

Ein kan uttrykka dei totale kostnadane som ein lineær kostnadsfunksjon:

$$TK = FK + VEK * x.$$

Denne funksjonen uttrykker dei faste kostnadane (FK) som bestemte, medan dei variable kostnadane (VEK = variabel enhetskostnad) varierer med aktiviteten (X) (Hoff, 2010).

Det fins fleire avskrivingsmetodar, ein av dei er lineær avskriving. Den verkar slik at det årlige avskrivningsbeløpet er det same over heile levetida til produktet, ein fast prosent av anskaffelseskosten. Dersom ein veit levetida kan ein del på anskaffelseskosten og finna prosenten. For å bruka avskriving må investeringa eller eigendelen vera varig og betydelig. Det vil sei at den er varig når den har ei levetid eller brukstid på minst 3 år, og betydelig når kostprisen er minst er 15 000 kroner (Altinn, 2018).

2.2 Snøproduksjon

Den fyrste delen i prosessen er å produsera snøhaugen som skal bli lageret. Før ein startar å produsera snø må ein finna ein stad å plassera snølageret. Eit snølager tar stor plass og det er viktig at det får stå uforstyrra gjennom sommarhalvåret. Dei fleste brukar kunstsнø i snølagra. Dette er på grunn av at kunstsнøen har ein høg tetthet. Ein høg tetthet på snøen vil gjera at snøen er meir robust mot ytre påverknadar som vind og regn. Komponentane for å produsera kunstsнø er vatn, luft og energi (Vagle, 2016).

Det er to typar maskiner ein brukar til å produsera kunstsнø med, viftekanoner og lanser. Ein brukar i hovudsak viftekanoner når ein skal produsera eit snølager, fordi dei har eit stort produksjonspotensial og produserer god kvalitet på snøen. Ei viftekanon består av fleire dyser. Vatnet blir pressa gjennom desse dysene med eit høgt trykk og blir då til små partiklar som blir blåst ut av kanona med ei kraftig vifte. Når dei små partiklane av vatn møtar den

kalde lufta blir det danna snøkrystallar (Skiforbundet, u.d.). Figur 1 visar korleis ei viftekanon produserar snø.



Figur 1: Viftekanon
(Jørgensen, 2018)

Lanser er mindre og har derav ikkje lika stor produksjonskapasitet som ei viftekanon, men til gjengjeld er dei lettare å flytta på. Desse maskinene er som eit lite tårn, der det er plassert nokre dyser på toppen av tårnet, som ein ser på figur 2. Lansene krev ikkje elektrisitet, men dei treng trykkluft som blir tilført gjennom ein kompressor (Vagle, 2016). På grunn av at dysene er plassert på toppen av lansa, har vasspartiklane nok tid i lufta til å frysa før dei treff bakken. Moderne lanser kan produsera snø frå rundt -2 grader celsius (Kulturdepartementet, 2014).



Figur 2: Lanse (Solberg, 2015)

I tillegg til sjølve snøkanonene, treng ein slangar eller rør og pumper for å produsera snø. Desse kan ein velja å grava ned eller ha dei over bakken. Det er mindre utgifter ved å ha dei over bakken og ein er meir fri til å flytta rundt på utstyret. Snøproduksjonsutstyret kan bli brukt til å både produsera snø direkte i skiløypene og til snølager (Kulturdepartementet,

2014). På grunn av at dette utstyret er varige driftsmidlar som ein brukar over fleire år kan ein avskrive utstyret og det blir ein fast kostnad over alle bruksåra.

2.2.1 Energibruk og straumkostnad

Kostnadane for elektrisitet er delt i to, nettleie og energi. Utgiftene for energien er variable og kjem ann på lokale forhold. For eksempel blir det brukt mindre energi når det er låg lufttemperatur og luftfuktighet. Luftfuktigheten har mykje å sei for når ein kan starta snøproduksjonen og korleis kvaliteten på snøen blir. Ved låg luftfuktighet er det lettare for vassdropane å starta fryseprosessen fordi dropane kan gje frå seg meir energi i form av fordamping til lufta (Kulturdepartementet, 2014).

Våtkuletemperaturen er eit uttykk for både lufttemperaturen og luftfuktigheten. Denne temperaturen fortell oss om mettinga i lufta. Det har seg slik at når vatn skal fordampa, så krev det energi frå lufta. Dette gjer at luftfuktigheten aukar, men temperaturen går ned (Sivle, 2017). Når den relative luftfuktigheten er på 100% vil våtkuletemperaturen vera lik som lufttemperaturen. Det er på grunn av at lufta er metta og den kan ikkje få tilført meir fuktighet. Ein slik temperatur kan ofte vera svaret på kvifor det kan snø sjølv om lufttemperaturen er på plussstida. Då vil den relative luftfuktigheten vera låg. Det er mulig å rekna seg fram til våtkuletemperaturen, som ein funksjon av lufttemperaturen og den relative luftfuktigheten. Funksjonen er (Stull, 2011):

$$\begin{aligned} T_w = & T * \text{atan}(0,151977(RH\% + 8,313656)^{0,5}) + \text{atan}(T + RH\%) \\ & - \text{atan}(RH\% - 1,676331) + 0,00391838(RH\%)^{1,5} \\ & * \text{atan}(0,023101 * RH\%) - 4,686035 \end{aligned}$$

T_w = våtkuletemperatur

T = lufttemperaturen

RH% = relativ luftfuktighet

Tabell 1 under visar ein oversikt over kva lufttemperatur og luftfuktighet som utgjer forskjellige våtkuletamperaturar. Denne temperaturen er og avgjerande for kvaliteten på snøen, som vist i tabellen.

		Relativ luftfuktighet															
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%						
Lufttemperatur [°C]		5°C	4°C	3°C	2°C	1°C	0°C	-1°C	-2°C	-3°C	-4°C	-5°C	-6°C	-7°C	-8°C	-9°C	-10°C
	5°C	-2.3	-1.5	-0.6	0.3	1.1	1.9	2.7	3.5	4.3	5.0						
	4°C	-3.0	-2.1	-1.3	-0.5	0.3	1.0	1.8	2.6	3.3	4.0						
	3°C	-3.6	-2.8	-2.1	-1.3	-0.6	0.2	0.9	1.6	2.3	3.0						
	2°C	-4.3	-3.5	-2.8	-2.1	-1.4	-0.7	0.0	0.7	1.4	2.0						
	1°C	-5.0	-4.3	-3.6	-2.9	-2.2	-1.5	-0.9	-0.3	0.4	1.0						
	0°C	-5.6	-5.0	-4.3	-3.7	-3.0	-2.4	-1.8	-1.2	-0.6	0.0						
	-1°C	-6.3	-5.7	-5.1	-4.5	-3.9	-3.3	-2.7	-2.1	-1.6	-1.0						
	-2°C	-7.0	-6.4	-5.8	-5.3	-4.7	-4.2	-3.6	-3.1	-2.5	-2.0						
	-3°C	-7.7	-7.2	-6.6	-6.1	-5.6	-5.0	-4.5	-4.0	-3.5	-3.0						
	-4°C	-8.4	-7.9	-7.4	-6.9	-6.4	-5.9	-5.4	-4.9	-4.5	-4.0						
	-5°C	-9.2	-8.7	-8.2	-7.7	-7.3	-6.8	-6.3	-5.9	-5.4	-5.0						
	-6°C	-9.9	-9.5	-9.0	-8.6	-8.1	-7.7	-7.3	-6.8	-6.4	-6.0						
	-7°C	-10.7	-10.2	-9.8	-9.4	-9.0	-8.6	-8.2	-7.8	-7.4	-7.0						
	-8°C	-11.4	-11.0	-10.6	-10.2	-9.9	-9.5	-9.1	-8.7	-8.4	-8.0						
	-9°C	-12.2	-11.8	-11.5	-11.1	-10.7	-10.4	-10.0	-9.7	-9.3	-9.0						
	-10°C	-13.0	-12.6	-12.3	-12.0	-11.6	-11.3	-11.0	-10.6	-10.3	-10.0						

Tabell 1: Oversikt over våtkuletamperaturar (Fauve, Rhyner, & Schneebeli, 2002)

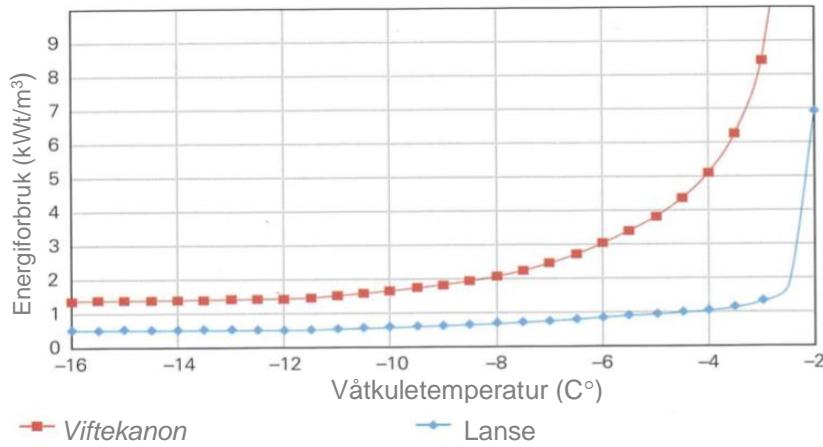
- Kvit område: ingen snø kan produserast
- Raudt område – veldig dårlig snøkvalitet: slush kan produserast
- Gult område – dårlig snøkvalitet : små mengder av våt snø kan produserast
- Grønt område – bra snøkvalitet: små mengder av tørr snø og stor mengde av våt snø kan produserast
- Blått område – veldig bra snøkvalitet: tørr snø kan i store mengde kan produserast

Vatnet fryser lettare jo lågare lufttemperaturen er. Ut frå figur 3 ser me at energiforbruket (kWt/m^3) aukar drastisk ved ein våtkuletamperatur høgare enn -6 celsius. Dersom det er -3 celsius brukar ein dei minste dysene som slepp gjennom mindre vatn, sidan det vil ta lengre tid for vassdropane å frysja. Dermed vil ein få mindre produsert snø med same energimengd. Når temperaturen blir lågare vil ein kunne slå på meir og meir vatn. Ved temperaturar lågare enn -8 celsius stabiliserer energiforbruket seg. Den raude grafen visar energiforbruket til viftekanona DemacLenko Titan 2.0 og den blå er til ei lanse (Fauve et al., 2012). Funksjonen til viftekanona kan beskrivast ved:

$$Y = 22,027 * (-X^{-1,078})$$

$$Y = \text{energiforbruket, kWt per m}^3$$

$$X = \text{våtkuletamperatur}$$

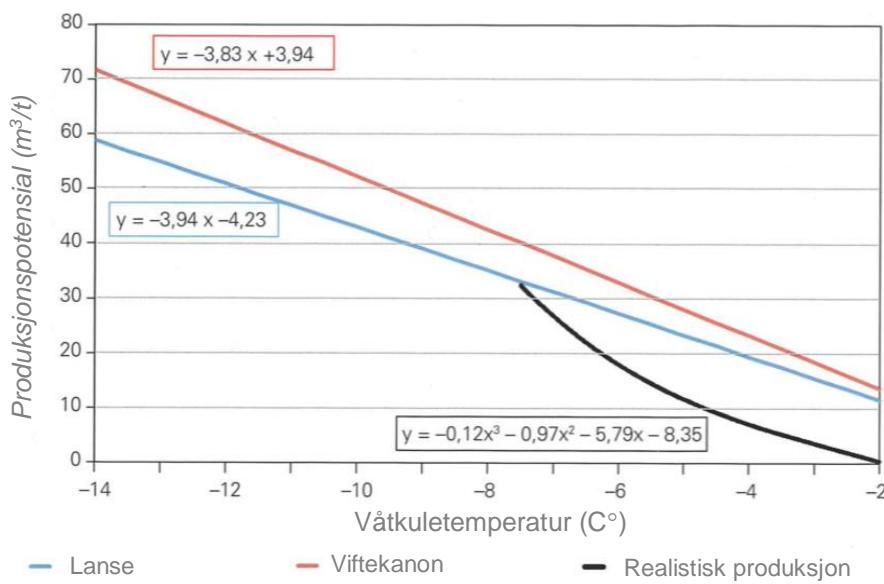


Figur 3: Energiforbruk per m³ med produsert snø ved ulike våtkuletemperaturar (Fauve et al., 2012)

Nettleia blir betalt til dei som eig det lokale straumnettet, altså blir det kostnadane for å få straumen til anlegget. Denne består av eit fast og eit variabelt ledd etter kor mykje straum ein brukar. Ofte må ein og betala ein effektpolis. Denne blir rekna ut etter eit gjennomsnitt av den høgaste effekten ein brukar. Dette betyr at ein kan få høge kostnadar på straum dersom ein har mange maskiner som tar straum samtidig (Kulturdepartementet, 2014).

2.2.2 Produksjonskapasitet ved ulike temperaturar

Våtkuletemperaturen har noko å sei for produksjonspotensialet. Figur 4 visar at ved låge våtkuletemperaturar går snøproduksjonen meir effektivt og ein kan produsera større volum samanlikna med ein høgare temperatur. Som sagt kan ein sleppa ut meir og meir vatn desto lågare temperaturen blir, fordi vassdropane frys lettare. Den rauda grafen i figur 4 er for ei viftekanon og den blå for ei lanse. Den svarte grafen visar eit meir realistisk snøproduksjonspotensial når ein har høge våtkuletemperaturar. Tettheten til snøen blir då dårligare, ein får altså ein våtare snø og litt av vatnet vil renna av frå snøen (Fauve et al., 2012).



Figur 4: Produksjonspotensial for viftekanin og lanse ved ulike våtkuletemperaturar (Fauve et al., 2002)

2.2.3 Lønnskostnadar

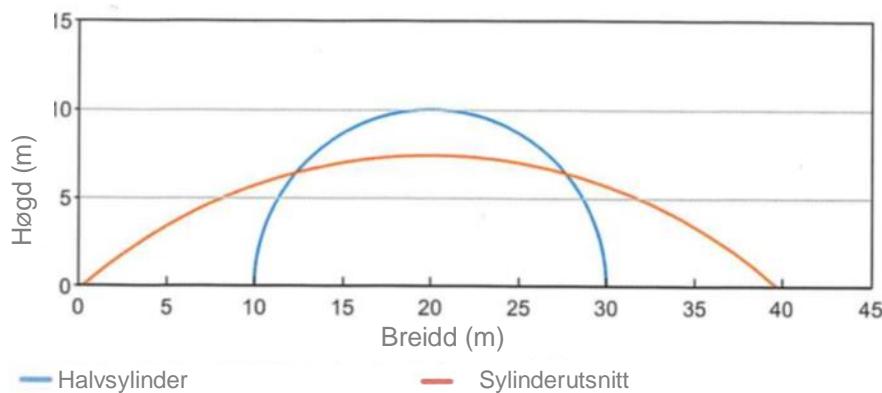
Det må alltid vera to på jobb under snøprodusjon. Dette er på grunn av sikkerheten mot høgt trykk på både vatn og luft. Ein tar utgangspunkt i at to personar alltid jobbar med snøproduksjonen, men så kan ein gjera ein avveging av kor mange timer som går direkte til snøproduksjon. Ofte kan arbeiderane ha andre arbeidsoppgåver samtidig som produksjonen går (Kulturdepartementet, 2014). Nokre anlegg produserer berre snø på dagtid når det opprinneleg er vanlig arbeidstid, mens andre anlegg må utnytte kuldeperiodar og produserer døgnet rundt for å greia å produsera nok snø. På Beitostølen i 2012 og 2013 gjekk det respektivt med 155 000 kroner (124 timer) og 140 000 kroner (116 timer) i lønn til

arbeiderane for snøproduksjonen, Lønnskostnadane er variable kostnadane som blir bestemt av dei totale timane med arbeid. (Ødegård, 2014)

2.3 Snølagring

Lagring av snø over sommaren har blitt meir og meir populært de siste årene. Ved å dekka store snøhaugar med material som sagflis kan meir enn to tredjedelar av det opprinnelige snøvolumet bli spart over sommaren (Grünewald, Wolfsperger, & Lehning, 2018).

2.3.1 Overflateareal og volum



Figur 5: Form på snølager (Fauve et al., 2012)

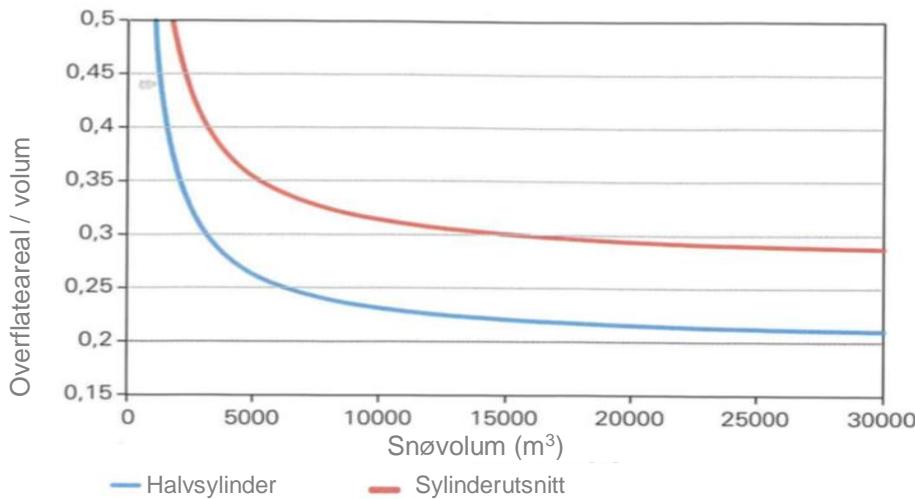
Figur 5 visar to ulike formar ein snøhaug kan ha. Den blå grafen visar ein optimal form som ein halvsylinder. Dette er optimalt fordi den då vil få eit mindre overflateareal som blir eksponert for ytre faktorar, som ein kan sjå ved y-aksen i figur 6 . Dersom snøhaugen er forma dårlig vil overfaltearealet bli stort og dermed verdien for overfaltearealet/volum bli høg. Problemet med den halvsylindra forma er at det er svært vanskelig å få det til slik. Det er avansert for maskiner å laga så bratte sider. I tillegg blir det problematisk å få sagflisa til å ligga i ro når det er så stor helling. Den raude grafen viser ein meir realistisk form, eit sylinderparti. Denne vil ha eit større overfalteareal, der sidene ikkje er lika bratte. Ein ser og ut frå figur 6 at ved større snøvolum aukar ikkje overfaltearealet like mykje som ved mindre

volum (Fauve et al., 2012). For vidare arbeid i studiet er det tatt utgangspunkt i forma til sylinderutsnittet. Grafen til den linja kan forklaast med funksjonen:

$$Y = 1,1843 * X^{-0,141}$$

X = snøvolum m³

Y = overflateareal/volum (m)

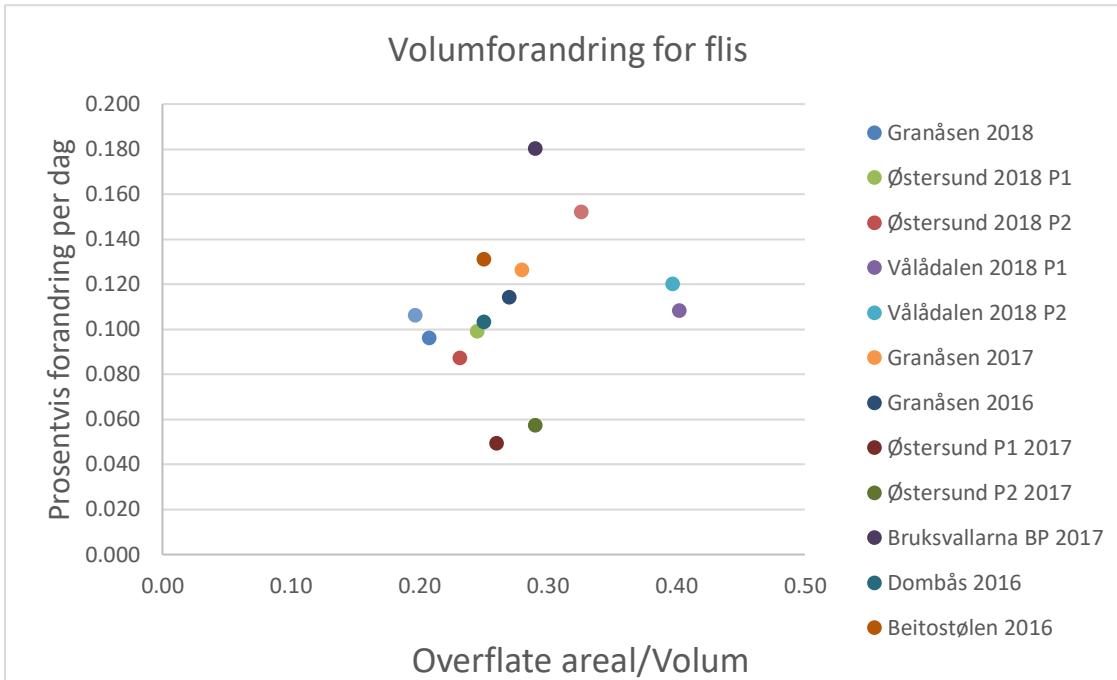


Figur 6: Overflateareal og volum (Fauve et al., 2012)

2.3.2 Smelterate

Noko som er viktig for anlegga som driv med snølagring er å veta kor mykje snø dei sitt igjen med etter sommaren. Både med tanke på å kunna ha nok snø, men samtidig ikkje sitta igjen med for mykje, då dette er kostbart. Kor mykje av snøen som smeltar gjennom sommaren er avhengig av mange faktorar. Nokre av dei viktigaste faktorane er lufttemperatur, sol innstråling, nedbør og vind. Slike faktorar er vanskeleg å sei noko om på førehand, men ein kan basera vurderingane sine på tidligare års erfaring. I tillegg kjem andre faktorar som antall dagar med lagring, snøvolum i starten av prosessen, og tjukkelsen på dekkematerialet (Gode idrettsanlegg, 2019). Smelteraten blir som regel målt i prosent eller m³.

NTNU SIAT har gjennom fleire sesongar målt reduksjon av snøvolum frå forskjellig lager med drone. Nokre av resultata som er med flis som dekkemateriale er presentert i figur 7.



Figur 7: Illustrasjon av korleis overfalteareal og volum påverkar volumforandring for flis (Gode idrettsanlegg, 2019)

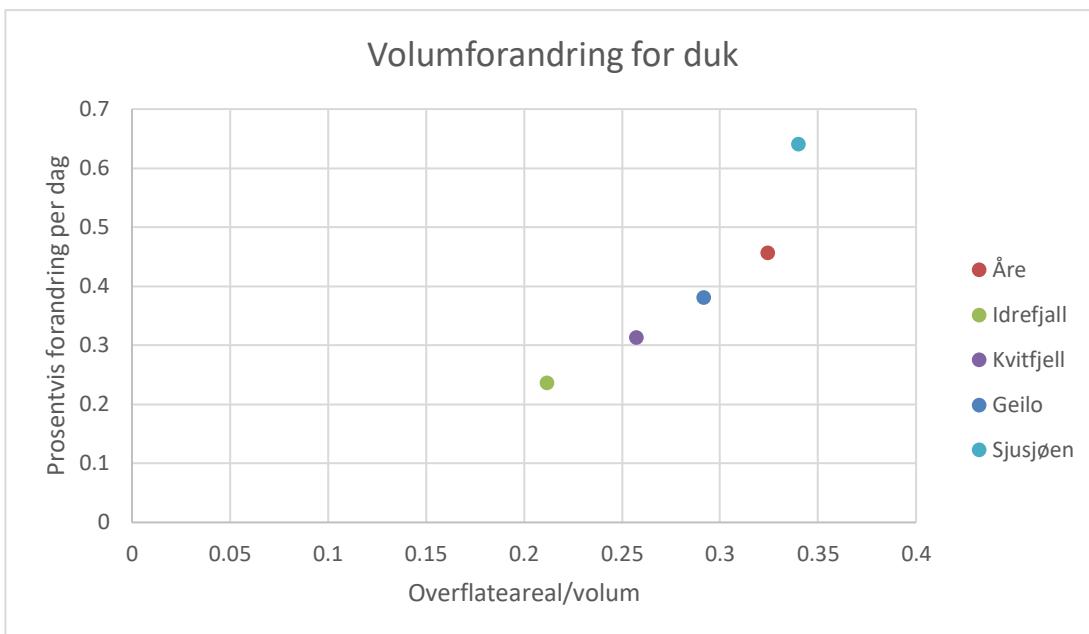
Målingane visar at eit større volum og mindre overfalteareal gjer ein lågare verdi på x-aksen, som vil gje mindre prosentvis smelting. Dette er på grunn av at ein stor haug har mindre del av det totale snøvolumet eksponert mot ytre faktorar. Trendlinja til desse observasjonane har følgande funksjon:

$$Y = 0,0611x + 0,0923$$

X = overfalteareal/volum (m)

Y = prosentvis forandring per dag

Desto høgare volumet er, desto lågare vil verdien for overfalte/volum bli. Dette vil igjen føra til at den prosentvise forandringen per dag blir lav.



Figur 8: Illustrasjon av korleis overflatearealet og volum påverkar volumforandring for duk (Auganæs, 2019)

Ved bruk av duk som dekkemateriale kan ein sjå større prosentvis forandring per dag enn ved bruk av flis. Detter er grunna den därlegare isolasjonsevna til duk. NTNU SIAT har også målt dei observasjonane som er presentert i figur 8. Trendlinja til desse observasjonane kan forklarast med følgande funksjon:

$$Y = 2,7703x - 0,3852$$

X = overflateareal/volum (m)

Y = prosentvis forandring per dag

2.4 Forming og tildekking

Prosessene med forming og tildekking startar som regel mot våren etter at snøproduksjonen er ferdig. For lågtiliggjande anlegg er dette typisk i starten av april, mens anlegg med kaldare klima gjerne kan byrja ein månad seinare.

2.4.1 Forming

På dette tidspunktet er snøen ofte ujamnt fordelt, og ligg i fleire mindre toppar. Derfor er det nødvendig å trykkja den saman og få ei jamn og fin overflate som gjer det lettare å leggja på dekkematerialet. I tillegg formar ein haugen slik at det er relativt bratte kantar og avrunda på toppen, slik som vart fortalt i kapitel 2.3.1. Dette blir som regel gjort med løypemaskiner som doserer og pakkar snøen. Nokre anlegg brukar også gravemaskin til å pakke overflata endå meir etter løypemaskina er ferdig (Kulturdepartementet, 2014). Ein kan klassifisera kostnadane for forming som variable, då det blir meir arbeid til større snøhaugen er.

2.4.2 Tildekking

Når det kjem til tildekking, er det mest vanlige å bruka organiske material som sagflis eller geotekstil. Begge desse materiala fungerar som isolerande lag og reduserer varmeoverføringa frå atmosfæren til snøen. Tjukkelsen, termisk ledreevne og varmekapasitet er viktige eigenskapar for deira isolasjonsevne (Grünewald et al., 2018). Kostnadane for å legga på dekkemateriale er variable, og varierer etter kor mykje ein skal dekke over.

Ved tildekking med sagflis kan ein enten bruka løypemaskin eller gravemaskin. Fyrst blir sagflisa tippa i store dungar i kanten på snølageret. Deretter blir den dosa oppover i haugen ved hjelp av maskiner. Tjukkelsen på flislaget bør vera frå 30 til 50 cm og fin flis er ofte betre enn grov. Det er krevjande å få lagt eit jamnt lag med flis, men det er viktig for å unngå store forskjellar i smeltinga og smeltegropar med nedbørsvatn (Kulturdepartementet, 2014).

På Gardemoen har dei tatt i bruk ein stor snøfres for å fordele sagflis utover. Denne metoden er meir effektiv enn dosering og det blir enklare å få eit jamnt lag. Det er kanskje litt enklare på Gardemoen då dei har snøen nedi bakken, i eit type basseng, og då vil overflata vera nesten flat (Gardemoen, 2016).

Å leggje på tekstilduk er ein mindre krevjande prosess. Dei kjem ofte i store rullar som er på 5m bredde og 20-50m lange. Figur 9 visar eit eksempel på ein slik rull med tekstilduk. Desse blir så dradd eller rulla over haugen ved hjelp av fleire personar og maskiner. Det er viktig at

nest rull overlappar den andre med minst 30 cm. På sidene av duken legg ein vekter slik at vinden ikkje skal kunna løfta duken. Det blir ofte lagt fleire lag med duk for at effekten skal bli større. Ein brukar og slike dukar til å dekka isbrear og alpintløyper. (Geosyntia, u.d.)



Figur 9: Tekstilduk type Coverice
(Geosyntia, u.d.)

2.4.3 Innkjøp av dekkematerial

Pris og innkjøp av sagflis er litt individuelt og kjem mykje ann på det lokale tilbodet. Generelt er marketsprisen på flis rundt 200 kroner per m³ (Strande, 2013). Det er stor variasjon mellom kor mykje kvart anlegg bruker opp igjen det neste året av gammal flis og kor mykje dei kjøper nytt. Dei aller fleste tekstildukane har ei levetid på fleire år, og enkelte leverandørar presiserer at det er minst 3 år. Prisen for tekstilduk ligger på rundt 22,5 NOK per m² (Auganæs, 2019). Innkjøpet av tildekkingsmateriale kan klassifiserast som en samansett kostnad, på grunn av at mengda eller størrelsen på dekkematerialet varierer med størrelsen på snøhaugen. Ofte har det ei brukstid på over 3 år, og ein kan avskriva kostnaden og får dermed ein fast kostnad i bruksåra.

2.5 Avdekking og utkjøring av snø

Etter at snølageret har stått gjennom sommaren og det er blitt kuldegrader i bakken, kan arbeidet med å ta fram snøen igjen starta. Tidspunktet for utkjøring av snøen avheng og på strategien til anlegget. Ofte kan det anlegget som er fyrst ute med å tilby skiløyper få mykje

merksemd og tilreisande skiløparar. Baksida med å leggja ut snø tidleg i oktober har stor risiko, fordi det ofte kjem ein varmeperiode før vinteren sett inn for fult.

2.5.1 Avdekking

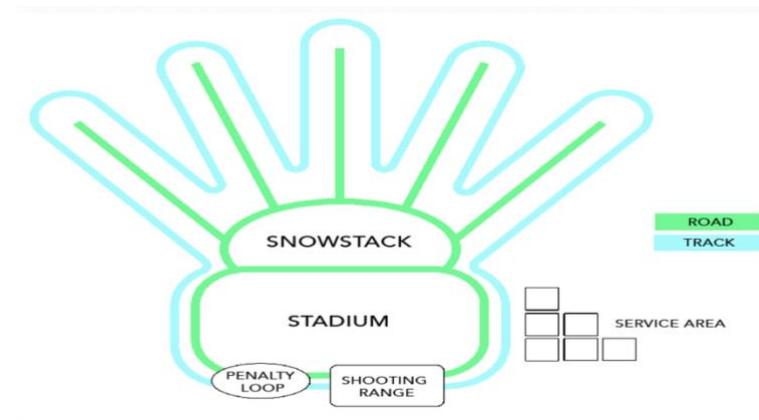
Kostnadane knytt til avdekking kan klassifiserast som variable, fordi arbeidet kjem ann på mengda med dekkematerialet. Prosessen er nokså lik som påleggning. Der ein brukar maskiner til å skrapa flisa vekk. Det er viktig at det ikkje bli liggande igjen noko flis som blir tatt med ut i skiløypa, samtidig som ein ikkje må skrapa med seg for mykje snø. Enkelte anlegg har arbeid med å deponere flisa etter at den er brukt, medan andre lagrar den i haugar til neste sesong.

Når det gjelder duk har den ofte blitt mykje tyngre, då den har trekt til seg vatn frå den smeltande snøen. Det gjer at den blir vanskeligare å handtera, utan bruk av maskiner. Derfor treng ein ofte fleire personar til å flytta og rulla den saman. Før duken blir lagt til lagring fram til neste snølagringssesong må den tørkast for ikkje å bli øydelagd.

2.5.2 Utkjøring

Det er litt forskjellig praksis på utkjøringa av snø mellom langrennsstadionar og alpintløyper, men kostnadane for denne posten varierer etter kor mykje snø det er igjen i snøhaugen. I alpintløyper lagrar ein ofte snølageret direkte i løypetraseen og så doserer ein det rett ut i løypa derifrå med trakkemaskiner. Langrennsstadionar legger ofte snølageret utanfor løypa og snøen må fraktast med lastebilar til løopenettet, der avstanden til løypa

varierer. Figur 10 visar korleis ein optimal langrennstadion kunne ha sett ut. Der snølageret ligg i sentrum av stadion og dermed blir det kort veg å kjøre ut snøen (Ellingsen, 2017).



Figur 10: Optimalt design av langrennstadion med snølagring (Ellingsen, 2017)

3. Metode

Metodekapittelet beskriv korleis ein har gått fram for å løysa problemstillinga. Det ser på korleis eg har skaffa nødvendig data og korleis eg brukte dei. I slutten av kapittelet blir det gjennomgått ulike scenario som er blitt brukt vidare i studiet.

3.1 Prosessen med datainnsamling

Det vart henta inn både primærdata og sekundærdata. Sekundærdata bestod av ulike spørjeundersøkingar og anna data som NTNU SIAT tidligare hadde henta inn.

3.1.1 Populasjon og utvalg

Populasjonen av snølager er liten. Dei mest kjente plassane som har snølager i Norge er Beitostølen, Dombås, Geilo, Granåsen, Oppdal, Sjusjøen og Lillehammer. På grunn av at populasjonen i Norge var så liten og fordi NTNU SIAT hadde kontakt med anlegg i Sverige, vart studiet utvida til å gjelde for både Norge og Sverige. Utvalet baserte seg i hovudsak på dei anlegga som eg fann kontaktinformasjon til og bestod av anlegga Birkebeinaren skistadion (Lillehammer), Sjusjøen, Granåsen (Trondheim), Trysil, Dombås og Kvifjell.

I tillegg til desse fekk eg sekundærdata frå NTNU SIAT som blant anna bestod av data frå Beitostølen, Idrefjall, Falun, Åre, Brunksvalla, Vålådalen og Vasaloppet. Fordelen med sekundærdata er at eg fekk tilgang til mykje meir data på kort tid. Dette gjorde at eg fekk eit meir representativt utval, og enkelteverdiar fekk ikkje så stor betyding i analysen. Det negative med dette er at ein ikkje har like god kontroll på korleis data er blitt henta inn og behandla, og dermed er det meir usikkerhet rundt nøyaktigheten.

3.1.2 Spørjeskjema

Det vart brukt ei spørjeundersøking for å hente inn relevant data. Spørsmåla representerte viktige variablar og svaret er verdien til den gitte variabelen. Spørjeundersøkinga blei

utforma med opne spørsmål, der ein oftast skulle fylla inn ein talverdi. Eg gjorde det slik fordi eg ønska at respondenten skulle gje eit så nøyaktige svar som mulig og ikkje plassera verdien innanfor eit intervall. I tillegg ønska eg at respondenten skulle ha muligheta til å legga til ekstra informasjon dersom dei meinte det var relevant.

Spørjeskjema bestod av 23 spørsmål som var fordelt utover 5 forskjellige kategoriar, og er vist i vedlegg 1. Eg var spesielt opptatt av at det ikkje skulle bli for mange spørsmål, slik at det ikkje skulle bli for omfattande å svara. Skjemaet vart sendt på e-post til dei 6 einingane. Det vart sendt ut ein purring til dei som ikkje hadde svart etter 6 veker. Enkelte anlegg delte data frå tidligare år og. Tabell 2 visar ein oversikt over dei forskjellige anlegga som svarte og kven det var som svare. Totalt i datamatrissa hadde eg 18 forskjellige anlegg, der nokre var representerte med fleire år. Det var og enkelte observasjonar som mangla svar på nokre variablar.

Anlegg	Svar	Kva år
Birkebeinaren skistadion	Lars Nes – Avd. leiar Birkebeinaren skistadion Eiliv Furuli – Leiar World Cup Lillhammer	- 2018
Granåsen	Heidi Arnesen – Driftsplanlegger trondheim bydrift – idrett, park og skog.	- 2018 - 2017
Kvitfjell	Odd Stensrud – dagleg leder	- 2018
Dombås	Arild Kili – rektor Domåbs skole Stinar Tolf Jacobsen – Næringskonsulent	- 2018

Tabell 2: Oversikt over respondantar

Svakhetane med opne spørsmål kan vera at dei blir tolka på forskjellige måtar og dermed at data ikkje blir så nøyaktig som ein ønsker. Dette såg eg eit eksempel på i mine spørsmål der mange anlegg låg sammen kostnadane for avdekking og utkjøring i ein post. Det var eigentlig ønskelig at dei skulle skilja desse kostnadane frå kvarandre. I tillegg kan respondenten oppfatt det som meir krevjande å svare på undersøking når det er opne spørsmål, og vel kanskje å ikkje svara. På den andre sida har respondenten meir fridom til å uttrykka seg på sin

måte. Ein anna svakhet i undersøkinga var at mange av dei svara som ein fekk inn var basert på vurderingar og litt synsing av enkeltpersonar, og det var få verdiar som var målt. Dette er med på å gjera studiet mindre reliabilt og valid, som vil sei at kan vera vanskelig å få nett dei same svara på nytt og at det er vanskelig å trekke ein konklusjon som er gyldig i mange samanhengar.

3.2 Metodevalg

Etter at eg hadde fått svar på spørjeundersøkinga fordelte eg data i ei datamatrise i Excel. For å kunna utarbeida ein kostnadsmodell trengte eg eit estimat for den variable enhets kostnaden for forming, tildekking, avdekking og utkjøring. Det vil altså sei kostnadane for kvar m³ med snø for dei fira aktivitetane.

Underveis i prosessen vart minste kvadraters metode vurdert. Denne metoden tar utgangspunkt i alle observasjonane og reknar ut ei regresjonslinje. Metoden skal finna den linja der det summerte kvadrerte avviket er minst mogeleg. Altså skal den finna den regresjonslinja som passar best for alle observasjonane samla sett. Ein slik metode kan ofte gje relativt nøyaktige tal og estimat, men fordi eg hadde så svakt datagrunnlag vart resultata av metoden fleire gongar vanskelig å tolka. Korrelasjonskoefisienten (R^2) som ein får når ein bruker denne metoden, forklarar kor mykje av variasjonen i den avhengige variabelen som kan forklarast ved den uavhengige variabelen. Denne ligg mellom 1 og 0, der 1 uttrykk at all variasjonen kan forklarast med den uavhengige variabelen, mens 0 uttrykk at inga av variasjonen kan forklarast med den uavhengige variabelen (Johannessen, Christoffersen, & Tufte, 2011). Korrelasjonskoefisienten eg fekk frå mitt datagrunnlag var ofte ikkje høgare enn 0,5. Detter vil då sei at det er veldig svak til moderat forklaringsgrunnlag ved dei observasjonane som eg hadde.

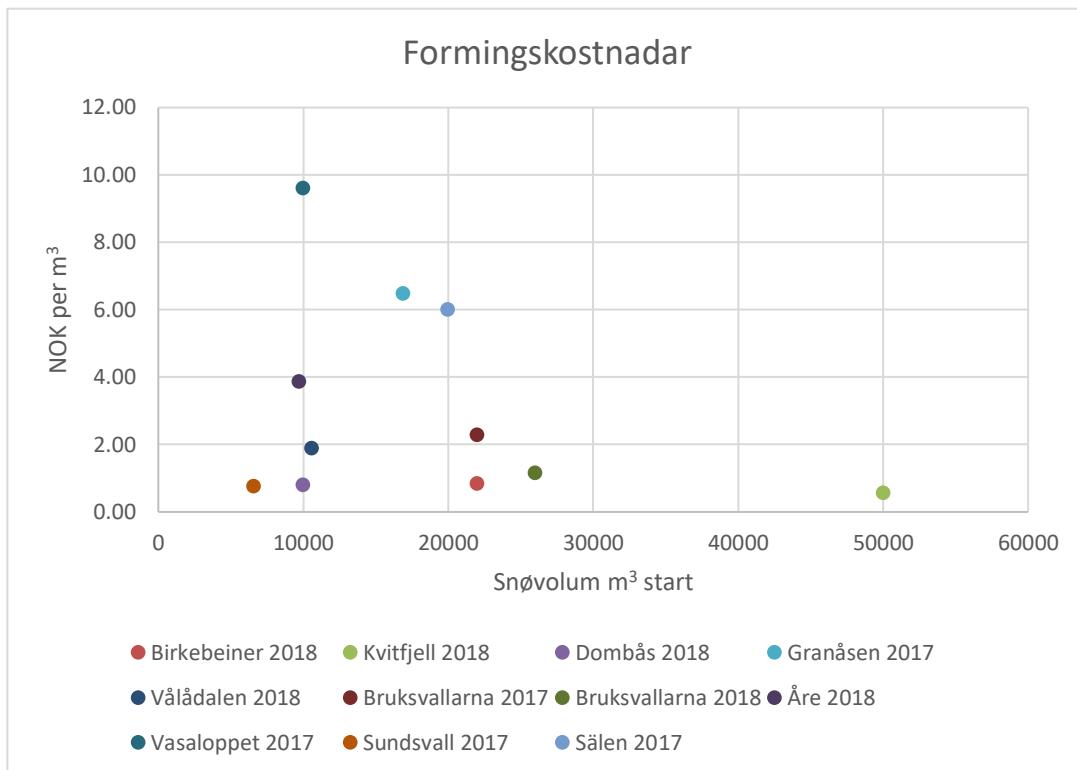
På grunnlag av at datamaterialet var såpass lite og at det var knytt stor usikkerheit til mange av observasjonane, tala det heller for å bruka ein univariat analyse. Ein univariat analyse vurderer kvar enkeltvariabel kvar for seg, og ser ikkje på samanhengen denne variabelen kan ha med andre variablar (Johannessen et al., 2011). Den metoden eg enda opp med å bruka var gjennomsnitt. Gjennomsnitt finn det som er det typiske for alle observasjonane. Detter er

ikkje alltid like bra, fordi veldig høge eller låge verdiar kan trekke gjennomsnittet den eine eller andre vegen. Derfor kan det i enkelte samanhengar vera meir føremålstenleg å heller bruka median. Det som var problemet med mine observasjonar var at ein ikkje visste med sikkerheit om ein verdi var ekstrem eller ikkje. I enkelte tilfelle kunne ein sjå ein tendens til at observasjonane samla seg rundt eit visst punkt, medan andre gongar var det mykje meir spreidd. Det positive med å bruka gjennomsnitt i dette studiet er at det er enkelt å oppdatera dei talla når ein får tilgang på meir data. Estimata som blir berekna vidare i oppgåva, er basert på utvalet av både primær og sekundærdata. På grunn av at dette berre er eit lite utval, vil det vera knytt ein feilmargin og usikkerheit til det estimatet som blir berekna (Johannessen et al., 2011).

I datamatrisa var observasjonane oppgitt i den totale kostnaden for den gitte aktiviteten. For at eg skulle få eit likt vurderingsgrunnlag mellom dei ulike verdiane delte eg kostnadane på det respektive snøvolumet og fann då kostnaden per m^3 med snø. Kostnadane som var knytt til forming og tildekking vart delt på det volumet med snø som anlegga oppgav dei hadde i starten, medan kostnadane for avdekking og utkjøring vart delt på det volumet som var igjen på hausten til slutt. I datamatrisa ekskluderte eg ein observasjon, fordi den skilde seg ut ved at den hadde eit veldig høgt snøvolum samanlikna med dei andre. Derfor vart det unaturlig å ta denne med. Dette la grunnlaget for vidare arbeid.

3.2.1 Estimat for forming

På grunn av at jobben med å forme snøhaugen er lik uansett kva dekkematerial ein brukar, behandla eg alle observasjonane likt. Figur 11 under viser fordelinga av observasjonane.

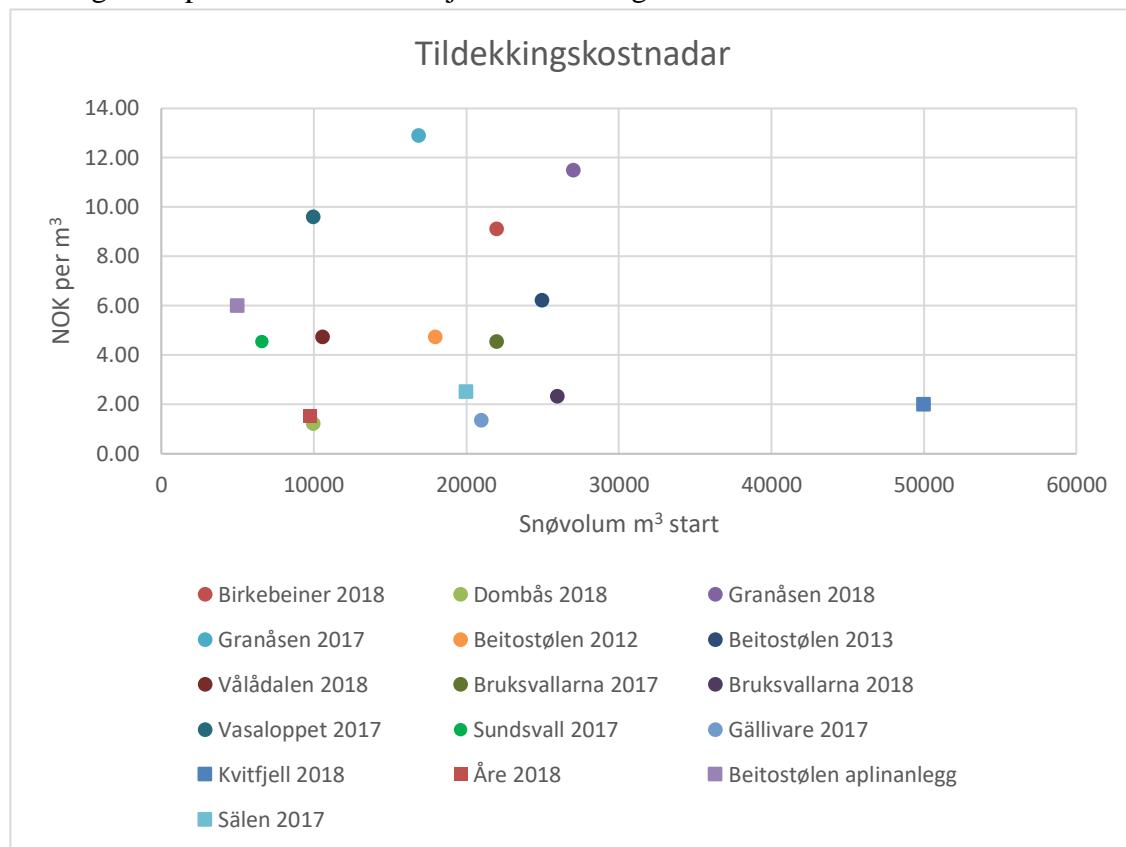


Figur 11: Fordeling av observasjonar for forming

Ut frå figur 11 ser ein at observasjonane er relativt spreidd og det er vanskelig å sjå ein klar tendens. Mange av observasjonane ligg mellom 0,5 og 4 NOK per m³. Ein hypotese var at NOK per m³ ville endra seg med snøvolumet, men det er vanskelig å trekka ein slik konklusjon. Eg brukta formelen =GJENNOMSNITT i Excel, og fekk verdien 3,11 NOK per m³.

3.2.2 Estimat for tildekking

For tildekking måtte eg rekna ut to estimat, eit for tildekking med flis og eit med duk. Derfor er det og to sett med observasjonar. Figur 12 visar alle observasjonane for tildekking, der rundingane representerer observasjonar for flis og firkantar for duk.

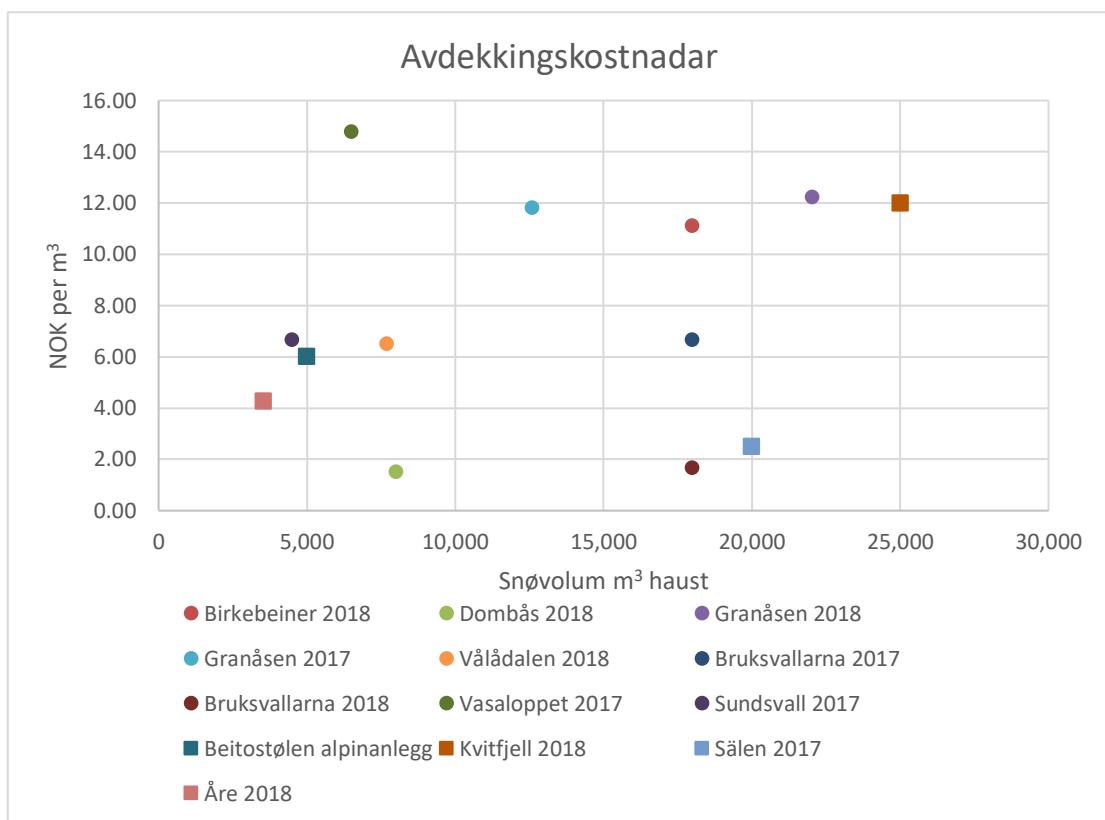


Figur 12: Fordeling av observasjonar for tildekking, der runding representerer flis og firkant representerer duk.

Hovuddelen av observasjonane ligg på eit snøvolum mellom 5 000 og 25 000 m³. Kostnaden for kvar m³ varier mellom 1,20 og 12,88 NOK. Det er inga klar tendens, men frå figur 12 ser ein at flis har 4 observasjonar som ligg ganske likt på nett under 5 NOK per m³. Dei andre observasjonane over er med på å trekka gjennomsnittet opp til 6,05 NOK per m³. Når det gjelder duk er det ein av dei fira observasjonane som ligger høgare enn dei andre og trekk gjennomsnittet til 3,01 NOK m³.

3.2.3 Estimat for avdekking

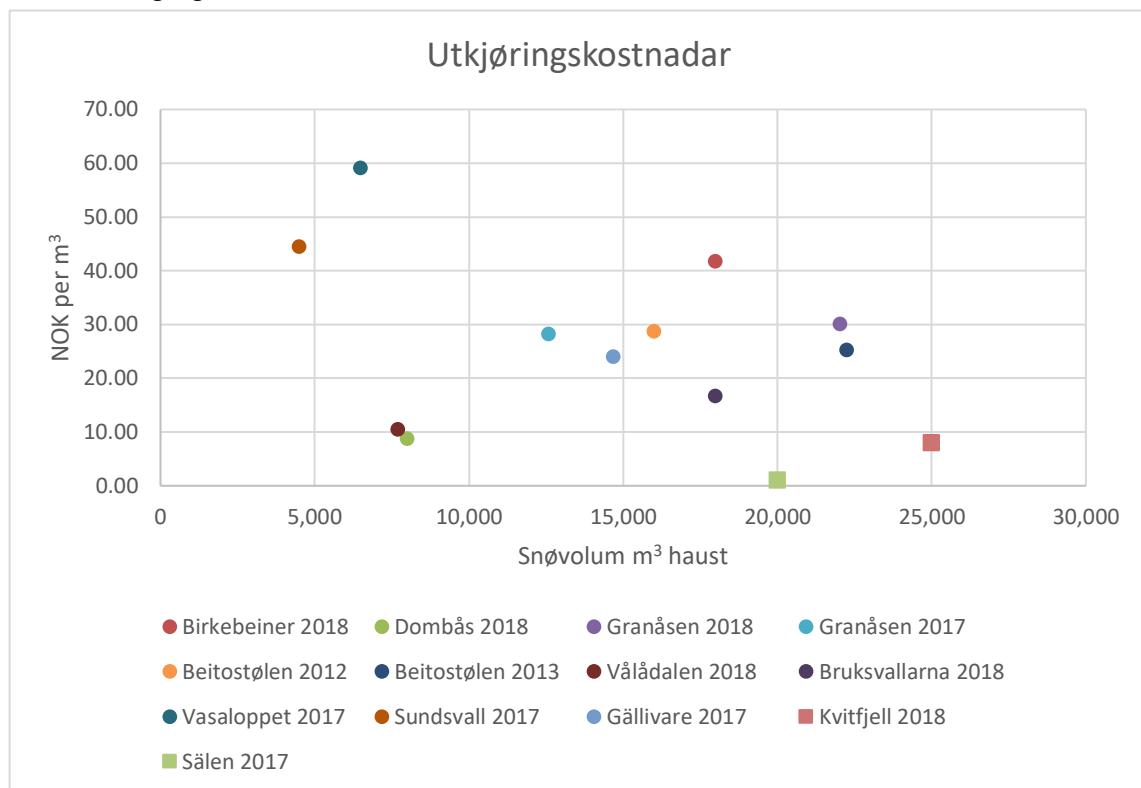
På same måte som for tildekking, får ein to estimat for avdekking, eit for flis og eit for duk. Figur 13 under visar fordelinga av observasjonar, der firkantane representerar duk og rundingane flis. Avdekking er etter sommaren og smeltinga, derfor har eg basert x-aksen på det snøvolumet som var igjen på hausen når dei skulle kjøra ut snøen. Y-aksen fortell om kostnadane for kvar m^3 med snø for å ta av dekkematerialet. Dersom ein ser på observasjonane for flis, ser ein at det er tre forskjellige fordelinger for NOK per m^3 , to observasjonar som ligg lav, tre som ligger midt på og fire som ligger høgt. På grunn av at det er flest observasjonar som ligg høgt blir gjennomsnittet 8,10 NOK per m^3 . For duk blir gjennomsnittet 6,19 NOK per m^3 .



Figur 13: Fordeling av observasjonar for avdekking, der runding representerer flis og firkant representerer duk.

3.2.4 Estimat for utkjøring

Det er knytt stor usikkerheit til verdiane for utkjøring. Dette er fordi det fleire faktorar som påverkar den totale kostnaden for utkjøring, som for eksempel avstand frå snøhaugen til løypa og korleis løypeprofilen og utfordringa med å få ut snøen. På grunn av at observasjonane i utgangspunktet er usikre vil det også vera stor usikkerheit rundt estimatet for utkjøring, og det kan vera ei kjelde til feilmargin. Figur 14 under visar dei observerte verdiane, og på same måte som figurane for dei andre aktivitetane er det fordelt på flis som er runding og duk som er firkant.



Figur 14: Fordeling av observasjonar for utkjøring, der runding representerer flis og firkant representerer duk.

Det er berre to observasjonar for duk, men ein ser at desse to er dei med lavast kostnad. Mykje av årsaken til dette er fordi dei er alpintanlegg der snølageret ligg direkte i løypetraseen og ein trenger ikkje å kjøra snøen ut med lastebil. Gjennomsnittet til dei to observasjonane blir då 4,5 NOK per m³. Når ein ser på dei andre observasjonane er det ganske stor variasjonsbreidda mellom den minste og den største verdien. Det er ein del observasjonar som samlar seg på midten, og gjennomsnittet blir 27,35 NOK per m³.

3.3 Beskriving av ulike scenario

Det er svært mange forskjellige faktorar som påverkar snølagrinsprosessen. Derfor har eg brukt ulike scenario for å prøva å finna ut kva dekkemateriale som gir den mest kostnadseffektive snølagringsprosessen. For å samanlikna har eg tatt utgangspunkt i nokre inputverdiar i modellen. Det er tre forskjellige scenario, der dei to fyrste baserer seg på eit fast snøvolum. På det siste scenarioet har eg variert volumet. Felles for alle scenarioa er at eg har tatt utgangspunkt i at det er ei langrennsløype.

3.3.1 Inputverdiar

For dei 2 fyrste scenario har eg tatt ein antagelse om at ein treng eit snøvolum til ei langrennsløype som er 3 3000 m lang. Ei slik løype bør vera 8 m bredde, og ha ein djupt på 0,5 m (Talle, 2007). Dette betyr at me treng:

$$3\ 3000m * 8m * 0,5m = 13\ 200\ m^3.$$

Når ein reknar med 8 meter breidde, er det med tanke på at ein treng litt ekstra snø på kantane for at løypa ikkje skal rasa ut. Ved vidare rekning runda eg opp til 15 000 m³, så ein har litt å gå.

Den andre antagelsen, som gjalt for alle scenarioa var at ein brukte ein lufttemperatur på -10 grader og ein luftfuktigheit på 70%. I scenarioa vart det brukt ein flistjukkelse på 40 cm og ein pris på 136 kr per m³. Når ein rekna på duk gjekk ein utfrå ein pris på 22,5 kr per m² og 2 lag med duk.

Andre inputverdiar	
Antall dagar med snølagring	200
Antall snøkanoner til snøproduksjon	2
Lønnskostndar for 1 arbeidstime	350
Straumpris (kraftpris + nettleie + avgifter)	1,15 NOK/kWt
Total anskafelseskost for snøproduksjonsutstyret	kr 500 000

% snøproduksjonsutstyret blir brukt til snølagerproduksjon	50 %
Antatt levetid snøproduksjonsutstyret	10 år

Tabell 3: Andre inputverdiar for scenario

3.3.2 Scenario

1. Samanlikne flis og duk utan gjenbruk av dekkematerial

I dette scenarioet tok eg utgangspunkt i at ein kjøper nytt dekkematerial kvart år, altså berre eit år med bruk av materialet. For duk er det nok svært uvanlig at ein kjøpet ein ny duk kvart år, fordi denne er laga for å bli brukt i fleire år. Det er ikkje tatt med eventuelle kostnadar som kjem med deponering av flis.

2. Samanlikne flis og duk med 3 år gjenbruk

Ved det andre scenarioet tok eg utgangspunkt i at dekkematerialet blir brukt i 3 år. Dette gjorde at ein fekk ei avskriving på materialet, både for flis og duk. Det er ikkje tatt i betrakting at isolasjonseffekten kan bli dårligare etter kvart som dekkematerialet blir eldre. Eit slikt scenario er nok meir likt dagens praksis enn scenario 1.

3. Skjeringspunkt

I problemstillinga vart det stilt spørsmål om det er eit skjeringspunkt mellom dekkemateriala. For at ein skal kunna finna eit skjeringspunkt mellom kostnadane for å bruka duk eller flis som dekkemateriale, må ein undersøke dei totale kostnadane ved forskjellige volum. I dette scenarioet tar ein utgangspunkt at ein brukar dekkematerialet i 3 år og varierer på volumet, men dei andre inputverdiane er dei same som forklart lengre opp i kapittelet. Også for dette scenarioet tar ein utgangspunkt i ei langrennsløype.

4. Modell for estimering

Dette kapittelet visar korleis estimeringsmodellen er utvikla. Det blir presentert ulike funksjonar, både utrekningar for kostnadar og andre mellomrekningar, som kan vera relevant for anleggsleiarar å ha kunnskap om. Nokre funksjonar er henta frå teori, medan andre har eg funne fram til sjølv, dette blir meir spesifisert. Modellen baserer seg på dei inputverdiane som vart satt i kapittel 3.3.1. Utifrå desse verdiane skal modellen rekna seg fram til den totale kostnaden for eit snølager. Modellen er delt opp i 3 delar og 20 stegvise berekningar.

4.1 Snøproduksjon

Fyrste steg i modellen er å reknar ut det nødvendige volumet med snø ein treng å produsera. For å komme fram til det, treng ein å finna tall for volum/overflateareal, prosentvis forandring per dag og smelterate

- 1. Overflateareal/volum:** Denne utrekninga er basert på funksjonen som er forklart i kapittel 2.3.1 om overflateareal og volum. Denne tar utgangspunkt i ei relativt optimal form, eit sylinderutsnitt. Det er ikkje alltid slik forma er i praksis.

$$\text{Overflateareal/volum} = 1,1843 * X^{-0,141}$$

X= snøvolum slutt

Denne verdien fortel oss kor stor del av snøvolumet som er eksponert mot ytre faktorar. Dette betyr at dersom ein har eit stort snøvolum, vil verdien for overfalteareal/volum bli låg.

- 2. Prosentvis forandring per dag:** Prosent forandring av snølageret, avhenger av kva dekkemateriale ein bruker. For å finne denne prosenten tok eg utgangspunkt i to funksjonar som er forklart i kapittel 2.3.2, ein for flis, og ein for duk som dekkemateriale.

$$\text{Prosentvis forandring per dag, flis} = 0,0611 * X + 0,0923$$

$$\text{Prosentvis forandring per dag, duk} = 2,7703 * X - 0,3852$$

X = overfalteareal/volum

For store snølager vil prosent forandring per dag vera mindre enn for små snølager. Som sagt så bli X-verdien her liten ved eit stort lager, og dermed blir heller ikkje den prosentvise forandringa så stor.

3. **Smelterate, målt i m³ med snø per dag:** Denne verdien fortell oss kor mange m³ med snø som smeltar kvar dag.

$$\text{Smelterate (m}^3/\text{dag)} = \text{volum} * \% \text{ forandring per dag}$$

Volum = snøvolum slutt

%forandring per dag – skriv som desimal

4. **Snøvolum start, mål i m³ med snø:** Når ein veit kor mykje snø som smeltar kvar dag og kor mange dagar ein lagrar snøen, kan ein finne ut kor mykje snø som forsvinn totalt. Når ein veit det, kan ein enkelt finna ut kor mykje snø ein må produsera totalt.

$$\text{Snøvolum start m}^3 = \text{volum} + \text{smelterate} * \text{antall dagar med lagring}$$

Volum = snøvolum slutt

Smelterate = kubikkmeter snø som smeltar kvar dag

Etter at ein veit snøvolumet ein må produsera, altså det ein har i starten av prosessen, kan ein rekna ut sjølve kostnadane for snøproduksjonen, som er straumkostnadar og lønnskostnadar. For å kunna finna straumkostnadane, treng ein fyrst å finna våtkuletemperaturen, kapasiteten per snøkanon (m³/t), timer med snøproduksjon og energiforbruket (kWt/m³)

5. **Våtkuletemperaturen celsius:** For å finna denne temperaturen brukar ein den funksjonen som blei forklart i kapittel 2.2.1. Den brukar dei verdiane som ein har satt for lufttemperaturen og luftfuktigheten.

$$\begin{aligned} T_w = & T * \text{atan}(0,151977(RH\% + 8,313656)^{0,5}) + \text{atan}(T + RH\%) \\ & - \text{atan}(RH\% - 1,676331) + 0,00391838(RH\%)^{1,5} \\ & * \text{atan}(0,023101 * RH\%) - 4,686035 \end{aligned}$$

T_w = våtkuletemperatur

T = lufttemperaturen

RH% = relativ luftfuktighet

Funksjonen er avgrensa til å berre gå ned til minus 20 grader, og ein luftfuktigkeit mellom 5% og 99%.

- 6. Kapasitet per snøkanon, målt i m³ med snø per time:** I dette steget tar ein utgangspunkt i samanhengen mellom energiforbruket (kWt/m³) og våtkuletemperaturen, slik som fortalt i kapittel 2.2.2.

$$\text{Kapasitet per snøkanon (m}^3/\text{t}) = -3,83 * X + 3,94$$

$X = \text{våtkuletemperatur}$

Dersom våtkuletemperaturen er låg vil det fyrste leddet i funksjonen blir høgt, derfor får ein større kapasitet til lågare temperaturen er.

- 7. Timar snøproduksjon, målt i timer:** Når ein veit kapasiteten per snøkanon, kan ein dele snøvolum start på den totale kapasiteten på snøkanonene:

$$\text{Timar snøproduksjon} = \frac{\text{snøvolum start}}{\text{kapasitet per kanon} * \text{antall snøkanoner}}$$

- 8. Energiforbruket, målt i kWt per m³ med snø:** Funksjonen for viftekanon som vart vist i kapittel 2.2.1 er brukt for å rekne ut energiforbruket. Denne visar samanhengen mellom energiforbruket (kWt/m³) og våtkuletemperaturen.

$$\text{Energiforbruket (kWt/m}^3) = 22,027 * (-X^{-1,078})$$

$X = \text{våtkuletemperaturen}$

Det betyr at dersom ein har låge våtkuletemperaturar vil energiforbruket blir lågare enn ved høgare våtkuletemperaturar.

Etter at ein har rekna ut mange av dei grunnleggande talla kan ein finna kostnadane. Eg starta med dei variable kostnadane i snøproduksjonen.

- 9. Straumkostnad, målt i NOK:** Straumprisen er prisen for både krafta, nettleia og avgifter. Det bli ikkje tatt med kostnadar for effektoppar, dersom det skulle bli aktuelt for nokre anlegg.

$$\text{Straumkostnadar} = \text{snøvolum start} * \text{energifobruket} * \text{straumpolis}$$

Då vil straumkostnadane auka med snøvolumet.

10. Direkte lønnskostnadar, målt i NOK: Denne kostnaden avheng av antall produksjonstimar og lønnskostnad per arbeidstime. I utgangspunktet bør det vera to som arbeider med snøproduksjonen. På grunn av at ein ofte kan gjera andre arbeidsoppgåver samtidig som produksjonen går, har eg antatt at 50% av arbeidstida går direkte til produksjonen. Dermed blir lønnskostnaden for to berekna ut frå ein arbeidstime.

$$\text{Lønnskostnadar} = \text{Lønnskostnader 1 arbeidstime} * \\ \text{timar snøproduksjon}$$

I tillegg til dei variable kostnadane er det og faste kostnadar, i form av avskrivingar på produksjonsutstyret.

11. Avskrivingar, målt i NOK: Det er brukt lineær avskrivingsmetode i berekningane. Den informasjonen ein treng er anskaffelseskosten på snøproduksjonsutstyret, antatt levetid på utstyret, og kor mange prosent av tida utstyret er i bruk til snøproduksjon til snølageret.

$$\text{Avskriving} = \frac{\text{totalpris snøproduksjonsutstyr brukt til snølager}}{\text{antatt levetid i år}}$$

Dersom utstyret blir brukt i mange år, vil denne kostnaden blir fordelt utover dei år. Det utstyret som blir brukt til å produsera snøen til snølageret blir ofte brukt til å produsera snø i løypene på andre tidspunkt. Derfor må ein gjera ei vurdering av kor stor del av tida utstyret er i bruk til snølageret.

4.2 Forming og tildekking

Kostnadane for forming og tildekking er variable, og stig når snøvolumet aukar.

12. Kostnad for forming, mål i NOK: Vidare i prosessen kjem formainga av den snøen ein har produsert. For å berekna denne kostnaden brukar ein det estimatet som eg kom fram til i kapittel 3.2.1, som var 3,11 NOK per m³, og gangar det med snøvolum start.

$$\text{Formingskostnad} = 3,11 \text{ NOK} * \text{snøvolum start}$$

13. Overflateareal, mål i m²: Før ein kan rekna ut kostnaden ved å legga på dekkematerialet må ein finna overflatearealet til snøhaugen. Dette arealet fortell oss kor stort område ein skal dekka. Ein har allereie ein funksjon for overflateareal delt på volum og dersom ein då gangar med volumet sitter ein igjen med overflatearealet.

$$\text{Overflateareal} = 1,843 * X^{-0,141} * X$$

$$X = \text{snøvolum start}$$

14. Kostnad for arbeidet med tildekking: På grunn av at det er forskjell med å legga på duk og flis, har ein to verdiar som ein brukar for å rekna seg fram til denne kostnaden. Desse vart utregna i kapittel 3.2.2, og blei 8,10 NOK per m³ for flis og 6,19 NOK per m³ for duk.

$$\text{Tildekkingskostnad flis} = 6,05 \text{ NOK} * \text{snøvolum start}$$

$$\text{Tildekkingskostnad duk} = 3,01 \text{ NOK} * \text{snøvolum start}$$

Det er også utgifter med å kjøpa dekkematerialet, som har element av å vera både variabel og fast. Dekkematerialet kjøpar ein inn etter den størrelsen eller den mengda som ein treng. Når brukstid er på fleire år blir avskrivingskostnaden ein fast kostnad i dei respektive åra.

15. Mengde med dekkematerial, målt i m² eller m³: Når ein brukar duk som dekkemateriale kan ein variera mellom kor mange lag med duk ein har over snøen. Med flis kan ein variera med tjukkelsen på flislaget.

$$\text{Mengd dekkemateriale (m}^2\text{ eller m}^3\text{)} = \text{overflateareal} * \\ \text{tjukkelse (m) eller antall lag}$$

- 16. Total pris dekkemateriale, målt i NOK:** Det kan vera greitt for anleggsleiarane å veta den totale kostnaden på dekkematerialet.

$$\text{Pris dekkemateriale} = \text{Størrelse} * \text{NOK per m}^3 \text{ med dekkemateriale}$$

- 17. Avskrivingsandel, målt i NOK:** Når ein brukar lineær avskriving delar ein prisen på dekkematerialet på antall år med gjenbruk.

$$\text{Avskrivingsandel} = \frac{\text{pris dekkemateriale}}{\text{antall år med gjenbruk av dekkemateriale}}$$

4.3 Avdekking og utkjøring

Kostnadane ved avdekking og utkjøring er begge variable. Det blir meir arbeid des større volumet er.

- 18. Kostnad for avdekking av dekkemateriale, målt i NOK:** Det er litt forskjell mellom utgiftene med å ta av dekkemateriale for flis og duk. Størrelsen som blir brukt blei regna ut i kapittel 3.2.3 og var 8,10 NOK per m³ for flis og 6,19 NOK per m³ for duk.

$$\text{Avdekkingskostnad flis} = 8,11 \text{ NOK} * \text{snøvolum slutt}$$

$$\text{Avdekkingskostnad duk} = 6,19 \text{ NOK} * \text{snøvolum slutt}$$

- 19. Kostnad for utkjøring av snø, målt i NOK:** I kapittel 3.2.4 skilde ein mellom å kjøre ut snøen i alpintløyper og langrennsløyper. Dei estimata ein kom fram til der var 27,35 NOK per m³ for langrennsløyper og 4,5 NOK per m³ for alpintløyper.

$$\text{Utkjøringskostnad langrenn} = 27,35 \text{ NOK} * \text{snøvolum haust}$$

$$\text{Utkjøringskostnad alpint} = 4,5 \text{ NOK} * \text{snøvolum haust}$$

- 20. Totale kostnad, målt i NOK:** Den totale kostnaden for heile prosessen blir då summen av kostnadsstega:

$$\begin{aligned} & 9. \text{ straumkostnad} \\ & + 10. \text{ direkte lønnskostnad} \end{aligned}$$

- + **11. avskriving snøproduksjonsutstyr**
- + **12. formingskostnadar**
- + **14. tildekkinguskostnadar**
- + **17. avskriving dekkematerialet**
- + **18. avdekkinguskostnadar**
- + **19. utkjøringskostnadar**
- = **totale kostnadar**

5. Resultat

Resultata som blir presentert i dette kapittelet er basert på dei antagelsane som vart forklart i kapittel 3, og dei berekningane som vart vist i kapittel 4. I dei to første scenarioa er det brukt eit fast snøvolum om hausten på 15 000 m³, men ein har bytta mellom 1 og 3 år med gjenbruk av dekkematerialet. I det siste scenarioet blir det vist resultat der ein varierer snøvolumet.

Når ein har ein lufttemperatur på -10 celsius og luftfuktighet på 70%, blir våtkuletemperaturen -11 celsius. Dette er gunstige forhold for å produsera snø i, for ein kan produsera snø relativt effektivt og det blir god kvalitet på snøen ved at den blir tørr.

5.1 Scenario 1

Tabell 4 visar resultata frå berekningsmodellen når inputvariablane for ønska snøvolum på hausten er 15 000 m³ og dekkematerial berre er brukt 1 år.

Kostnad	Flis (NOK)	Duk (NOK)	Differanse (flis - duk) (NOK)
Snøproduksjon	123 805	180 317	- 56 512
Forming og tildekking	463 749	356 801	106 948
Avdekking og utkjøring	531 750	503 100	28 650
Totale kostnad	1 119 304	1 040 218	79 086
NOK per m ³	74,6	69,3	5,3
Variable kostnad	98 %	98 %	
Faste kostnad	2 %	2 %	
Snøvolum m ³ start	18 328,5	28 811,7	- 10 483,2
Timar snøproduksjon	188,4	296,2	- 107,8

Tabell 4: Resultat scenario 1 for flis og duk, der snøvolum slutt er 15 000 m³ og dekkematerialet er brukt 1 år

Ein må produsera litt over 10 000 m³ meir snø, dersom ein skal bruka duk i staden for flis som dekkemateriale. Dette fordi smelteraten er større. Det vil då ta 107,8 timer lengre tid å få produsert opp det nødvendige snøvolumet. Med det vil produksjonskostnadane med å

bruka duk vera større enn for flis. På grunn av at kostnadane med å ta på og av dekkemateriale er dyrare for flis enn duk, vil dette utgjevne noko av denne differansen. I tillegg er prisen for innkjøp av flis dyrare enn for duk. Når ein berre brukar dekkematerialet eit år vil heile denne kostnaden komma i det året og den vil vera variabel. I dette scenarioet er dei totale kostnadane minst ved bruk av duk som dekkemateriale. Differansen mellom flis og duk er på 79 086 NOK.

5.2 Scenario 2

Tabell 5 visar resultata frå scenario 2. I dei resultata er det brukt dei same inputverdiane som i scenario 1, utanom at ein brukar dekkematerialet i 3 år.

Kostnadar	Flis (NOK)	Duk (NOK)	Differanse (flis-duk) (NOK)
Snøproduksjon	123 805	180 317	- 56 512
Forming og tildekking	266 509	236 485	30 024
Avdekking og utkjøring	531 750	503 100	28 650
Total kostnadar	922 064	919 902	2 162
NOK per m ³	61,5	61,3	0,1
Variable kostnadar	87 %	91 %	
Faste kostnadar	13 %	9 %	
Snøvolum m ³ start	18328,5	28811,7	- 10 483,2
Timar snøproduksjon	188,4	296,2	-107,8

Tabell 5: Resultat scenario 2 for flis og duk, der snøvolum haust er 15 000 m³ og dekkematerialet er brukt i 3 år

På grunn av at mange av variablane er like i begge scenarioa, er og mange av postane på resultatet like. Produsert volum med snø er det same i begge scenarioa. Det som skil scenarioa frå kvarandre er at kostnadane for forming og tildekking har blitt lågare og differansen mellom dei har blitt mindre. Årsaken er at den totale kostnaden for dekkematerialet blir fordelt på 3 år og ein kan avskriva det. Det gjer at andelen av dei faste kostnadane stig. I scenario 2 er dei totale kostnadane mykje meir like, det skil berre 2 162 NOK i favør duk.

5.3 Scenario 3

Ut frå dei to scenarioa over ser ein at det er duk som er det billigaste i begge tilfella, men differansen mellom dei blei mindre når ein brukte 3 år med gjenbruk. Derfor er det interessant å finne ut om flis blir billigare enn duk på eit visst punkt, og kvar dette skjeringspunktet eventuelt er. Tabell 6 og 7 under visar resultata for ulike snøvolum, når ein har antatt 3 år med gjenbruk av dekkemateriale og 15 000 m³ med snø på hausten for flis og duk.

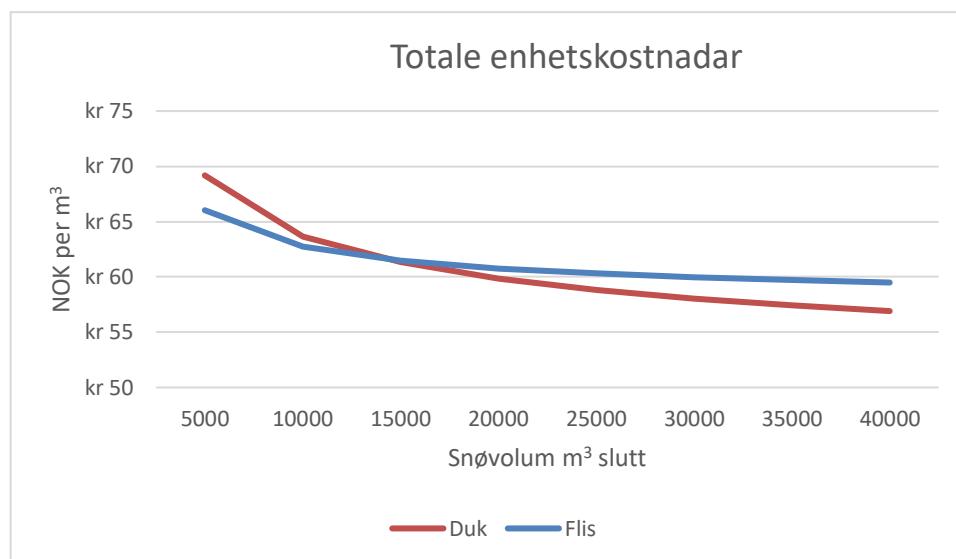
Flis						
Volum slutt	5000	10000	15000	20000	30000	40000
Snøproduksjon (NOK)	58 103	90 988	123 805	156 580	222 048	287 440
Forming og tildekking (NOK)	94 799	181 849	266 509	349 715	513 262	674 182
Avdekking og utkjøring (NOK)	177 250	354 500	531 750	709 000	1 063 500	1 418 000
Totale kostnad (NOK)	330 153	627 337	922 064	1 215 295	1 798 809	2 379 623
NOK per m ³	66,0	62,7	61,5	60,8	60,0	59,5
Variable kostnad	81 %	85 %	87 %	88 %	89 %	89 %
Faste kostnad	19 %	15 %	13 %	12 %	11 %	11 %
Snøvolum m ³ start	6140,7	12240,9	18328,5	24408,3	36552,8	48683,3
Timar snøproduksjon	63,1	125,9	188,4	251	375,8	500,5

Tabell 6: Resultat scenario 3 flis

Duk						
Volum slutt	5 000	10 000	15 000	20 000	30 000	40 000
Snøproduksjon (NOK)	84 410	133 909	180 317	224 841	310 168	392 078
Forming og tildekking (NOK)	93 796	167 989	236 485	301 575	425 128	542 674
Avdekking og utkjøring (NOK)	167 700	335 400	503 100	670 800	1 006 200	1 341 600
Totale kostnad (NOK)	345 906	636 398	919 903	1 197 217	1 741 497	2 276 353
NOK per m ³	69,2	63,6	61,3	59,9	58,0	56,9
Variable kostnad	85 %	89 %	91 %	92 %	93 %	93 %
Faste kostnad	15 %	11 %	9 %	8 %	7 %	7 %
Snøvolum m ³ start	11 020,7	20 202,8	28 811,7	37 071,0	52 899,4	68 093,9
Timar snøproduksjon	113,3	207,7	296,2	381,1	543,9	700,1

Tabell 7: Resultat scenario 3 duk

Resultata visar at ved små volum som 5 000 m³ er det flis som er den billigaste metoden å bruka. Dersom ein ser på 40 000 m³ er det derimot duk som er den billigaste metoden. Duk har heile tida høgare produksjonskostnadar. Forming og avdekking er litt dyrare for flis enn duk når volumet aukar, fordi det er litt vanskelegare å ta av flisa. I starten ved små volum er denne posten billigast for flis. Kostnadane for avdekking og utkjøring er relativt like mellom dekkemateriala, dei blir litt høgare for flis etter kvart som volumet aukar. Oppsummert så er kostnadane minst for flis når ein har eit lite snøvolum, medan dei er minst for flis ved store snøvolum, I figur 15 visar det at dekkemateriala kryssar kvarandre på nesten 15 000m³.



Figur 15: Samanlikning av totale enhetskostnadar for duk og flis

6. Diskusjon

I dette kapittelet vil resultata frå dei ulike scenario bli diskutert. I tillegg vil det blir gjort ein følsamhetsanalyse av utvalde variablar for å sjå på usikkerheten rundt desse.

Problemstillinga i starten av oppgåva spurte om kva dekkemateriale som var det mest kostnadseffektive for skianlegg å bruka når dei skulle lagra snø. I tillegg vart det stilt spørsmål om det er eit skjeringspunkt mellom desse metodane.

6.1 Diskusjon av resultata

Dei resultata eg har fått i denne oppgåva er basert på eit sett med inputverdiar. Det er mulig å forandre på mange av desse og få andre resultat. Derfor er det vanskelig å sei med sikkerhet kva resultatet hadde blitt med andre inputverdiar, men ein kan sjå ein tendens til korleis kostnadane utviklar seg i prosessen.

I scenario har eg antatt ein våtkuletemperatur på -11,7 celsius. Dersom denne temperaturen hadde vore høgare ville det ha blitt dårligare forhold for å produsera snø. Snøkoanonene bør då optimalt sett sleppa ut mindre vatn, fordi det tar lengre tid for vassdropane å bli omdanna til snøkrystallar. Det vil då føre til at ein brukar meir straum per m³ snø og kostnadane for å produsera same mengde snø blir høgare. I tillegg vil det ta lengre tid og lønnskostnadane vil auke. Når dette skjer blir dei totale kostnadane for snøproduksjonen større, og spesielt for duk sidan dei må produsera eit større volum enn flis. I ein slik situasjon kan det tenkast at flis villa ha vore eit billigare alternativ.

I ein tidligare studie gjort ved NTNU samanlikna dei og kostnadane for duk og flis i Granåsen. Der konkluderte dei med at det kan vera problematisk å få produsert nok snø på den tida det er kaldt nok (G. Aspnes et al., 2018). Dette ser eg også på som eit potensielt problem, dersom det er anlegg som har få dagar med kuldegrader. Med ein våtkuletemperatur på -11,7 celsius og 15 000 m³ med snø på hausten går det hendholdsvis med 188,4 timer for flis og 296,2 timer for duk i produksjonstid. For duk vil dette sei ein produksjon i 12,3 dagar. Derfor kan det hende at fleire anlegg blir tvinga til å bruka flis, fordi dei ikkje greier å produsera opp den nødvendig mengda med snø visst dei skal bruka

duk. Dersom ein samanliknar det med ein våtkuletemperatur på -3 celsius, vil det då ta 1473,8 timer og 64,4 daga å produsera opp riktig mengd med snø for å bruka duk som dekkemateriale. Ei mulig løysing på dette problemet kan vera å bruka fleire snøkanoner.

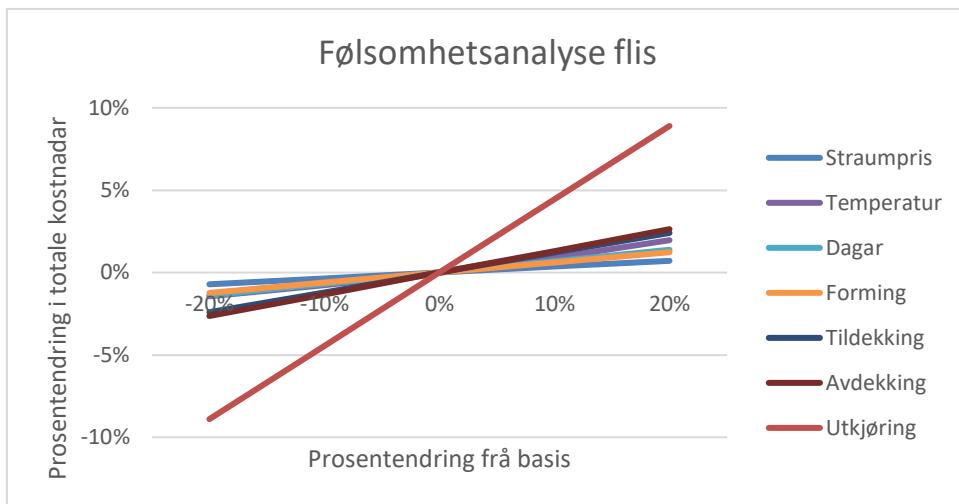
Eit anna problem som kan gjera seg gjeldane er å finna ein optimal plass å ha eit snølager. Eit snølager der ein brukar flis, treng ikkje like stor plass som eit snølager der ein brukar duk som dekkemateriale. Dersom ein må plassera lageret eit stykke unna løypetraseen fordi det blir for stort til å ligga ved sidan av løypetraseen, vil kostnadane for utkjøring av snøen stiga.

Estimatet for snøvolum ein må produsera treff nært verkelegheita når ein har volum i området rundt $20\ 000\ m^3$. Ved mindre volum er det ein tendens til at den overestimerer volumet, og ved store volum er det ein tendens til at den underestimerer. Birkebeinaren skistadion oppgav at dei brukte rundt 1 million kroner på snølageret. Ved bruk av deira inputverdiar estimerer modellen dei totale kostnadane til å bli rundt 1,1 million kroner.

6.1.1 Følsamhetsanalyse

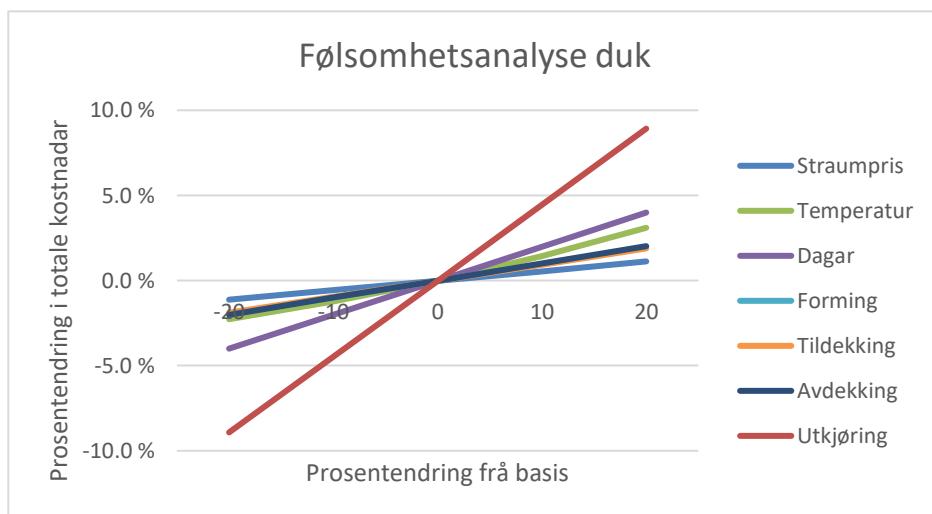
Det er fleire variablar i modellen som er usikre. For eksempel er det usikkerhet rundt dei estimata som var rekna ut i kapittel 3. Desse er basert på NOK per m^3 og det kan tenkast at den usikkerheita som er knytt til estimata blir større etter kvart som volumet blir større. Ein følsamhetsanalyse vil sjå kor følsam den totale kostnaden er for endringar i ulike variablar. Denne typen analyse har ei avgrensing med at den berre ser på ein av variablane om gongen (Bøhren & Gjærum, 2016). Når eg gjorde denne analysen tok eg utgangspunkt i dei antatte verdiane som vart satt i scenario 2. Altså eit snøvolum på $15\ 000\ m^3$ og 3 år gjenbruk av dekkematerialet.

Figur 16 og 17 visar kor følsame den totale kostnaden er for endring i nokre utvalde variablar for hendholdsvis flis og duk. Følsamhetsanalysen fortell oss at dei totale kostnadane er lite følsame for endringar i straumprisen når ein brukar flis. Om straumprisen aukar med 20% vil det berre føre til at dei totale kostnadane stig med 0,7%. Den variabelen som skil seg ut frå dei andre er utkjøring. Det vil då sei at det er større usikkerhet rundt denne variabelen. Dersom prisen per m^3 for utkjøring aukar med 20% vil den totale kostnaden nesten auke 9%.



Figur 16: Følsomhetsanalyse flis

For duk ser det neste likt ut, men det er litt større følsamhet rund temperatur og dagar samanlikna med flis. Det kan forklaraast med at volumet er høgare for duk og då vil ein endring ha større påverknad på dei totale kostnadane. Ein ser at det er meir følsamhet rundt temperaturen dersom den stig med 20% enn om den går ned med 20%. Det kan forklaraast med grafen i figur 3, der energiforbruket flatar meir ut etter ein våtkuletemperatur på runt -10 celsius. Størst følsamhet er det for utkjøring. Der ein auking på 20% for prisen per m³ med snø vil gjera at kostnadane stig med nesten 9% i dette tilfellet og.



Figur 17: Følsomhetsanalyse duk

6.2 Begrensningar i modellen

Modellen har fleire usikre sider som svekk pålitelegheita. I prosessen med å lage eit snølager er det mange forskjellige faktorar som påverkar kvarandre, og det er svært vanskelig å estimere dette heilt korrekt. Dei resultata ein får frå modellen er bygd på fleire generelle påstandar som ikkje alltid er heilt like i praksis. Derfor er det betre å bruka resultata som generelle estimat, framfor nøyaktige tall. Sjølv om resultata ikkje blir heilt eksakte, kan dei likevel gje eit godt bilet over dei kostnadane som kjem til i prosessen.

Datamaterialet og utvalet i studiet har blitt nemnt fleire gongar som eit svakt ledd i studiet. Det som svekk pålitelegheita til oppgåva er at utvalet er lite, og spesielt for det som handlar om duk som dekkemateriale. Her er det vanskelig å sei noko med sikkerhet. Mykje av arbeid som blir gjort på skianlegg blir gjort på dugnad. Derfor var det vanskelig for nokre å svara med eksakte verdiar, og dei baserte heller svara sine på synsing og slik dei trudde det var.

I ettertid ser eg at nokre av spørsmåla i undersøkinga skapte litt forvirring blant respondentane. Dei opne spørsmåla gjorde at dei kunne tolkast på forskjellige måtar, og dermed vart det litt forskjellige svar. Dette førte igjen til at eg måtte tolka svara eg fekk inn.

Smeltinga til snøhaugen er ein av dei faktorane som er vanskelig å sei nøyaktig på førehand. Modellen brukar ein liner funksjon som gjeld for alle. Den tar altså ikkje omsyn til andre faktorar som kan påverka smeltinga, for eksempel temperatur, sol og regn. Eit anna poeng som eg har sett vekk frå i modellen er at isoleringsevna til både flis og duk blir dårligare når ein brukar dei igjen fleire år, og dermed vil smelteraten også mest sannsynlig stiga.

6.3 Er snølager etisk og bærekraftig?

Det er mykje på grunn av klimaendringane at ein har starta med snølagring. Det blir brukt mykje ressursar på å lagra snøen over sommaren. Paradoksalt nok så kan denne ressursbruken igjen vera med på å påverka klimaet endå meir i feil retning. Vegard Ulvang sa i eit intervju med Dagbladet at «Å produsere snø er kostbart. Ikke minst er det en klimapåkjennung. Vi biter oss selv i halen. Jo mer vi produserer, jo mer forurensar vi. Det er

et dilemma, som kommer til å prege langrennssporten veldig de neste 10-15 åra» (Godø, 2018).

I ein forstudie gjort av Peak Region og SIAT NTNU, påpeikte dei at den største årsaka til at mange skianlegg ikkje driv ei miljøvennlig drift av anlegga, er på grunn av dårlig økonomi. Det kan vera svært dyrt å investera i nytt utstyr som er meir bærekraftig, og det er mange anlegg som slit med å holde oppe den daglige drifta (Peak Innovation; NTNU SIAT, 2017).

I prosessen med å laga skiløyper er det mange store maskiner som er i bruk, spesielt når ein skal kjøra ut snøen frå lageret. På Beitostølen estimerte dei det totale CO₂ utsleppet for ein sesong med snølagring til å bli 70 000 tonn, som tilsvarar rundt 25 000 liter diesel (Ødegård, 2014). For å sette energifobruk til snøproduksjonen i perspektiv, så brukar ein rundt 45 000 kWt på å produsera 29 000 m³ med snø. Dette tilsvarar det årlege energiforbruket til litt over 2 eineboligar.

Det er lite inntekter for skianlegg å henta på snølager. Moglegvis blir det litt fleire tilreisande, men sjølve skianlegga får lite inntekter frå dei. Dette gjer at det er lite økonomisk bærekraftig å driva med snølager, og dei må ofte få støtte frå private eller kommunen. Er det rett at lokalsamfunnet skal ta noko av kostnadane med å ha eit snølager som dei kanskje ikkje brukar? Støtte til snølagring frå kommunen kan utkonkurrera andre postar som utbygging av andre idrettsanlegg.

Fleire av dei som driver med snølagring er klar over bærekraftsproblema, og ønsker å gjera tiltak for at dette skal bli betre. Det er fleire bærekraftstiltak som har blitt studert for å få prosessen med snølagring til å bli best mogeleg. Ein kan diskutera kor viktig og verdifult det er for samfunnet å ha snø. Trine Skei Grande som kulturminister, sa i eit intervju at det var viktig med snø og ski for folkehelsa. Derfor meinte ho at det var verdifult å vera med å utvikla nye løysningar for snøproduksjonen som var meir bærekraftige (Norges skiforbund, 2018). Det å gå på ski er for mange svært viktig og mange er villige til å reise langt for å komma til snø. Ved å ha snølager kan ein laga skiløyper nærme byar, og dermed motverka unødvendig reising for å kunna gå på ski.

Det har komme fleire alternativ for å oppretthalde skiføre sjølv om klimaforandringane gjer det vanskelegare. For eksempel er det utvikla skitunnelar og snøproduksjon i varmegrader.

Snøproduksjon i varmegrader er ein metode som krev svært mykje energi og det blir ekstremt store energikostnadar for dette (Holmestrand skitunell, u.d.). Dette vil mest sannsynlig ikkje vera eit meir bærekraftig alternativ til snølager. I ein mulighetsstudie for Holestrand skitunell, vart det estimert prosjektkostnadar på 190 millionar kroner (Holmestrand skitunell, 2016). Samanlikna med eit snølager vil eit slik alternativ vera mykje meir kostbart, men på den andre sida vil ein ha skiføre heile året.

7. Konklusjon

Det er vanskelig å trekka ein konklusjon som kan gjelda for alle skianlegg. Dette er på grunn av at det er så mange forskjellige faktorar som spelar inn på dei totale kostnadane til eit snølagringsprosjekt. Derfor kan ein ikkje sei at det eine eller det andre dekkematerialet er meir kostnadseffektivt enn det andre, utan å ta noko i betrakting.

Utifrå dei betraktingane som er tatt i denne oppgåva kan ei sei at det er mest kostnadseffektivt med flis som dekkemateriale dersom ein har eit lite snøvolum. Dersom ein derimot har eit stort snøvolum er det er mest kostnadseffektivt å bruka duk som dekkemateriale. Lokale forhold som blir satt som inputvariabel vil påverke kvar skjeringspunktet mellom dekkemateriala går. I scenario 3 kryssa kostnadane for dei to dekkemateriala kvarandre på nesten 15 000m³.

7.1 Videre arbeid rundt studiet

Det har vore avgrensa med tid i dette studiet, og ein har berre fått studert ein liten del av området. Dersom det hadde vore betre tid eller fortsatt studiet kunne det ha vore interessant å studert dei punkts som er nemnt under.

- Arbeid med å hente inn eit større datamateriale og meir nøyaktig data. Ut frå desse kunne ein har gjort bivariate analysar og studert korleis forskjellige variablar påverkar kvarandre i snølagringsprosessen. Med utgangspunkt i det, kunne ein har gjort meir nøyaktige analysar og fått betre estimat på kostnadane.
- I og med at det er mange faktorar som påverkar smeltinga, hadde det vore spennande å studert korleis dekke har innverknad dei økonomiske kostnadane for eit snølager. Desse kan vera temperatur, meter over havet, regn, sol og vind.
- Studert kor mykje meir økonomisk det er med ein optimal skistadion (jf. figur 9) i forhold til lite optimal skistadion.
- Marketsundersøking der ein studerer om det er moglegheit for direkte inntekter til snølager. Kanskje kunne det ha vore aktuelt med ein avgift for dei som skal bruka snøen, og eventuelt kva prisen for dette må vera for at det skal vera lønnsamt.

- Studera om det er andre alternativ for å skape snøgaranti som er meir bærekraftige både økonomiske og miljømessige. Kva økonomiske kostnadar er det for snøtunell og snøproduksjon i plussgrader. Fordelen med snøtunell framfor snølager er kanskje at det kan vera lettare å få inn inntekter.

8. Referanseliste

- Altinn. (2018, 06 05). *Avskriving*. Hentet fra <https://www.altinn.no/starte-og-drive/regnskap-og-revisjon/regnskap/avskrivning/>
- Auganæs, S. (2019, 03 11). Snølagring. (M. Bergtun, Intervjuer)
- Avinor. (u.d.). *Miljøvennlige valg*. Hentet fra <https://avinor.no/konsern/flyplass/oslo/utbygging/miljøvennlige-valg/>
- Bøhren, Ø., & Gjærum, P. I. (2016). *Finans: inføring i investering og finansiering*. Fagbokforlaget.
- Ellingsen, T. (2017). Snølagring under flis den billigste forsikringen! Hentet fra <https://docplayer.me/28170604-Snolagring-under-flis-den-billigste-forsikringen.html>.
- Fauve, M., Rhyner, H., & Schneebeli, M. (2002). *Pistenparaparation und Pistenpflege das*. Birmensdorf Eidgenossische Forschungsanst.
- Gardemoen, O. I. (Regissør). (2016). *Utlegg av flis på snølager* [Film].
- G.Aspnes, M., Elset, D. F., Huso, L., Schwencke, F., & Særen, M. (2018). *Snølagring*. Hentet fra <https://www.godeidrettsanlegg.no/system/files/sites/default/files/Publikasjoner/Andre-rapporter/EIT%20Snølagring.pdf>: Gode idrettsanlegg.
- Geosyntia. (u.d.). Coverice. Hentet fra <https://geosyntia.no/coverice/>
- Godø, Ø. (2018, 11 23). *Ulvang slår alarm: Snøkrisa kan gi drastiske endringer*. Hentet fra Dagbladet: <https://www.dagbladet.no/sport/ulvang-slar-alarm-snokrisa-kan-gi-drastiske-endringer/70467026>
- Gode idrettsanlegg. (2019, 03 21). *Resultat fra målinger av snølageret i Granåsen*. Hentet fra <https://www.godeidrettsanlegg.no/aktuelt/resultater-fra-målinger-av-snølageret-i-granåsen>
- Grünewald, T., Wolfsperger, F., & Lehning, M. (2018). Snow Farming: conserving snow over the summer season. *The Cryosphere*.
- Hansvik, E. F. (2018, 05 24). *Deler ut 6,2 millioner euro til det svensk-norske samarbeidet*. Hentet fra Interreg.no: <https://interreg.no/2018/05/deler-62-millioner-euro-svensk-norske-samarbeidet/>
- Hoff, K. G. (2010). *Driftsregnskap og budsjettering* (5.utg.). Universitetsforlaget.
- Holmestrand skitunell. (2016). *Holmestrand skitunnel Mulighetsstudie*. Hentet fra <https://www.holmestrandskitunnel.no/wp-content/uploads/2015/11/Mulighetsstudie-Holmestrand-skitunnel-09.09.2016.pdf>: Holmestrand skitunell.
- Holmestrand skitunell. (u.d.). *Snøproduksjon*. Hentet fra <https://www.holmestrandskitunnel.no/holmestrandtunnelen/snoproduksjon/>
- Jørgensen, H. J. (2018, 06 04). *Snøkanon*. Hentet fra Store norske leksikon: <https://snl.no/snøkanon>
- Johannessen, A., Christoffersen, L., & Tufte, P. A. (2011). *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag* (3.utg.). Abstrakt forlag.

- Kulturdepartementet. (2014, 04). *Snøproduksjon og snøpreparerering*. Hentet fra https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kud/idrett/publikasjoner/v-0965_kud_veileder_snoproduksjon_og_snopreparerering_2014.pdf: Kulturdepartementet. Hentet fra https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/kud/idrett/publikasjoner/v-0965_kud_veileder_snoproduksjon_og_snopreparerering_2014.pdf
- Lintsen, N., & Knutsson, S. (2018). *Snow storage - Modelling, theory and some new research*. Luleå University of Technology.
- Norges skiforbund. (2018, 12 11). *Mer klimavennlig snøproduksjon*. Hentet fra Langrenn.com: <https://www.langrenn.com/mer-klimavennlig-snoeproduksjon.6173732-1743.html>
- Peak Innovation; NTNU SIAT. (2017). *Sluttraport for snøprosjektet "Bærekraftig snøhåndtering"*. Hentet fra <https://www.godeidrettsanlegg.no/aktuelt/sluttrapport-fra-snøprosjektet-bærekraftig-snøhåndtering>: Gode idrettsanlegg.
- Sivle, A. D. (2017). *Våttemperatur*. Store norske leksikon. Hentet fra <https://snl.no/våttemperatur>:
- Skiforbundet. (u.d.). *Viftekanoner*. Hentet fra <https://www.skiforbundet.no/fagportal/anleggsweb/sno/snøproduksjon/snokanonersnoanlegg/viftekanoner/>
- Skrautvol, O. E. (2018, 12 28). *Bekymringsfull penebruk i Lillehammer kommune*. Hentet fra GD: <https://www.gd.no/debatt/leserinnlegg/lillehammer/bekymringsfull-pengebruk-i-lillehammer-kommune/o/5-18-812801>
- Solberg, C. (2015, 11 22). *Endelig er vi i gang med snøproduksjon*. Hentet fra SIL: <https://web.spoortz.no/portal/theme/organization/news/show.do?id=9338317>
- Steffens, T. H. (2019, 02 07). -En helt nødvendig og ønsket prosess. *Lillehammer byAvis*, s. 6.
- Strande, M. (2013, 05 01). *Denne snøen skal brukes neste vinter*. Hentet fra Teknisk ukeblad: <https://www.tu.no/artikler/denne-snoen-skal-brukes-neste-vinter/232628>
- Stull, R. (2011). *Wet-bulb Temperature from Relative Humidity and Air Temperature*. Hentet fra <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/JAMC-D-11-0143.1?fbclid=IwAR03vzOutfevvK26WeIbHWI2jXM7aBoZNESO1TJGvM5yDvADbTiKxy6qlnk&> University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada.
- Talle, O. (2007). *Veileder skianlegg*. <https://www.godeidrettsanlegg.no/verktoy/langrenn#title12>: Norges skiforbund.
- Vagle, B. H. (2016, 09 24). Hentet fra Skiforbundet: https://www.skiforbundet.no/globalassets/06-krets---medier/nord-trondelag/anlegg/presentasjon-steinkjer_siat_ntnu.pdf
- Ødegård, R. S. (2014). *Optimalisering av snølagring om sommeren i et subaplint klima i Sør-Norge*. Regionale forskningsfon Innlandet/Høgskolen i Gjøvik.

9. Vedlegg

9.1 Spørreskjema

Spørreundersøkelse:

Snølagring

1. Hvor mye snø lagret dere i fjor?

Svar:

2. Hvor mange prosent mistet der i løpet av sommeren? Hva volum satt dere igjen med til slutt?

Svar:

3. Hvor mange dager, dato fra start til slutt, hadde dere med lagring?

Svar:

4. Hva var totalkostnaden for snølageret?

Snøproduksjon

1. Hvor mange arbeidstimer brukte dere på å produsere lageret?

Svar:

2. Hvor mye av arbeidstiden går direkte til snøproduksjon?

Svar:

3. Hva er timelønnen for en arbeider?

Svar:

4. Hvor mange snøkaoner bruker dere til å produsere lageret og hva koster de?

Svar:

5. Har dere kostnader til vedlikehold av kanonene?

Svar:

6. Hvor mange timer ble brukt til å produsere lageret?

Svar:

7. Hvor mange kWt bruker snøkanonene dere bruker?

Svar:

8. Har dere noen kostnader som er stedsspesifikke?

Svar:

9. Betaler dere effektavgift for effektopper? Evt hvor mye?

Svar:

Dekkemateriale

1. Hvilket dekkemateriale bruker dere?

Svar:

2. Hvor stor mengde dekkematerial kjøpte dere inn?

Svar:

3. Hvor mange lag eller tykkelse hadde dere med dekkemateriale?

Svar:

4. Kostnader for dekkematerialet totalt?

Svar:

5. Hvor mange år med gjenbruk av dekkematerialet?

Svar:**Pålegging og avdekking**

1. Hvor mye kostnader har dere med å forme haugen/komprimere før dere legger på dekkemateriale?

Svar:

2. Hvor mye kostnader har dere med å dekke til haugen?

Svar:

3. hvor mye kostnader har dere med å ta av haugen?

Svar:**Øvrige kostnader**

1. Har dere kostnader for leie av plass til lageret?

Svar:

2. har dere noen andre kostnader som dere mener er relevant å ta med?

Svar: