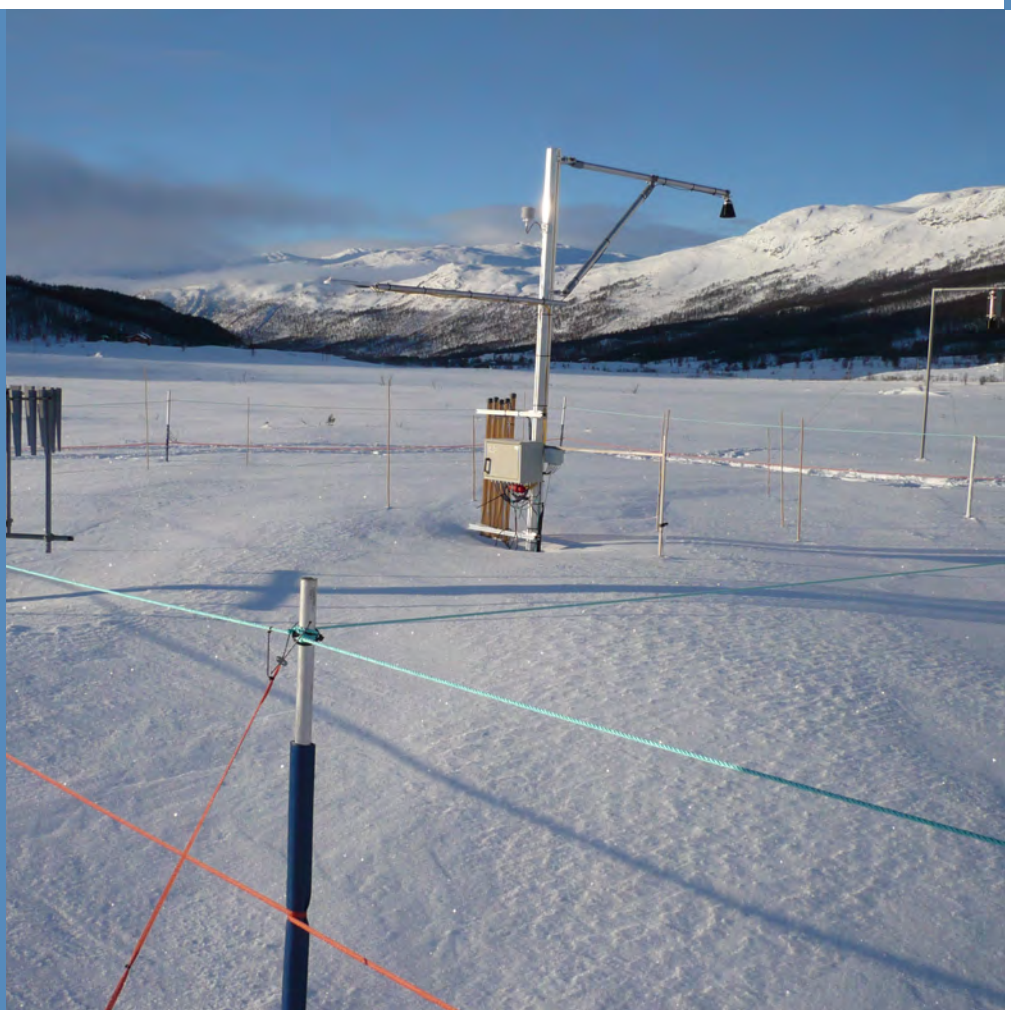
Filefjell forskningsstasjon

Evaluering av måledata for snø, sesongene 2009/2010 og 2010/2011

Heidi Bache Stranden & Heidi A. Grønsten

23
2011

RAPPORT



Filefjell snøforskningsstasjon

Evaluering av måledata for snø for sesongene 2009/2010 og 2010/2011

Norges vassdrags- og energidirektorat
2011

Rapport nr 23/2011

Filefjell snøforskningsstasjon. Evaluering av måledata for snø for sesongene 2009/2010 og 2010/211

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfattere: Heidi Bache Stranden og Heidi A. Grønsten

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag:

Forsidefoto: Alle foto som ikke er merket med fotografen sitt navn er tatt av NVE.

ISBN 978-82-410-0769-9

Sammendrag: I løpet av sesongene 2009/2010 og 2010/2011 er et stort antall snø- og klimaparametere målt på Filefjell. I denne rapporten ser vi nærmere på flere av måleresultatene, blant annet alle de ulike måtene å måle snøens vannekvivalent på.

Emneord: Snø, snøens vannekvivalent, Filefjell snøforskningsstasjon, Kyrkjestølane, målemetoder, gammastråling, senorge.no, snøvekt, romlig smeltefordeling

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Oktober 2011

Innhold

Forord **1**

Sammendrag **2**

1 Innledning **3**

1.1 Bakgrunn 3

2 Filefjell snøforskningsstasjon **4**

2.1 Lokalisering og klima 4
2.2 Nærliggende målestasjoner 6
2.3 Instrumentering 6
2.4 Instrumentering - snø 8
2.4.1 Rund snøpute (NVE1997) 10
2.4.2 Firkantet snøpute (NVE2010) 10
2.4.3 Stor snøvekt (Møen2525) 10
2.4.4 Liten snøvekt (Sommer SGG) 11
2.4.5 Gammasensor (GMON3) 12
2.4.6 Snødybdesensor 12
2.4.7 Snøtemperatur 12
2.4.8 Manuelle snømålinger 13
2.4.9 Snøstrekk 13

3 Måleresultater **15**

3.1 Nedbør og lufttemperatur 15
3.2 Stråling og albedo 16
3.3 Snøens vannekvivalent (SWE) 18
3.3.1 Sesongen 2009/2010 18
3.3.2 Sesongen 2010/2011 20
3.4 Snødyp 21
3.4.1 Sesongen 2009/2010 21
3.4.2 Sesongen 2010/2011 21
3.5 Kontrollmålinger 23
3.5.1 Snødyp 23
3.5.2 Tetthetsmålinger 23
3.6 Bambus - snøfordeling langs et 450 m strekk 25
3.6.1 Utviklingen gjennom sesongene 25
3.6.2 Romlig smeltefordeling 27
3.7 Temperaturutvikling i snøpakken 28
3.8 Webkamerabilder 31
3.9 Sammenlikning med seNorge.no 31
3.9.1 Nedbør og temperatur 31
3.9.2 SWE og snødyp 32

4 Diskusjon **36**

5 Konklusjon og oppsummering **40**

6 Videre arbeid **41**

Referanser **42**
Vedlegg **44**
Vedlegg A **45**
Vind og nedbørforhold ved Filefjell - Kyrkjestølane 45
Vedlegg B **46**
Webkamerabilder – våren 2010 46
Vedlegg C **48**
Webkamerabilder – våren 2011 48
Vedlegg D **50**
Vedlegg E **57**
Vedlegg F **63**

Forord

Som en del av det interne FoU prosjektet *"Gode snødata"* og det interne FoU-prosjektet: *"Testing og evaluering av nye metoder for måling av snøens vannekvivalent (SWE)"* ble stasjonen på Filefjell oppgradert fra å være en helt ordinær snøputestasjon til å bli et forskningsfelt for ulike snøparametere. Feltet ble blant annet instrumentert opp med ulike snøputer, snøvekter, strålingssensorer, bakke- og snøtemperturmålere og et felt for måling av smelteintensitet i småkala. I tillegg har Meteorologisk institutt satt opp en automatisk værstasjon i umiddelbar nærhet av forskningsfeltet.

Forskningsfeltet har nå vært i drift i to sesonger, og i denne rapporten er erfaringene fra de to sesongene beskrevet. Mengden data fra forskningsfeltet er imidlertid stor, og vil være gjenstand for flere studier i fremtiden. Alle NVEs data fra forskningsstasjonen er offentlige.

Takk til Elise Trondsen, Thomas Skaugen, Tuomo Saloranta og Ragnar Ekker for innspill, tilbakemeldinger og kvalitetskontroll av denne rapporten. Takk også til alle de på hydrologisk avdeling som har vært med og utført feltarbeid på stasjonen sesongene 2009/2010 og 2010/2011.

Oslo, oktober 2011

Morten Johnsrud
avdelingsdirektør

Rune Engeset
seksjonssjef

Sammendrag

I denne rapporten beskrives erfaringene og resultatene fra to års drift av forskningsfeltet på Filefjell. I 2009 ble stasjonen på Filefjell oppgradert fra å være en helt ordinær snøputestasjon til å bli et forskningsfelt for snø. Rapporten bygger på den evalueringen og beskrivelsen av stasjonen som er gjort i ”Evaluering av NVE sitt snøstasjonsnettverk”, Ree m.fl. (2011), men omtaler også parametre som ikke ble omtalt nevneverdig i Ree m.fl. (2011).

I løpet av de to sesongene er det den egenproduserte snøvekten, Møen2525, som har vist seg å gi mest troverdige resultater når det gjelder automatiske målinger av snøens vannekvivalent (SWE). Flere av de andre installasjonene virker også lovende, men for å kunne trekke klarere konklusjoner om blant annet installasjonenes størrelse og form behøves flere år med data. Det hadde også vært ønskelig med flere år med resultater fra gammastrålingsmåleren, siden snøfordelingen i området ble påvirket av instrumenthyttas plassering sesongen 2010/2011.

Sammenliknet med snøkartene i seNorge viser snøkartene mer snø enn det som måles både manuelt og automatisk på forskningsfeltet.

Den store og brede mengden med meteorologiske data, inkludert strålingsdata, gjør stasjonen velegnet for energibalansemodellering. Det er ikke utført modellering av energibalanse i forbindelse med denne rapporten, men en studie av feltets energibalanse, særlig rettet mot modellering av snøskred er en del av det interne FoU-prosjektet ” *Utprøving av metodikk til hjelp for fastsetting av snøskredfaregrad og forbedring av senorge.no*” (2010-2012).

Den romlige fordelingen av snøsmelting langs et strekk viste seg å være mindre skjev desto kraftigere snøsmeltingen var. Arbeidet med måling av romlig smeltefordeling var en del av det interne FoU-prosjektet ”*Satellite-observed SCA and Gamma-distributed snow in the HBV-model*”.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I løpet av de to siste årene har stasjonen på Filefjell (73.11 Kyrkjestølane) blitt kraftig oppgradert til å bli en snøforskningsstasjon med automatisk registrering av mange snøparameter. Tidligere ble det kun målt verdi for snøens vannekvivalent (SWE, med en snøpute) i tilegg til snødybde, grunnvannsnivå, vind, lufttemperatur og nedbør ved stasjonen. Fra høsten 2010 er det nå totalt 99 automatisk registrerte måleparametre. I tillegg til å prøve ut ulike målemetoder for SWE, ønsket vi også kunne måle på småskalavariabilitet i vannekvivalent og å bruke data fra stasjonen til validering av snømodeller.

Oppgraderingen av stasjonen var en del av prosjektet ”*Gode Snødata*”, og det videre forskningsarbeidet med stasjonene er en del av prosjektet ”*Testing og evaluering av nye metoder for måling av snøens vannekvivalent (SWE)”* som begge er interne FoU-prosjekt. Prosjektet ”*Gode snødata*” (2008-2010) har hatt som mål å gi NVE snødata av høy faglig kvalitet for klimastudier, modellering, overvåking, forskning, flomvarsling og ressursovervåking, mens prosjektet ”*Testing og evaluering av nye målemetoder av snøens vannekvivalent (SWE)”* (2011-2013) har som mål å kartlegge og teste nytteverdi, samt kvalitet, av nye metoder og instrumenter for kontinuerlige og manuelle målinger av SWE.

I og med at det på Filefjell er utplassert flere ulike måleinstrumenter for måling av snø, er stedet utmerket for å gjøre ulike sammenlikningsstudier. Spørsmål som det søkes svar på i denne studiene er:

- Hvilken sammenheng er det mellom målt temperatur, nedbør, vannføring, stråling og SWE?
- Hvilken betydning har snøputenes størrelse?
- Hvilken betydning har snøputenes form?
- I Ree m. fl. (2010) er det påvist at puter med etanol/vann oppfører seg annerledes enn puter med glykol/vann. Hvordan fungerer dette i praksis?
- Hvordan fungerer snøvekten i forhold til snøputene?
- Hvordan fungerer gammasensor i forhold til snøvektene og i forhold til snøputene?
- Hvilken automatisk målemetode ser ut til å gjengi snøsituasjonen best?
- Hvordan stemmer de manuelle målingene av snødyp og vannekvivalent med de automatiske målingene?
- Hvordan fordeler snøsmeltingen seg i lokal skala?
- Hvordan er den romlige fordelingen av smelting og hvordan kan dette modelleres i hydrologiske modeller?
- Hvordan endres temperaturen i snøpakken gjennom vinteren?
- Hvordan påvirker de ulike instrumentene snøtemperaturen?
- Hvordan stemmer de modellerte snøkartene (seNorge.no) med det som er observert?

I rapporten er det brukt rådata, men åpenbare feilregistreringer er fjernet i analysen. Årsaken til at rådata er benyttet er at det for de fleste parametrene ikke foreligger kvalitetskontrollerte data. I rapporten har vi også valgt å konsentrere oss om døgndata der ikke annet er presisert.

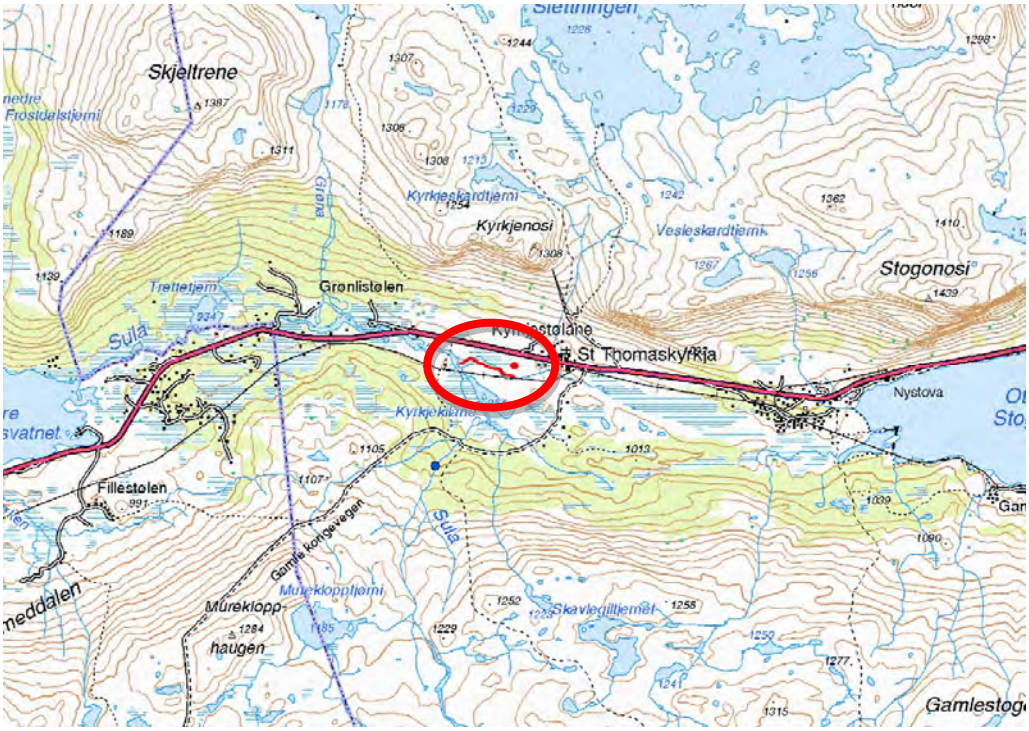
2 Filefjell snøforskningsstasjon

2.1 Lokalisering og klima

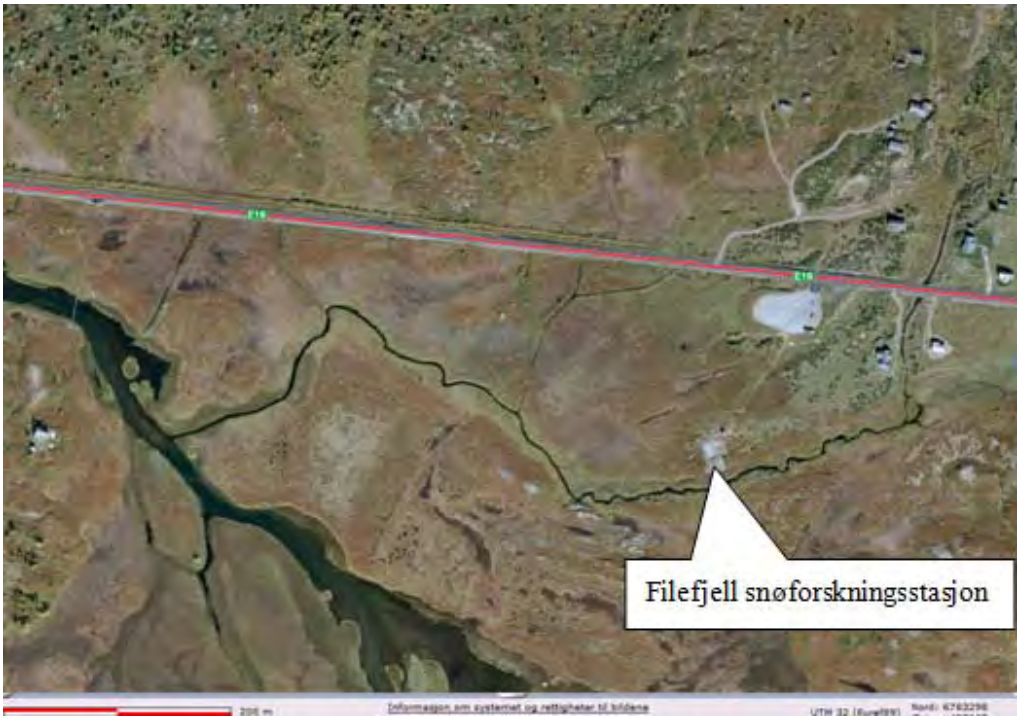
Filefjell snøforskningsstasjon (73.11 Kyrkjestølane) ligger i Vang kommune i Oppland. Stasjonen er lokalisert 160 m sør for E16 over Filefjell mot Lærdal og ligger på ca. 955 moh. (se hhv. figur 2.1, og figur 2.2). Beliggenheten til forskningsstasjonen er sentral, og kan nås enkelt både fra NVEs hovedkontor i Oslo og regionkontoret i Førde. E16 er stort sett åpen for trafikk igjennom vinteren, slik at besøk ved stasjonen ikke hindres av stengte fjelloverganger.

Området rundt stasjonen er preget av lav buskvegetasjon, lyng og myr. En sidebekk til Sula drenerer feltet vestover. Det er relativt flatt umiddelbart rundt stasjonen, men på begge sider av dalen er det kort avstand opp til høyfjell på 1300-1500 moh.

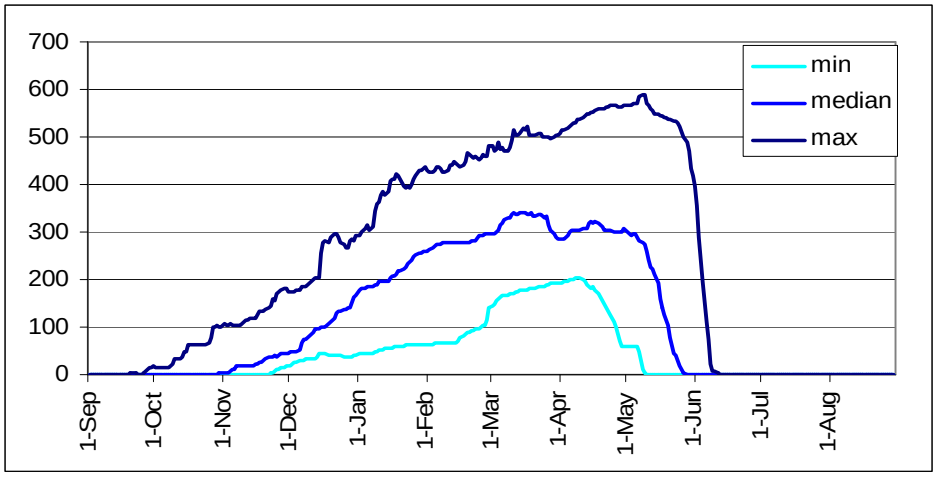
Dominerende vindretningen er i all hovedsak fra vest og øst, ettersom dalføret går øst-vest (se data fra met.no sin målestasjon på Filefjell, se figur A.1 i vedlegg A). Mesteparten av snøen kommer med vestavær, en indikasjon på dette er tydelig ved å se på korrelasjonen mellom observert nedbør i vinter sesongen på Voss (som representativ stasjon for vestavær) og målt snømengde på Filefjell som er betydelig høyere enn sammenhengen mellom målt nedbør i Oslo (som representativ stasjon for østavær) og snømengde på Filefjell (se tabell A.1 i vedlegg A).



Figur 2.1: Kart over området rundt Filefjell snøforskningsstasjon (markert med rød sirkel). Bambuspinnene og selve snøforskningsstasjonen (snøputer m.m.) er markert med røde punkt. Målestokk: 1: 10 000.



Figur 2. 2: Flybilde over området. E16 ses som den røde streken. Avstanden mellom E16 og forskningsstasjonen er ca. 160 m. Kilde: www.norgeibilder.no



Figur 2. 3 Målte verdier for maksimum, median og minimum snøekvivalent (SWE) ved stasjon 73.11 Kyrkjestølane i perioden 1967-2007 (målt med rund snøpute, type NVE 1997).

Vintersesongen strekker seg vanligvis fra slutten av oktober til medio mai og det er i gjennomsnitt 320 mm snø (SWE) ved maksimum/kulminasjon (målt med standard snøpute (NVE1997) i perioden 1967-2007, se figur 2.3).

På Filefjell er det en lang tradisjon for snøforsking - allerede i 1967 ble den første snøputen satt ut. Under den internasjonale hydrologiske dekaden (1965-1974) ble Filefjell valgt ut som ett av tre representative områder i Norge. I perioden 1967-1974 var det et omfattende måleprogram ved forskningsfeltet for validering av vannbalanseberegninger (Furemyr og Tollan, 1975).

2.2 Nærliggende målestasjoner

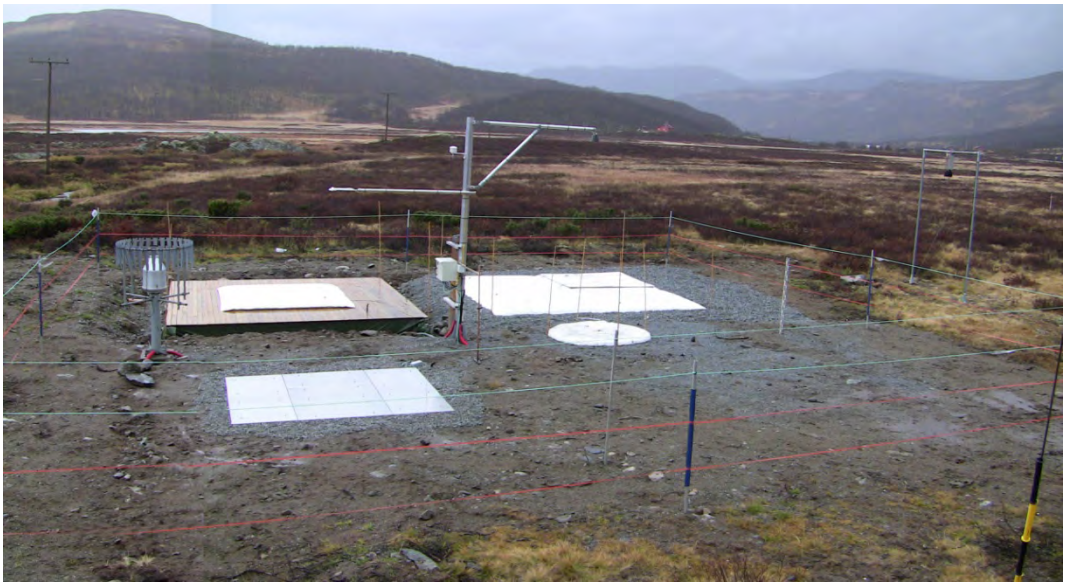
Høsten 2010 etablerte Meteorologisk Institutt (met.no) en ny klimastasjon i umiddelbar nærhet av snøforskningsfeltet (ca. 8 m øst for forskningsfeltet). Tidligere har Meteorologisk Institutts stasjon 54600 Maristova (800 m o.h.) vært nærmeste meteorologiske stasjon (~9 km sørvest for forskningsfeltet). På Meteorologisk Institutts stasjon 54710 (WMO nr 01364) Filefjell - Kyrkjestølane måles per 2011: lufttrykk, nedbør, snødybde, lufttemperatur, og ulike vindparametere. Meteorologisk Institutt har tidligere hatt en stasjon på Filefjell – Kyrkjestølane, i perioden 1967-1974. Ved denne ble kun nedbør og snødybde målt manuelt.

NVE har en vannføringsstasjon i Sula (73.24 Sula), ca. 1,0 km sør/sørvest for snøforskningsstasjonen. Denne har vært i drift siden 1967, og har siden 2007 også målt lufttemperatur.

2.3 Instrumentering

Fra forskningsstasjonen ble etablert i 2009, har stasjonen inkludert utstyr for måling av nedbør, temperatur, stråling, vind, grunnvannsnivå, markvannsinnhold, luftfuktighet, jord- og snøtemperatur samt ulike snøparametere. En oversikt over hva som måles (parameter) og hvilke nummer de har i Hydra 2 er presentert i tabell 2.1. Parametrene er også beskrevet nedenfor (delvis hentet fra Ree m. fl.(2010)) og i avsnitt 2.4.

En oversikt over forskingsstasjonen er vist i figur 2.4.



Figur 2.4.: Oversikt over stasjonen.

- **Lufttemperatur og relativ luftfuktighet**. Sensoren er plassert på masten ca 3,3m over bakken (figur 2.4). Målinger av relativ luftfuktighet er ikke analysert videre i denne rapporten. Relativ luftfuktighet og temperatur måles også ved met.no sin målestasjon.

- **Stråling.** Måles på to steder: på masten inne på feltet (2,7 m over bakken, alle strålingskomponenter) og på taket på hytta (4,3 m over bakken, kun kortbølget

stråling). Merk at pyranometeret for langbølget stråling trenger mye strøm for å kunne smelte av snø som legger seg oppå kuppelen som beskytter sensoren. Strålingsdata temperaturkorrigeres i sensoren ved hjelp av sensorens innebygde termometer (parameter 9153, versjon 7, instrumenttemperatur CM4). Figur 2.5 viser sensoren som er festet til masten på feltet. Videre i rapporten er strålingsdata sett i sammenheng med snødata.

Figur 2.5: Kipp & Zonen strålingssensor festet til masten på Filefjell snøforskningsstasjon.

Figur 2.6: Måling av vind og kortbølget stråling, samt webkamera (ny plassering fra høsten 2011)

- **Vindhastighet- og retning:** Vindmåleren står på hyttetaket, 4,5 m over bakken (figur 2.6). Vind måles også i 2 og 10 m høyde ved met.no sin målestasjon. Vinddata er ikke behandlet i denne rapporten.

- **Nedbør:** Nedbør måles i en Geonor nedbørmåler. Fra sesongen 2010/2011 deles denne med met.no, men NVE og met.no har hver sin sensor i bøtten. For at døgnverdiene til met.no og NVE skal samsvare er det viktig at samme nedbørdøgn (kl 07-07) benyttes. Videre i rapporten er derfor døgnnedbør beregnet for døgnet 07-07.

- **Webkamera:** Til stasjonen er det også tilknyttet et webkamera. Bilder fra stasjonens webkamera er benyttet for verifisering av dato for fullt snødekke og dato for snøfritt felt. Bilder fra webkameraet benyttes også gjennom sesongen til visuell statusoppdatering av feltet. Plasseringen av webkameraet og kvaliteten til bildene varierer fra de ulike sesongene.

For dokumentasjon av grunn- og markvannsundersøkelsene, se Glad og Colleuille (2010). For dokumentasjon av snøparametrene, se avsnitt 2.4.

Tabell 2.1: Målinger på Filefjell snøforskningsstasjon. Parameternr referer til parameternummeret i Hydra 2 (etterfølger 73.11.0.), mens versjoner viser hvilke versjonsnummer de ulike parametrene innehar.

Parameternr	Parameter	Versjoner
2	Relativ luftfuktighet	1
6	Innk. Kortbølget stråling[1]	1
7	Netto stråling[2]	*1*
8	Kortbølget stråling[3]	1,2
9	Langbølget stråling[3]	1,2
14	Vindretning	1
15	Vindhastighet	1
17	Lufttemperatur	1
2000	Grunnvannsnivå	1
2002	Snødybde	1
2003	Snøens vannekvivalent	*0*, 2,3,4,5,6,*7*,8,9
2006	Jordtemperatur	1
2015	Grunnvanntemperatur	1
9153	Generell parameter[4]	1-9, 20 - 33
9301	Nedbør	1

[1] Sensor på instrumenthytta

[2] Netto stråling beregnet ut fra inn- og utgående kort- og langbølget stråling

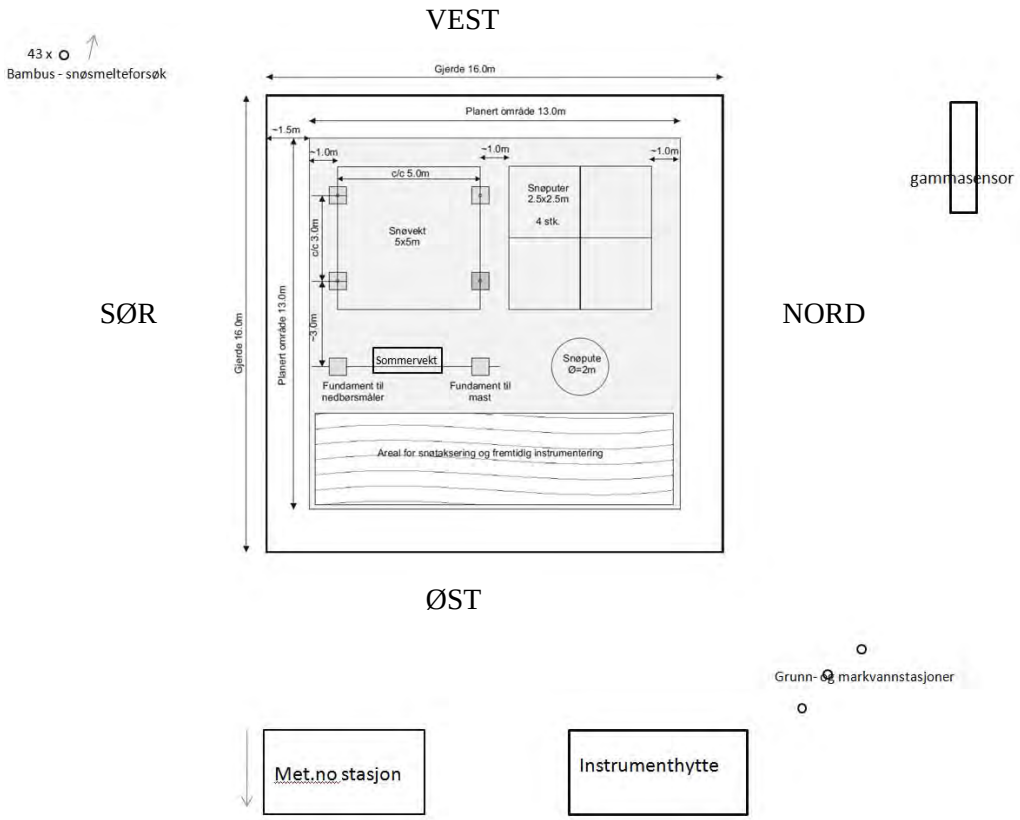
[3] Sensor festet til masten på feltet

Kursiv – beregnede serier

[4] Generell parameter, består blant annet av ulike mål på snøtemperatur, rådata fra snøvekten, instrumenttemperatur (strålingssensor), data fra gammasensoren (ulike isotoper).

2.4 Instrumentering - snø

Før sesongen 2009/2010 ble stasjonen betydelig oppinstrumentert med hensyn på måling av snøens vannekvivalent (SWE), og før sesongen 2010/2011 ble det installert ytterligere noen instrumenter. Fra før hadde stasjonen en tradisjonell rund snøpute (type NVE1997) og en snødybdesensor (ultralyd). En oversikt over de ulike automatiske snømåle-instrumentene sesongen 2009/2010 og 2010/2011 er vist i tabell 2.2. Plasseringen til de ulike instrumentene er vist i en forenklet planskisse i figur 2.7.



Figur 2.7. Planskisse over måleoppsettet fra høsten 2010 (de faktiske målene kan avvike noe, instrumenthytta er flyttet høsten 2011).

Tabell 2.2. Oversikt over de ulike snømåleinstrumentene samt måleparameter i Hydra 2 på Filefjell snøforskningsstasjon, per oktober 2010. Målestart er gitt i måned og årstall.

Instrument	Parameter	Måle-areal	Utforming/type	Målestart	Hydra 2 (73.11.0.)
NVE1997-snøpute	SWE (m)	**3,14 m^2**	Rund, væskefylt PVC pute, diameter 2 m	9.2009	2003.2
NVE2010-snøpute	SWE (m)	**6,25 m^2**	Kvadratisk, væskefylt PVC-pute, 2,5 m x 2,5 m	9.2009 9.2010	2003.3-6, 2003.9
Møen2525-snøvekt	SWE (m)	**25 m^2**	Kvadratisk vekt i tre, 5 m x 5 m	9.2009	2003.7
Sommer-snøvekt	SWE (m)	**1,1 m^2** (*6,7 m^2)	Syv aluminiumsplater, Sommer SGG	10.2010	2003.8
Gamma-sensor	SWE (mm)	**~100 m^2**	Gammasensor på stativ ca. 4 m over bakken, GMON3	10.2010	9153.25
Snødybde-sensor	snødyp (m)	**~0,80 m^2**	Ultralydsensor ca. 2 m over rund snøpute	3.2005	2002.1

*Effektivt snøareal, dvs. totalarealet til aluminiumsplatene

2.4.1 Rund snøpute (NVE1997)

Dette er en rund snøpute med et måleareal på 3,14 m^2 (diameter 2 m, h= 5 cm) av den typen som ble utplassert av NVE i perioden 1997-2009 (kalt NVE1997). Puten er laget av polyesterduk med hvitt PVC-belegg, med en frostvæske bestående av 50 % vann og 50 % etanol. Puten ligger på bakken, slik at overflaten på puten ligger 5 cm over det omkringliggende terrenget. Årsaken til at puten ikke er gravd i flukt med terrenget er for å minimere risikoen for islag over puten. Dette er imidlertid et tema som ikke er undersøkt full ut, og standard NVE prosedyre er per 2010 å legge putene *i* flukt med terrenget rundt. En mer detaljert beskrivelse av putetypen er gitt i Ree m. fl. (2011), og Sundøen (1997). I Hydra 2 har denne puten versjonsnummer 2 (se figur 2.8). Puten er videre i rapporten betegnet ”rund pute”, og vist i figur 2.9

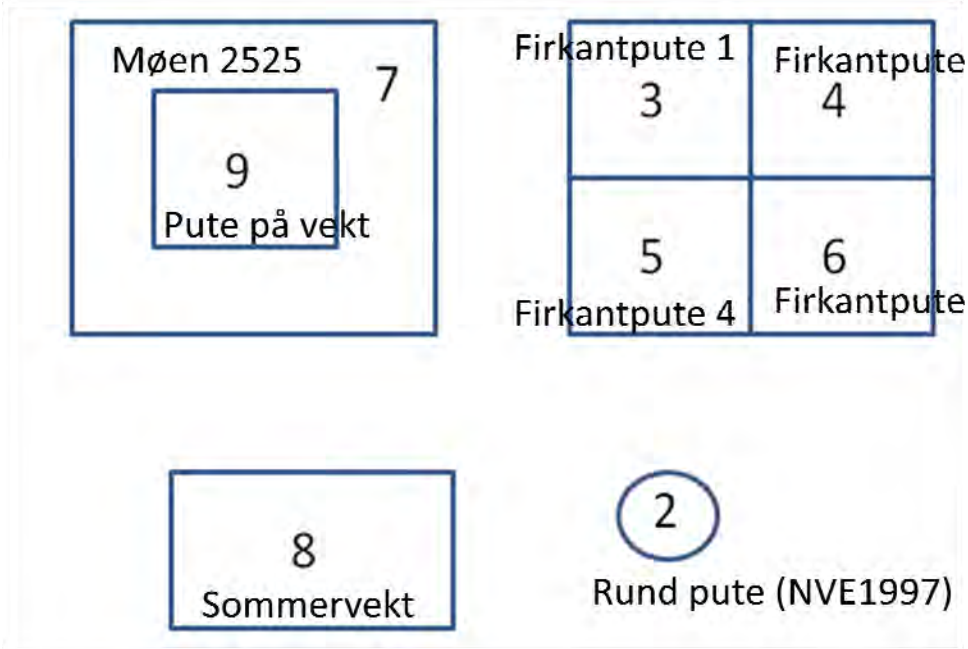
2.4.2 Firkantet snøpute (NVE2010)

En kvadratisk snøpute med måleareal 6,25 m^2 (2,5 m x 2,5 m, h= 10 cm) som er ny putestandard for NVE fra høsten 2010 (kalt NVE2010). Puten er laget av tilsvarende materiale som puter av typen NVE1997. Den er fylt med en frostvæske bestående av 70 % vann og 30 % glykol-blanding. En mer detaljert beskrivelse av putetypen er gitt i Ree m. fl. (2011).

På Filefjell snøforskningsstasjon er det utplassert fem slike puter. Fire av putene er samlokalisert, og danner til sammen en flate som omtrent tilsvarer arealet av den store snøvekten, Møen2525. Videre i notatet vil de ulike firkantputene benevnes firkantpute1 (versjonsnummer 3), firkantpute2 (versjonsnummer 4), firkantpute3 (versjonsnummer 5), firkantpute4 (versjonsnummer 6) og pute på vekt (versjonsnummer 9), hvor versjonsnumrene og plassering også er vist i figur 2.8. Firkantpute2 har i tillegg fra sesongen 2009/2010 fått et lokk av malt, vannfast finer. Dette for å undersøke hvorvidt et lokk kan hindre trykkavlastning helt gjennom puta (problemet er blant annet beskrevet i Ree m.fl. (2011) vedlegg K) og for å teste om det er noen problemer forbundet med å ha en slik plate på en PVC-pute. I Hydra 2 finnes også en midlere serie for firkantpute 1-4; versjon 0. I likhet med rund pute ligger firkantputene 1-4 på bakken, slik at overflaten på puten ligger noe høyere enn terrenget rundt. Putene, slik firkantpute1-4 ligger på Filefjell, er vist i figur 2.10. Firkantputen med versjonsnummer 9 er lokalisert på Møen2525 og formålet med denne er å undersøke hva effekten av måleareal er under tilsvarende drenerings-, temperatur og luftforhold som for vekten.

2.4.3 Stor snøvekt (Møen2525)

Dette er en spesialdesignet, egenprodusert, kvadratisk snøvekt på 25 m^2 (5 m x 5 m) designet av Knut Møen, HI, NVE (kmm@nve.no). Vekten har limtrebæring med en platting av terrassebord, montert på fire veieceller. Den er dimensjonert for en snømengde på inntil 1000 mm SWE. De fire veiecellene står plant på hvert sitt betongfundament (figur 2.11). Da vekten ble satt ut i 2009 var den antageligvis den første av denne type snøvekt i Norge. Høsten 2011 er tilsvarende instrument satt ut på NVEs stasjon 77.24 Anestølen i Sogn. Videre i analysen er Møen2525 brukt som betegnelse på denne installasjonen.



Figur 2.8: Skjematisk oversikt over vannekvivalent installasjonene på Filefjell (fra Ree m.fl., 2011). Numrene refererer til versjonsnummer i Hydra 2. Versjon 1 er gammel snøpute som ikke eksisterer lenger.

Figur 2.9: Rund pute, fylt med etanol.

Figur 2.10: Firkantputer fylt med glykol. Firkantpute4 har et lokk av finer.

2.4.4 Liten snøvekt (Sommer SGG)

Dette er en relativt liten snøvekt basert på veieceller levert av Sommer Mess-Systemtechnik (www.sommer.at). Vekten består av syv aluminiumsplater (à 0,8 m x 1,4 m) satt sammen til en flate på 2,8 m x 2,4 m. Det er bare den midterste platen som måler SWE, og derfor er arealet oppgitt som 6,7 m^2 totalt og 1,1m^2 som effektivt måleareal. Platene rundt den midterste platen fungerer som en buffer for å minimalisere trykkforskjellene og eventuell snøbrodannelse. Platene er 6 cm tykke og perforerte for å kunne slippe gjennom smeltevann. Produsenten mener derfor at de termiske forskjellene mellom sensoren og platene omkring er mindre enn dersom platene ikke hadde vært perforert. Videre i rapporten er denne installasjonen betegnet Sommer-vekt (evt. kun Sommer).

Figur 2.11. 1 av 4 veieceller under Møen2525.

Figur 2.12: Gammasensor.

2.4.5 Gammasensor (GMON3)

Sensoren GMON3 måler naturlig emittert gammastråling fra bakken (bakgrunnsstråling) fra de naturlig radioaktive isotopene kalium-40 (40K), og thallium-208 (208TI). Desto mer snø, og større vanninnhold i snøpakken, desto større demping av gammastrålingen fra bakken. Målearealet er relativt stort, og på Filefjell, hvor sensoren sto 3,29 m over bakken, ble snømengden (SWE) målt i et område tilsvarende 50-100 m^2. Instrumentet kan kun benyttes i områder som har en tilstrekkelig mengde gammastråling fra bakken, og området på Filefjell ble testmålt i forkant av montering. Bakgrunnstrålingen på Filefjell er høy. Målingen skal være upåvirket av både værforhold og eventuelle islag i snøpakken (www.campbellsci.ca). Både SWE basert på dempningen av 40K, 208TI og en kombinasjon av disse er registrert i Hydra 2. Videre i rapporten er SWE basert på dempingen av 208TI benyttet, da denne er oppgitt fra produsenten å gi best resultater (Campbell, 2011). Etter vinteren 2010/2011 ble gammasensoren tatt ned og flyttet til NVEs stasjon på Anestølen. Bilde av sensoren er vist i figur 2.12 og videre i rapporten er tidvis ”gamma” brukt som betegnelse på denne.

2.4.6 Snødybdesensor

Snødybden måles automatisk med en ultralydsensor (Campbell SR50A, www.campbellsci.com/sr50a). Instrumentet er montert på en mast ca. 3,8 m over bakken, rett over den runde snøputen. Instrumentet måler avstanden til snøoverflaten ved å sende ut en ultralydpuls for deretter å registrere tiden det tar før ekkosignalet når instrumentet. Sensoren gir en gjennomsnittlig snødybde for en sirkel med diameter på ca. 1 m (ca. 15 grader ut i fra loddlinjen/vertikalen). Sensoren peker ned mot den runde snøputen. Høyden på den runde snøputen er ca 5 cm, og den ligger ikke i flukt med bakken, slik at kontrollmålingene som tas rundt den runde puten vil avvike med 5 cm, fra det som observeres ved dybdesensoren. Data fra dybdemåleren temperaturkorrigeres i dataloggeren.

2.4.7 Snøtemperatur

Snøtemperatur måles i faste høyder; 0 - 5 - 15 - 30 - 50 - 90 cm over bakken. Fra sesongen 2010/2011 er ikke 90 cm fjernoverført. Disse temperatursensorene er festet til

en eikelist (se figur 2.13.). Snøtemperatur måles også ved sensorer som er lokalisert på følgende steder: under firkantpute3, over firkantpute3, over Møen2525 (0 cm, figur 2.14), over Møen2525 (15 cm over, figur 2.14), over snøpute på Møen2525, under rund lpute (ikke fjernoverført), over rund pute (ikke fjernoverført), over firkantpute 2 (ikke fjernoverført) og under Møen2525 (ikke fjernoverført). Hensikten med de sistnevnte lokalitetene er blant annet å avdekke hvorvidt det er ulikt temperaturregime over og under snøputene (med tanke på varmeledningsevnen til glykol) i forhold til snøvekten som er laget av tre.

Figur 2.13: Eikelist med måling av snøtemperatur i ulik høyde.

Figur. 2.14. Måling av snøtemperatur over Møen2525 (hhv. 0 og 15 cm over).

2.4.8 Manuelle snømålinger

Begge sesonger ble det utført manuelle kontrollmålinger av snødybde og snøtetthet. Kontrollmålingene av tetthet er utført i henhold til NVEs instruks for manuelle snømålinger (se vedlegg D i Ree m.fl. (2011)), det vil si at tetthetsprøven tas i en sjakt med et standard rør (50 cm). På Filefjell er det avsatt et eget område til graving av sjakt (”Areal for snøtaksering og fremtidig instrumentering” i figur 2.7). I tillegg er tetthet målt med ulike varianter at den amerikanske Federal Sampler (U.S. Federal snow sampler og McCall sampler) og en svensk produsert variant av Federal Sampler i gjennomsiktig plast. Dette er et rør med varierende lengde og konisk ende som føres ned i snøpakken. Tetthetsprøver med Federal Sampler er også utført på Møen2525, for å avdekke hvorvidt det er forskjell i snømengde over feltet og for å få et best mulig estimat på snømengdene på Møen2525.

2.4.9 Snøstrekk

Vi ønsker å studere den romlige fordelingen av snøsmelting og modellere denne for bruk i hydrologiske modeller. For å gjøre dette opprettet vi et 400 m langt strekk der hver 10. m ble markert med en bambuspinne (markert med rød strek i figur 2.1 og i figur 2.15 c). Tidligere forsøk på å måle snøfordelingen i mindre skala (Skaugen, 2007) har vist at det er vanskelig å finne nøyaktig samme målested fra gang til gang uten bruk av noen form for faste punkt. Ved å markere punktene med bambuspinner forsøkte vi å minimalisere denne usikkerheten. Disse målingene var en del av det interne FoU-prosjektet ”*Satellite-observed SCA and Gamma-distributed snow in the HBV-model*”, og resultatene av

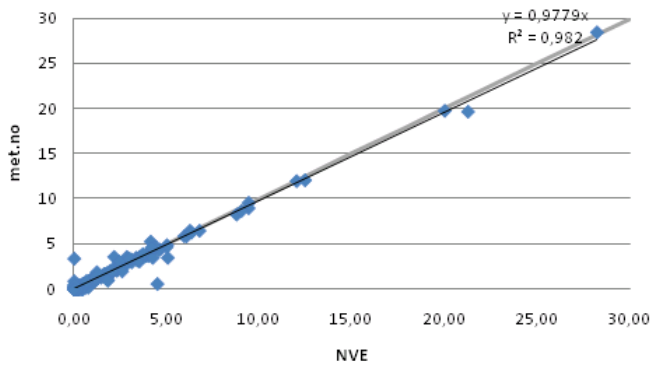
målingene vil i hovedsak bli publisert gjennom dette prosjektet. Vegetasjonen langs det oppsatte strekket er gress, vierkratt og dvergbjerk (<50 cm). Snødyp ble målt ved hver bambuspinne, mens tetthet ble målt med Federal Sampler for hver 10. pinne. Det ble tatt 2-3 tetthetsprøver per 10. pinne. Strekket med bambuspinner ligger stort sett i samme høyde (ca 950 moh) og deler av strekket er vist i figur 2.15 a og b). Rundt påsketider kan det forveksles med en litt kort, kvistet løype (figur 2.15 b). Plasseringen av strekket er noe uheldig med tanke på at vi i smeltesesongen måtte krysse en relativt stor elv opptil flere ganger. Høsten 2011 ble imidlertid strekket flyttet noe lenger nord, slik at vi de neste sesongene ikke behøver å krysse elven.

Figur 2.15: Strekk med bambuspinner for måling av snø- og snøsmelting i lokal skala. Øverst: Bilde tatt mot sørøst. Snøforskingsstasjonen kan skimtes til venstre i bildet. Nederst t.v.. Bilde tatt mot øst. Nederst t.h.: Rekken med bambuspinner er markert med rødt på kartet. Snøforskningsstasjonen ligger like øst for bambuspinnene.

3 Måleresultater

3.1 Nedbør og lufttemperatur

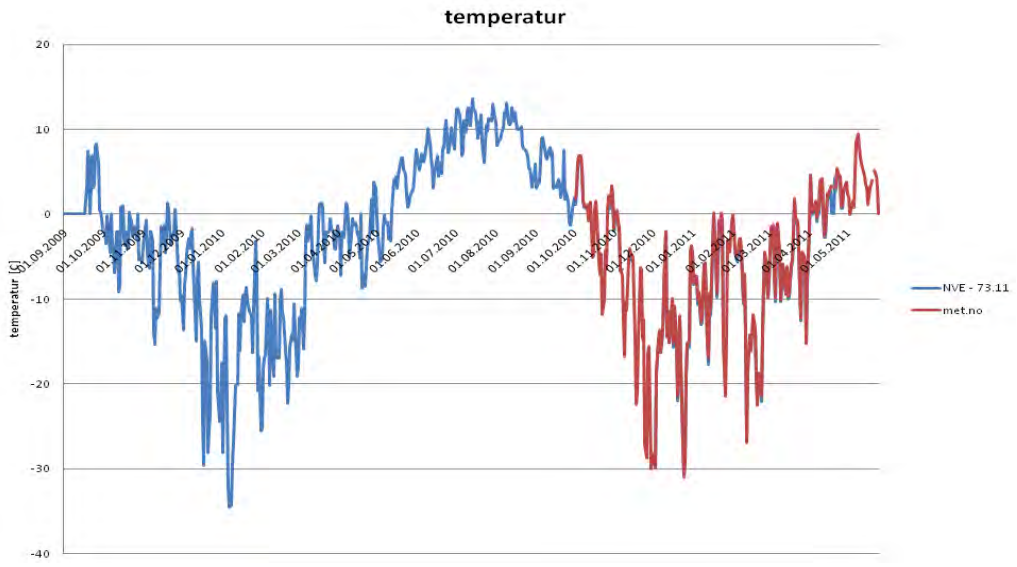
På Filefjell har NVE målt nedbør siden starten i 1968. Fra høsten 2010 har Meteorologisk institutt (met.no) også målt nedbør på stasjonen (i samme bøtte). Merk at met.no og NVE opererer med ulike nedbørdøgn; met.no regner nedbørdøgnet fra kl 07-07, mens NVE i utgangspunktet benytter kl 00-24. For sammenlikning mellom de ulike sensorene er nedbørdøgnet fra kl 07-07 benyttet. Figur 3.1 viser samsvaret mellom met.no og NVEs nedbør på Filefjell sesongen 2010/2011. Det er stort sett et forventet samsvar mellom de ulike sensorene, men noen avvik finnes. Avvikene ved punkt 0,0/ 3,4 og 4,5/0,6 er to etterfølgende dager, og det er derfor mulig at det skyldes ulik registrering på grensen mellom to døgn.



Figur 3.1: Samsvar mellom nedbør i mm målt med NVEs sensor og nedbør målt med sensoren til meteorologisk institutt (met.no).

Lufttemperatur har vært målt på forskningsfeltet siden 1995. Sammenlikning mellom døgnmiddelverdier målt på NVEs stasjon[1] på Filefjell og met.no sin stasjon på Filefjell viser at det stort sett er samsvar mellom de ulike målingene (figur 3.2). Merk at met.no sin målestasjon kun har gått siden høsten 2010. I sesongen 2009/2010 var laveste døgnmiddeltemperatur -34,5 °C, målt den 7. januar 2009 (NVE). Da var det heller ingen dager med døgnmiddeltemperaturer over 0 °C i perioden 26. november – 18. mars 2010. Den laveste døgnmiddeltemperaturen som ble målt i sesongen 2010/2011 var -30,8 °C, den 25. desember. Øvrige karakterstikka for akkumulasjonssesongene 2009/2010 og 2010/2011 (definert som perioden november – mars) er vist i tabell 3.1.

[1] I sesongen 2010/2011 er ”0” benyttet som kode for manglende data ved overføring av data til Hydra 2. Dette gjenkjennes ikke i Hydra 2 som kode for manglende data, og verdien vil derfor inkluderes i beregningen av døgndata. Brukeren må være obs på dette. Temperaturserien fra Filefjell (versjon 17) kan kompletteres med temperatur målt med strålingssensoren (versjon 9153, parameter 7). Sistnevnte benyttes allerede til automatisk temperaturkorrigering av strålingssensorene.



Figur 3.2: Temperaturutviklingen gjennom sesongene 2009/2010 og 2010/2011.

Tabell 3.1: Gjennomsnittelig døgnmiddeltemperatur m.m. i perioden november – mars ved NVEs temperaturlogger på Filefjell. Merk at for sesongen 2010/2011 er enkelte dager utelatt pga manglende verdier.

november – mars	2009/2010	2010/2011
gjennomsnitt	-11,1	-9,7
maksimum	1,4	1,4
minimum	-34,6	-30,8
lengste sammenhengende periode med ÷ grader (antall dager, dato)	111 (26.11-28.3)	140 (1.11-21.3)
antall dager med + grader i perioden november - mars (nedbør: j/n)	6 (j)	1 (j)

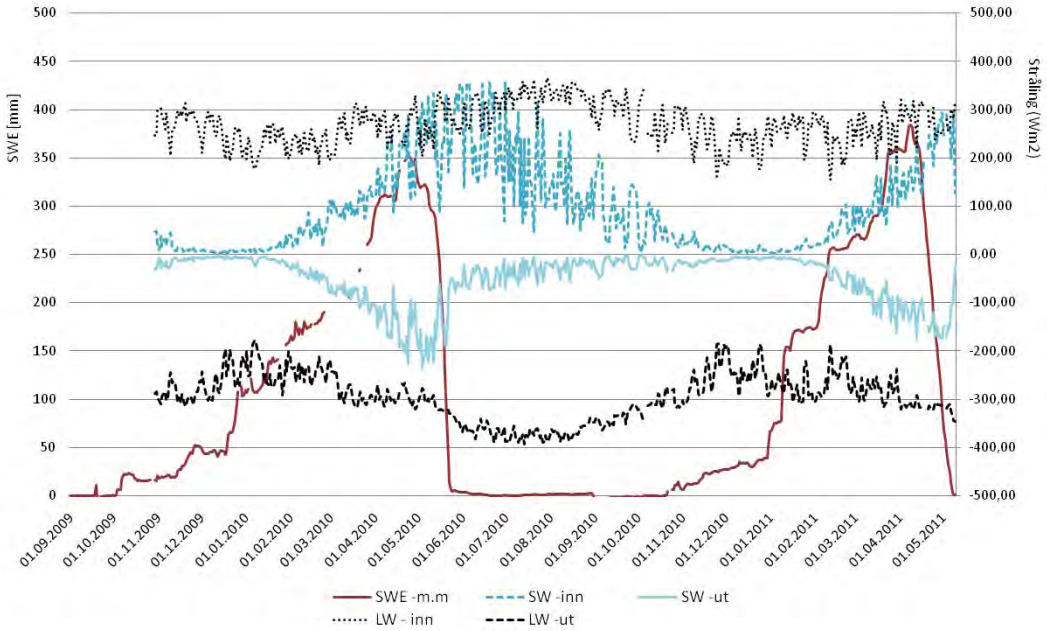
3.2 Stråling og albedo

Målt kort- og langbølget-, og inn- og utgående stråling er vist sammen med data fra snøvekten (Møen2525) for perioden 2009-2011 i figur 3.3.

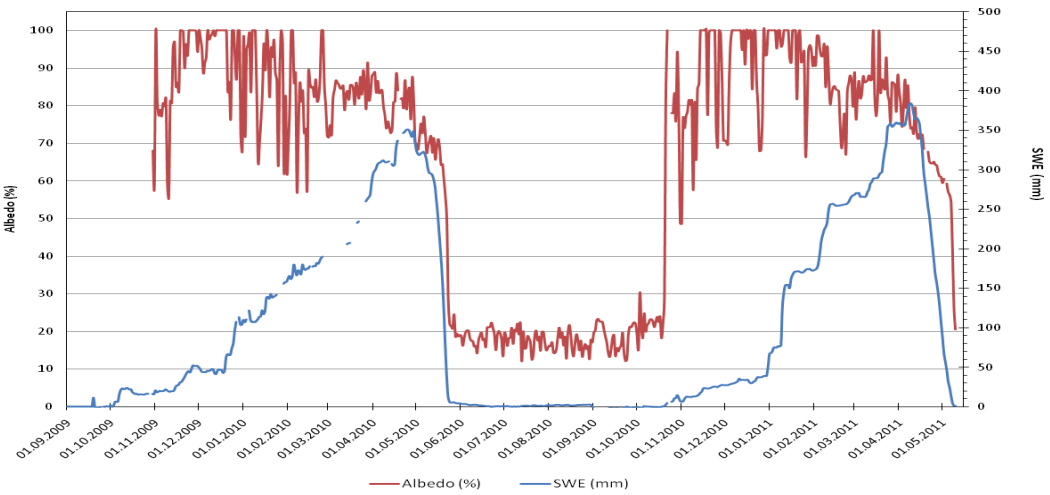
Over året gir langbølget utstråling det største bidraget (i absolutt verdier). Den langbølgede utstrålingen ligger stort sett mellom 200 og 300 Wm^2 så lenge bakken er dekket av snø. Når snøen forsvinner, øker den langbølgede utstrålingen (figur 3.3) siden denne er en funksjon av bakkens temperatur. Den langbølgede innstrålingen har stort sett et sammenfallende mønster med den langbølgede utstrålingen, men avviker mer i sommerhalvåret. Kortbølget innstråling er, naturlig nok, svært lav i perioden oktober til januar (~25 Wm^2). Utover våren øker den kortbølgede innstrålingen og den har en topp i juni/juli. Våren 2010 var bidraget fra kortbølget stråling den aller høyeste strålingstermen enkelte dager. Den kortbølgete utstrålingen følger stort sett den kortbølgede innstrålingen,

med unntak i perioden april til oktober der kortbølget innstråling er større. Kortbølget utstråling avtar også når snøen forsvinner.

Albedo er et mål på refleksjonsevne og beregnes ved å dele kortbølget utstråling på kortbølget innstråling (figur 3.4). Så lenge bakken er snødekket vil albedoen være høy, opp mot 97 % for nysnø (Paterson, 1994). Etter hvert som snøen blir skitten og til slutt forsvinner, reduseres også albedoen.



Figur 3.3: Verdier for kortbølget innkommende- og utgående stråling (blå stiplet linje og blå heltrukket linje), langbølget innkommende- og utgående stråling (sort, stiplet linjer) og snø (SWE – rød kurve).



Figur 3.4: Beregnede verdier for albedo (SW-ut/SW-inn) og snøens vannekvivalent (fra Møen2525).

3.3 Snøens vannekvivalent (SWE)

3.3.1 Sesongen 2009/2010

Målt SWE med de ulike måleinstrumentene for vintersesongen 2009/2010 er vist i figur 3.5. Forskningsstasjonen hadde et permanent snødekke fra ca. 5. oktober 2009, og snømaksimum inntraff i slutten av april 2010 (24.-26.april). Feltet var helt snøfritt ca. 25.mai 2010.

Den store snøvekten (Møen2525) målte større snømengde enn hver enkelt av snøputene igjennom hele sesongen (fra ca. 15.desember 2009). Målt maksimums SWE for sesongen med de ulike måleinstrumentene kan rangeres fra størst til minst som:

1. **Møen2525**
2. **Firkantpute4**
3. **Firkantpute1**
4. **Firkantpute3**
5. **Firkantpute2**
6. **Rund pute**

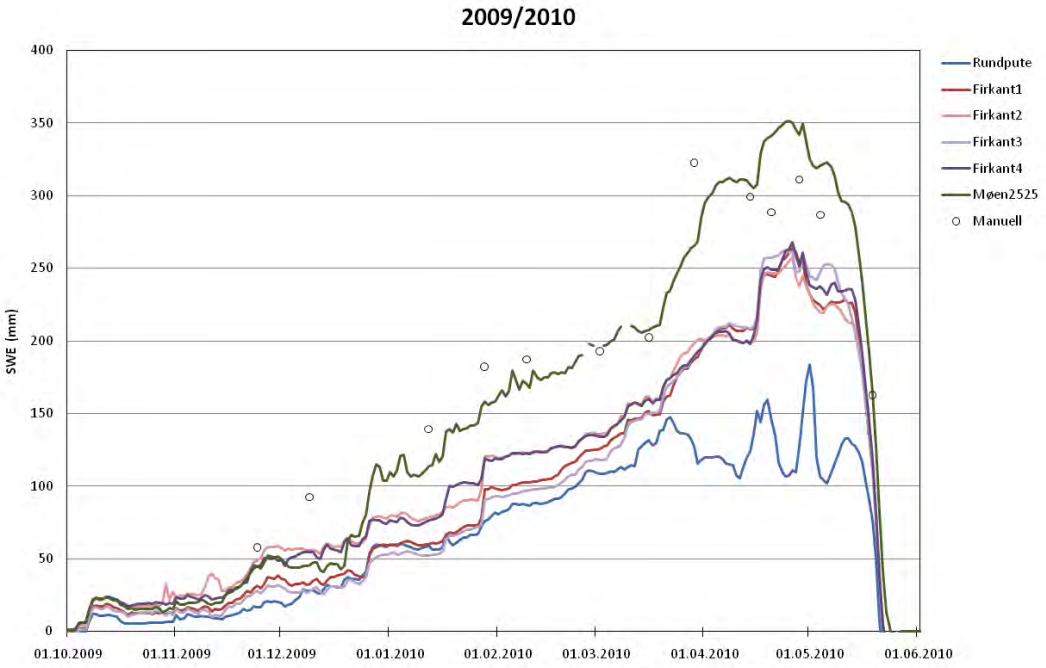
Ved snømaksimum målte Møen2525 ca. 25 % mer snø enn firkantputene og hele 48 % mer enn den runde snøputen (tabell 3.2). Det var spesielt to tidspunkt/perioder hvor det var en markant økning i differanse mellom Møen2525 og putene. Første gang var rundt 20.desember 2009, og neste var rundt 19.mars 2010. De fire firkantputene var stort sett samsvarende, med unntak av noen avvik i perioden frem til mars. Opp mot snømaksimum og i smelteperioden følger de ulike firkantputene hverandre godt. Selv om det ved snømaksimum måles mer snø på snøvekten, smelter snøen på vekten og på firkantputene omtrent samtidig, slik at vekten er snøfri omtrent på samme tidspunktet som de øvrige putene.

På den runde puten var det en markant nedgang (vektavlastning) i registrert SWE fra den 23.mars 2010, og i perioden 23. mars til 11. mai er akkumulasjons- og smelteforløpet ved puten preget av dropp og sprang. Dette ser ikke ut til å være tilfellet ved firkantputene.

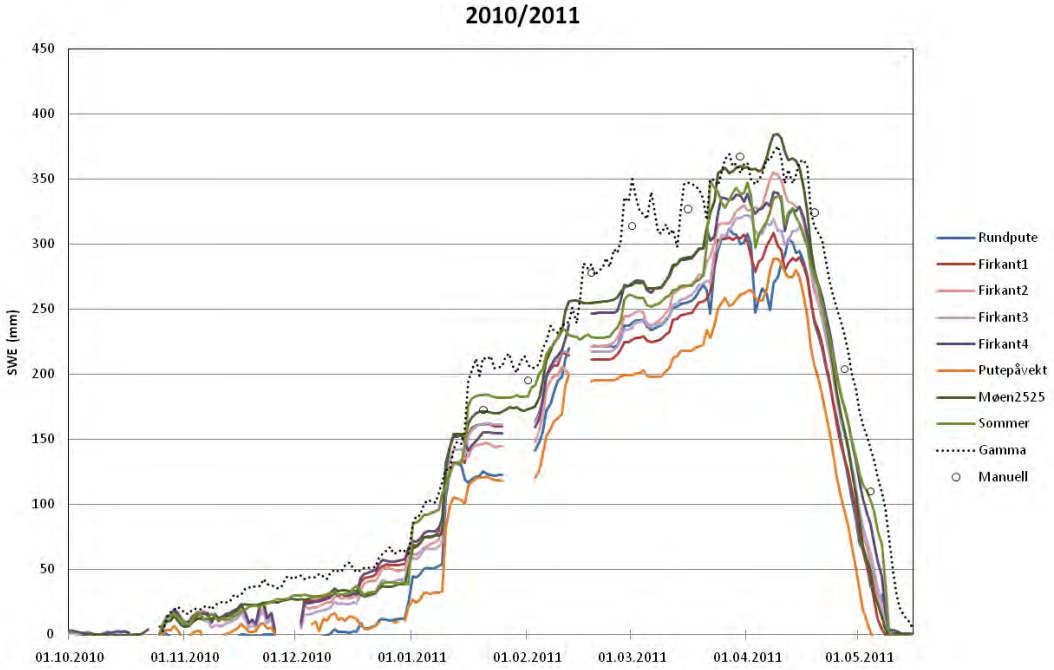
Tabell 3.2: Verdier for maksimum SWE samt dato for maksimumsverdi for de ulike måleinstrumentene (døgnverdier), sesongen 2009/2010.

Metode	Maks	Maks diff vs Møen2525	Maks dato
Rundpute	184,0*	-48 %	1.5.2010
Firkantpute 1	263,8	-25 %	26.4.2010
Firkantpute 2	257,9	-27 %	26.4.2010
Firkantpute 3	262,4	-25 %	24.4.2010
Firkantpute 4	267,8	-24 %	26.4.2010
Møen2525	351,4	-	25.4.2010

*data er heftet med usikkerhet



Figur 3.5. Snøens vannekvivalent (SWE i mm) sesongen 2009/2010, målt med standard rund snøpute (blå), firkantputer (rød-lilla) og med stor snøvekt (grønt, Møen2525). De manuelle kontrollmålingene er vist som punkt.



Figur 3.6. Snøens vannekvivalent (SWE i mm) sesongen 2010/2011, målt med standard rund snøpute (blå), firkantputer (rød-lilla), stor snøvekt (grønt, Møen2525), liten snøvekt (lys grønn, Sommer) og med gammasensor (sort). De manuelle kontrollmålingene er vist som punkt.

Kontrollmålingene (manuelle) som er vist i figur 3.5 er gjennomsnittet av alle målingene på feltet den aktuelle dagen. Sesongen 2009/2010 er målingene beheftet med noe usikkerhet grunnet opplæring av feltpersonell mht. på målinger med Federal Sampler og unøyaktig stedfesting av målt snødyp. De manuelle målingene gir likevel en indikasjon på hvilke verdier av SWE som kan forventes på forskningsfeltet. I grove trekk sammenfaller målt SWE ved Møen2525 med kontrollmålingene.

3.3.2 Sesongen 2010/2011

Målt SWE med de ulike måleinstrumentene[2] for vintersesongen 2010/2011 er vist i figur 3.6. Også manuelle kontrollmålinger er vist. Sammenliknet med foregående sesong er det utplassert flere installasjoner for automatisk måling av SWE: Sommer SGG (snøvekt), Gamma (måling av naturlig gammastråling) og en firkantpute (NVE2010) på Møen2525 (”pute på vekt”).

Det var et permanent snødekke på forskningsstasjonen fra ca. 25.oktober 2010, og snømaksimum inntraff i begynnelsen av april 2010 (8.-9.april). Feltet var helt snøfritt ca. 12. mai 2011.

Gammasensoren målte stort sett en større snømengde enn de andre måleinstrumentene igjennom hele vinteren. Unntaksvis var ved snømaksimum den 9.april, hvor vekten Møen2525 registrerte 9 mm (+2 %) mer enn gammasensoren. Forskjellene mellom de ulike måleinstrumentene ved snømaksimum er vist i tabell 3.3. Målt maksimums SWE for sesongen med de ulike måleinstrumentene kan rangeres, fra størst til minst som:

1. **Møen2525**
2. **Gamma (GMON)**
3. **Sommer**
4. **Firkantpute2**
5. **Firkantpute4**
6. **Firkantpute3**
7. **Firkantpute1**
8. **Rund pute**
9. **Pute på vekt**

Sammenliknet med sesongen 2009/2010 var det bedre samsvar mellom Møen2525 og snøputene denne sesongen, og ved snømaksimum var det 10-20 % avvik mellom snøputene (firkantpute1-4 og rund pute) og Møen2525. Den snøputen som skiller seg ut denne sesongen er imidlertid snøputen som ligger på Møen2525 (pute på vekt). Denne viser markant mindre snø en både Møen2525 og de øvrige installasjonene gjennom vinteren. Sommer-vekten viser omtrent tilsvarende som Møen2525 gjennom sesongen. Ved snømaksimum er det imidlertid et dropp i registrert mengde SWE ved Sommer,

[2] Som for temperatur er ”0” bruk som verdi der det mangler data ved overføringen til Hydra 2. Dette gjenkjennes ikke i Hydra 2 som kode for manglende data, og verdien vil derfor inkluderes i beregningen av døgndata. Brukeren må være obs på dette. For snø gjelder dette hovedsakelig data fra de ulike snøputene.

mens Møen2525 øker. Gammamåleren viser, som tidligere nevnt, mest snø gjennom stort sett hele vinteren, særlig i perioden medio februar til medio mars. Dette sammenfaller også godt med kontrollmålingene. Kontrollmålingene er et gjennomsnitt av de målingene som er tatt på feltet, og inkluderer også området rundt gammamåleren.

Før sesongen ble firkantpute2 oppinstrumentert med et lokk av finer. Om det er en effekt av dette er imidlertid ikke åpenbar ut i fra figur 3.6.

Tabell 3.3 Verdier for maksimum SWE samt dato for maksimumsverdi for de ulike måleinstrumentene (døgnverdier).

Målemetode	Maks	Maks diff vs. Møen2525/Gamma	Maks dato
Rundpute	311,8	-19 % / -17 %	27.3.2011
Firkantpute 1	308,9	-20 % / -18 %	8.4.2011
Firkantpute 2	355,1	-8 % / -5 %	8.4.2011
Firkantpute 3	322,2	-16 % / -14 %	31.3.2011
Firkantpute 4	339,9	-12 % / -9 %	8.4.2011
Pute på vekt	288,5	-25 % / -23 %	8.4.2011
Møen2525	384,5	- / + 2 %	9.4.2011
Sommer	348,9	-9 % / -7 %	22.3.2011
Gamma	375,4	-2 % / -	9.4.2011

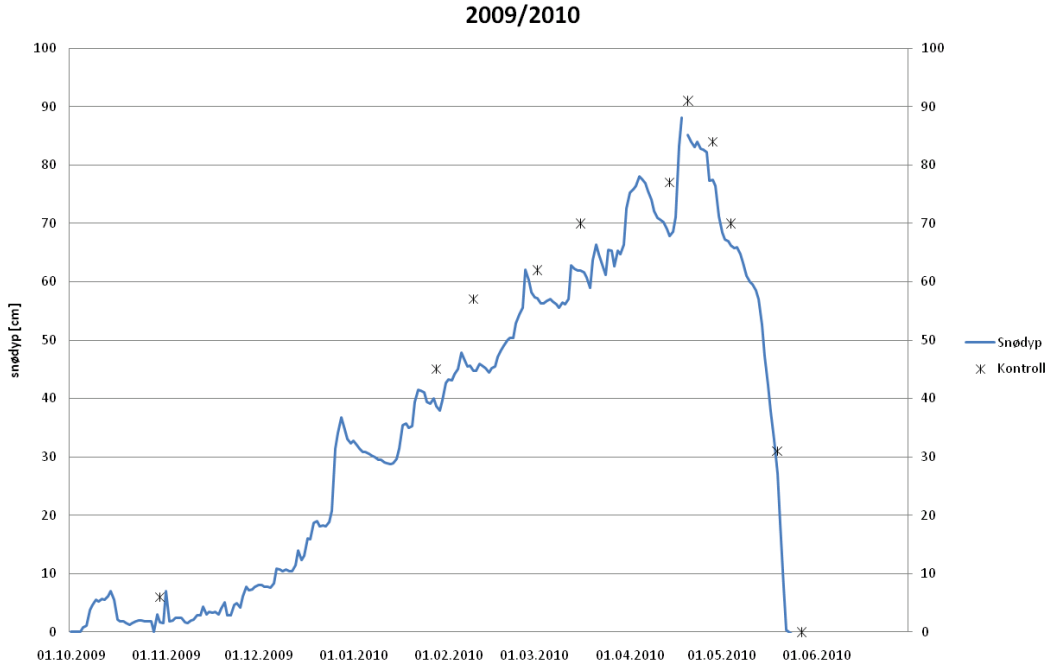
3.4 Snødyp

3.4.1 Sesongen 2009/2010

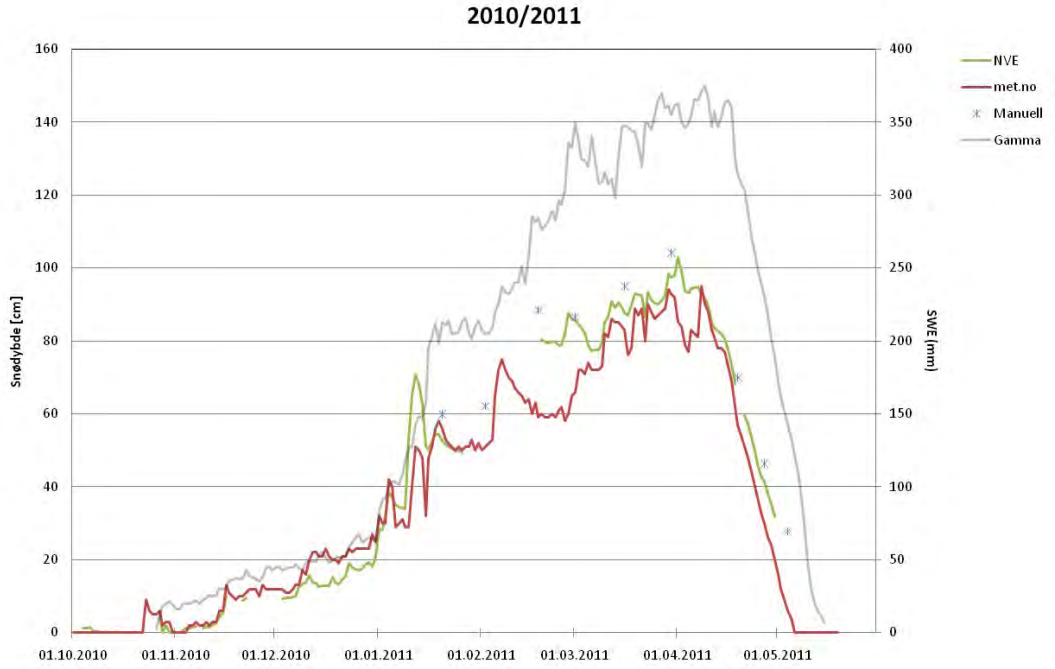
Sesongen 2009/2010 ble snødyp målt med NVEs snødybdesensor. Sensoren peker ned mot den runde snøputen. Høyden på den runde snøputen er ca 5 cm, og den ligger ikke i flukt med bakken, slik at kontrollmålingene som tas rund den runde puten vil avvike med 5 cm, fra det som observeres ved dybdesensoren. Utviklingen i snødyp gjennom sesongen er vist i figur 3.7. Det er relativt godt samsvar mellom målt snødyp ved snødybdesensoren og kontrollmålingene.

3.4.2 Sesongen 2010/2011

Målt snødybde ved NVE og met.no sine snødybdesensorer sesongen 2010/2011 er vist i figur 3.8. Også gjennomsnittsverdien for de manuelle snødybdemålingene utført på/rundt den runde snøputen er vist i figuren. Merk at sensoren peker ned mot den runde snøputen. Høyden på den runde snøputen er ca 5 cm, og den ligger ikke i flukt med bakken, slik at kontrollmålingene som tas rund den runde puten vil avvike med 5 cm, fra det som observeres ved NVEs dybdesensor. Det er anslagsvis 15-20 m mellom de to snødybdesensorene (jf. planskisse i figur 2.7.). Målt SWE med gammasensor er vist på sekundær y-akse for sammenlikning. Som vist i figur 3.8 er det flere perioder med manglende data for NVE-sensoren, dette skylles tekniske problemer. Generelt registrerte NVE-sensoren litt større snødybde enn sensoren til met.no, i snitt 4 cm (median 2 cm), men med noen unntak. Høyeste målte snødybde var 103 cm den 1.april for NVE-sensoren, og 95 cm den 8.april 2011 for met.no sensoren. De manuelle kontrollmålingene viste i snitt 5,5 cm høyere verdier enn verdiene registrert med NVE-sensoren.



Figur 3.7. Utvikling i snødyp, sesongen 2009/2010. Kontroll er gjennomsnittet av manuelle målinger av snødyp i området rundt dybdesensoren. Merk at dybdesensoren peker ned mot rundpute, hvor overflaten av puten er 5 cm over bakken. Det vil derfor være et avvik på 5 cm mellom kontrollmålingene og det registrerte snødypet.



Figur 3.8. Målt snødybde vist som døgnverdier med hhv. NVEs sensor, met.no sin sensor og manuelle målinger (gjennomsnittet av målinger som ble foretatt rundt dybdesensoren). Sekundær y-akse viser målt SWE med gammasensoren. Merk at dybdesensoren til NVE peker ned mot rundpute, hvor overflaten av puten er 5 cm over bakken. Det vil derfor være et avvik på 5 cm mellom kontrollmålingene og det registrerte snødypet ved NVEs sensor.

3.5 Kontrollmålinger

3.5.1 Snødyp

Både sesongen 2009/2010 og sesongen 2010/2011 ble det foretatt et betydelig antall kontrollmålinger på forskningsstasjonen, stort sett 60-90 målepunkt for snødyp og 5 – 8 målingen av tetthet. I hovedsak ble måleplan for 2009/2010 og måleplan for 2010/2011 fulgt (vedlegg D og E).

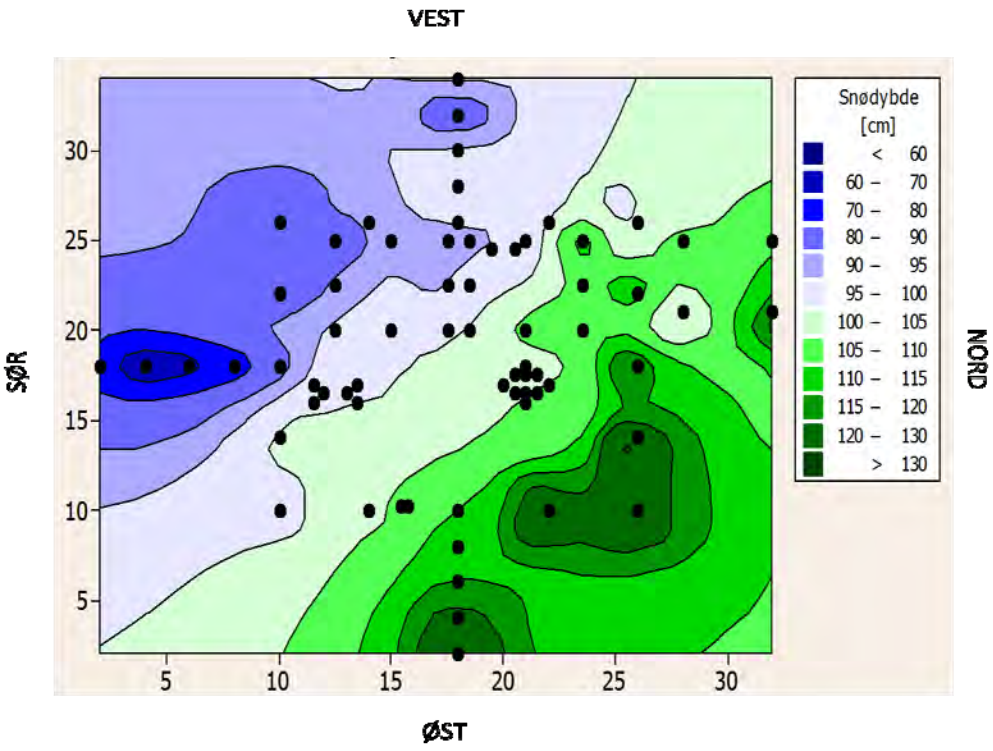
Ut i fra alle de manuelle målingene som ble tatt i løpet av sesongen 20010/2011 er det laget konturplott for de ni ulike datoene (med programvaren Minitab - Minitab® Statistical Software (2007)). Målepunktene ble ikke nøyaktig stedfestet og kan variere noe mellom måledatoene. I det følgende er plottet for datoen nærmest snømaksimum vist (30.mars 2011, figur 3.9), og plottet for sesongens siste manuelle måling (4.mai 2011, figur 3.10). Plott for de øvrige dagene er vist i vedlegg F.

Figur 3.9 viser konturplott for snødybde for feltområdet den 30.mars, basert på 72 manuelle snødybdemålinger tatt den dagen. Det var betydelig variasjon i snømengde både innenfor og utenfor feltområdet, noe som var en økende trend allerede fra første kontrollmåling 20.jan 2011 (vedlegg F).

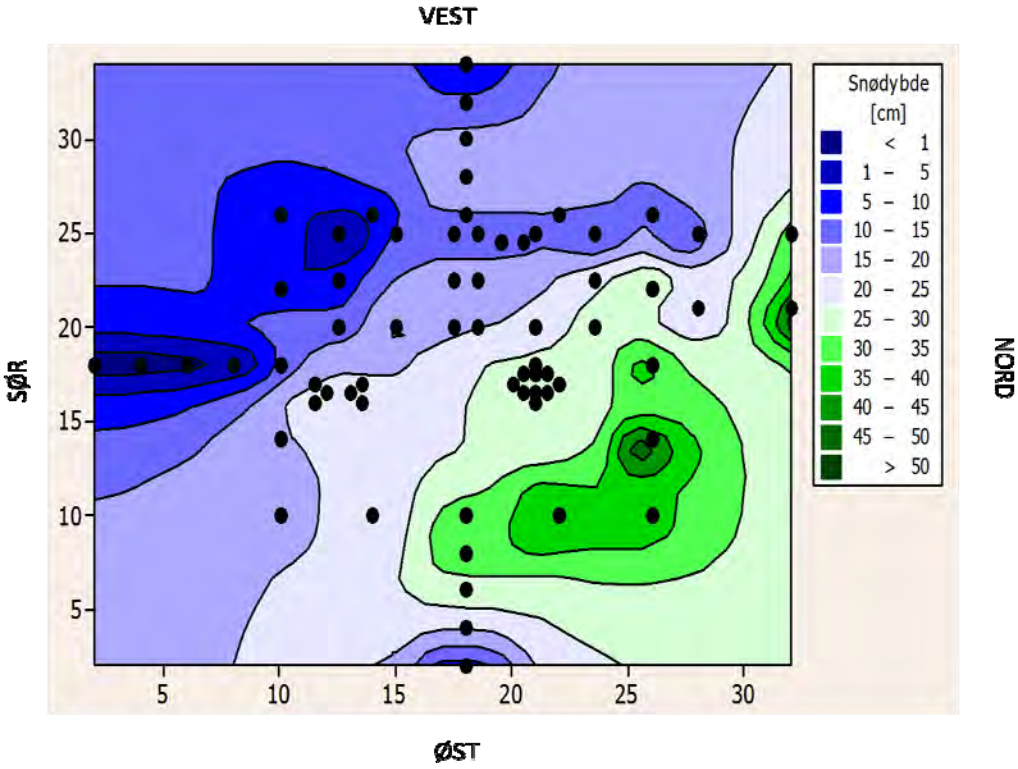
Konturplott for snødybder basert på 72 manuelle målinger den 4.mai 2011 er vist i figur 3.10. Variasjonsmønsteret i snødybde den 30.mars 2011 er fortsatt gjeldene den 4.mai, i slutten av snøsmelteperioden. Clusteret av målinger i den nordlige havdelen av bildene er den runde snøputen, målingene omkring gammastrålingsmåleren er helt nord i bildene. Måleopplegget er for øvrig skissert i vedlegg E, figur 1.

3.5.2 Tetthetsmålinger

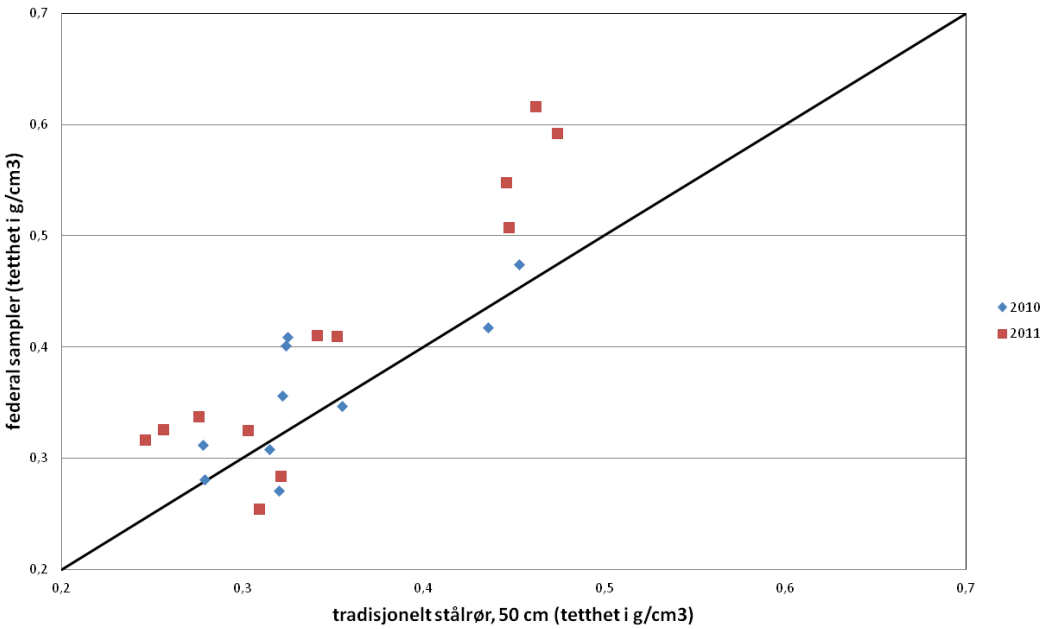
Begge sesonger ble det utført kontrollmålinger av snødybde og snøtetthet. Målinger av tetthet er foretatt både med en tradisjonell stålsylinder (Songarør, 50 cm) og ulike typer Federal Sampler (metall eller plastrør med konisk ende). I figur 3.11 sammenliknes målinger tatt med Songarør og Federal Sampler (metallvariantene). Målingene til sammenlikningsstudien er utført i samme sjakt på feltet, det vil si innefor en avstand av 0,5, m. Figuren viser at det stort sett måles høyere tetthet med Federal Sampler enn med tradisjonelt Songarør.



Figur 3.9. Konturlinjer for snødybder for forskningsfeltet den 30.mars 2011 (nær snømaksimum), basert på manuelle målinger (vist som sorte prikker). Punktene er ikke nøyaktig stedfestet, aksene angir avstand i m).



Figur 3.10. Konturlinjer for snødybder for forskningsfeltet den 4.mai 2011, basert på manuelle målinger (vist som sorte prikker). Punktene er ikke nøyaktig stedfestet, aksene angir avstand i m).



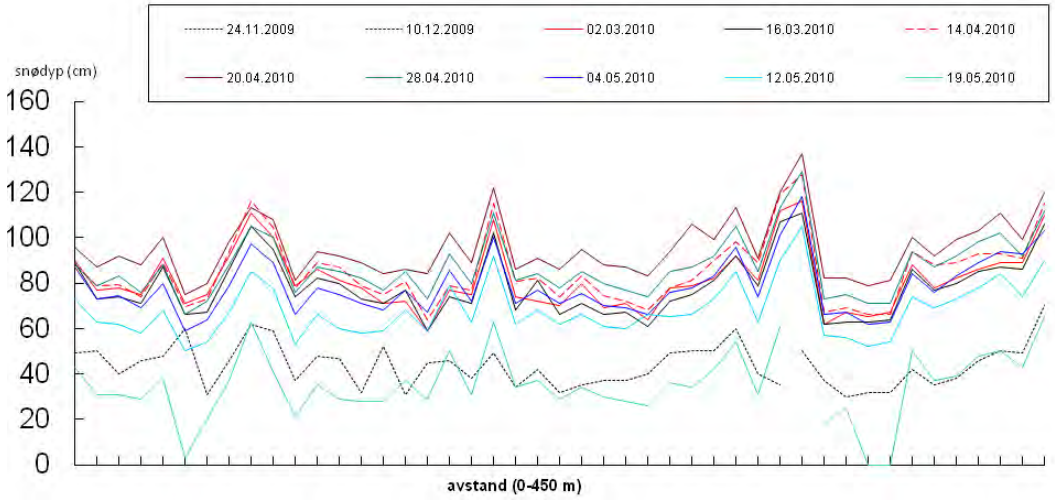
Figur 3.11: Sammenlikning av målinger tatt med ulike tetthetsmålemetoder: tradisjonell 50 cm lang stålsylinder og Federal Sampler (ulike varianter). Den sorte linjen viser 1:1 forholdet.

3.6 Snøstrekk - snøfordeling langs et 450 m strekk

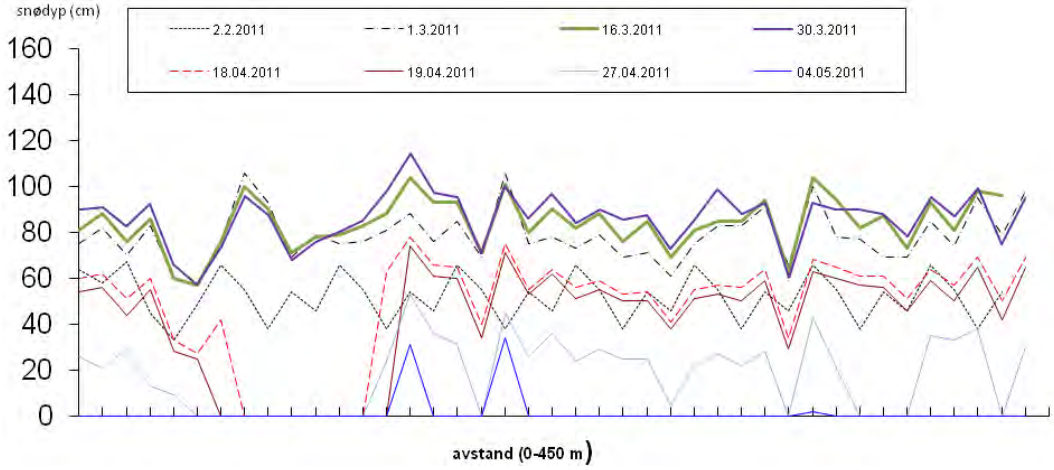
3.6.1 Utviklingen gjennom sesongene

Gjennom vinteren og våren ble snødyp ved hver bambusstang målt. Bambusstengende markerer et 450 m langt strekk med 10. m intervaller. Kart over strekket og bilder av strekket er vist i figur 2.15. Tetthet ble målt i starten og slutten av strekket, samt for hver 10. bambusstang. Gjennomsnittet av tetthetsmålingene danner grunnlaget for beregning av vannekvivalent på måletidspunktet. Rundt hver enkelt bambusstang vil det naturlig nok bli en depresjon, og omfanget av denne vil øke utover smeltesesongen. Måleresultatene avhenger av at man klarer å anslå snømengden på tross av depresjonen.

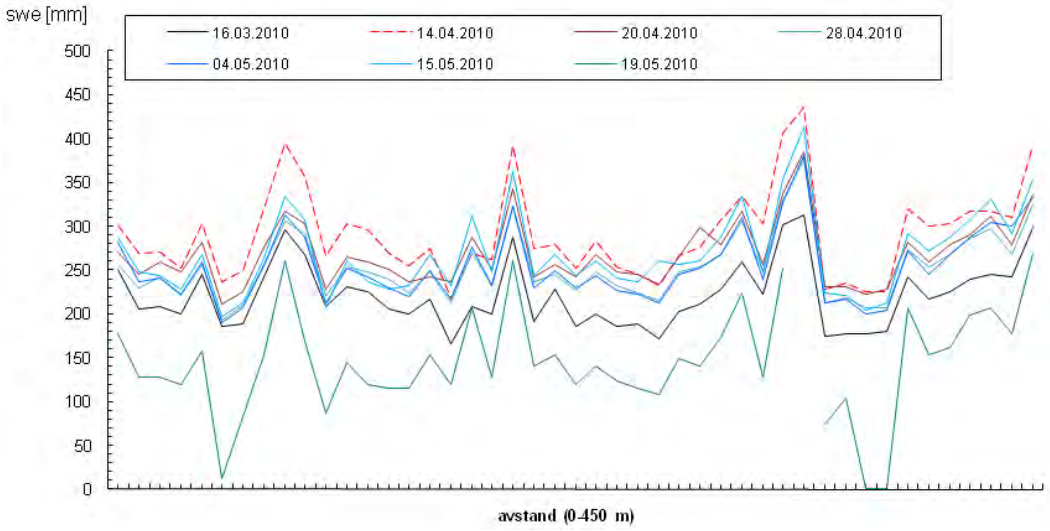
Utviklingen i både snødyp gjennom sesongene2009/2010 og 2010/2011 er vist i figurene 3.12 og 3.13, mens utviklingen i SWE er vist i figurene 3.14 og 3.15. Selv om store deler av strekket var snødekket ved siste måling sesongen 2009/2010 (19. mai), smeltet snøen såpass raskt at det ikke ble anledning til å ta flere målinger den sesongen. Sesongen 2010/2011 ble målinger foretatt helt til området var tilnærmet snøfritt, men mellom målingene som ble foretatt 19. og 27. april smeltet det mye snø.



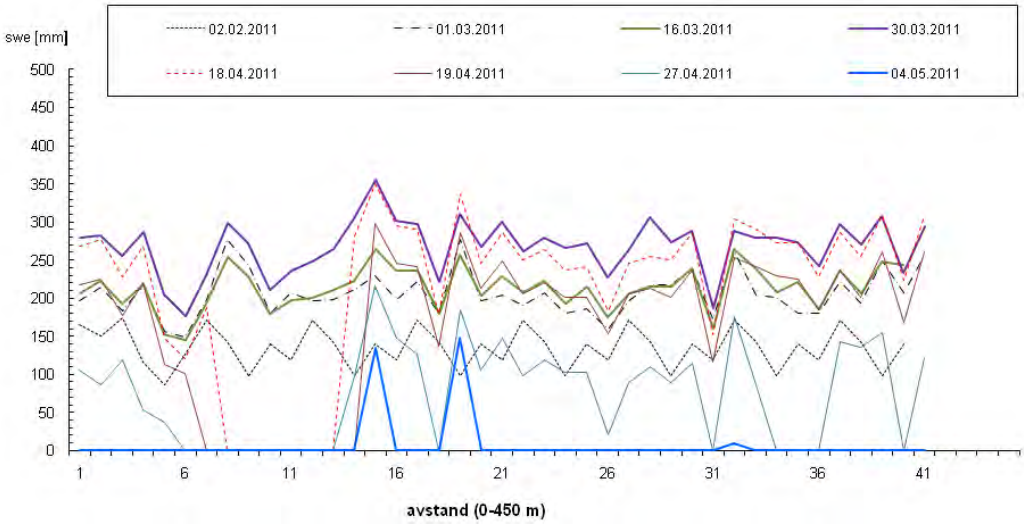
Figur 3.12: Snødyp langs bambusstrekket sesongen 2009/2010.



Figur 3.13: Snødyp langs bambusstrekket sesongen 2010/2011.



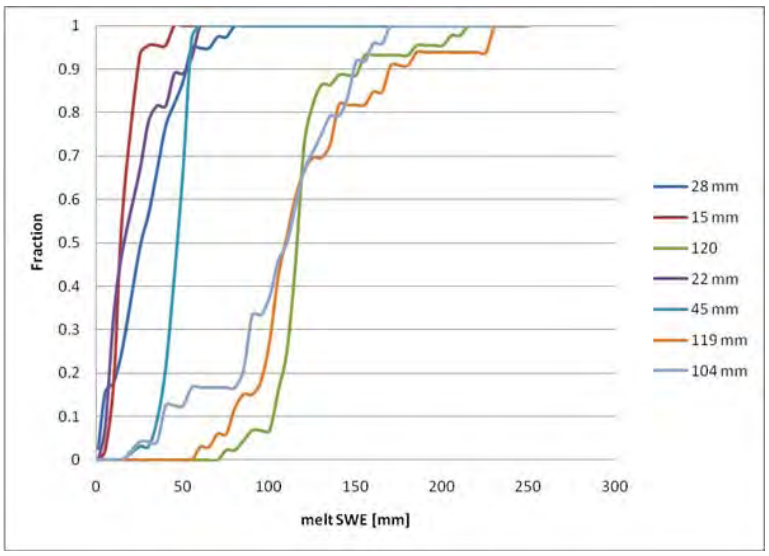
Figur 3.14: SWE langs bambusstrekket, sesongen 2009/2010.



Figur 3.15: SWE langs bambusstrekket, sesongen 2010/2011.

3.6.2 Romlig smeltefordeling

Fra de målingene som er presentert i avsnitt 3.6.1. er det beregnet hvor mye snø som smelter mellom to måletidspunkt. Dersom forskjellen mellom to måletidspunkt viser at det har smeltet snø, så er det registrert som en *smeltehendelse*. Fra de to sesongene med data, er det til sammen syv smeltehendelser. Ved å se på hvor snø mye som smelter fra bambustang til bambusstang får vi et mål på den romlige fordelingen av snøsmelting. Figur 3.16 viser den romlige kumulative fordelingsfunksjonen av smeltet snø på Filefjell, og figuren viser at desto mer snø som smelter desto mindre skjev blir fordelingen. Ved kraftig snøsmelting er derfor smeltingen ved bambusstengene tilnærmet normalfordelt.



Figur 3.16. Romlig, kumulativ fordelingsfunksjon av smeltet snø på Filefjell. Legenden i plottet viser romlig middel ved de ulike hendelsene (kilde: Thomas Skaugen, ths@nve.no).

Hvis hver smeltehendelse modelleres som en sum av gammafordelte variable vil fordelingen av summen bli mer og mer normalfordelt ettersom summen øker. Målingene på Filefjell bekrefter dermed at å modellere smelting som en sum av gammafordelte variable er fornuftig, og vi kan implementere dette i hydrologiske modeller. Mer detaljert

beskrivelse av modelleringen av smeltefordelingen og implementeringen av denne i hydrologisk modeller kan finnes i Skaugen og Randen (2011, under utarbeidelse).

3.7 Temperaturutvikling i snøpakken

Figur 3.17 viser utviklingen i snøtemperatur ved høyde 0 cm, 5 cm, 15 cm, 30 cm og 55 cm gjennom de to vintersesongene. Av figuren fremkommer det at snøpakken i 2010 blir isoterm (0 °C i hele snøpakken) 19-20.mars, mens hele snøpakken har temperaturer omkring 0 °C 22. mars 2011. Etter begge disse datoene finner vi at temperaturen i enkelte høyder synker i takt med lufttemperaturen, mens snøtemperaturen langs bakken (høyde 0 cm) var konstant omkring 0 °C. Figuren viser også at temperaturen varierer mer jo høyere opp i snøpakken en kommer. Snøtemperaturen i høyde 90 cm varierer stort sett i flukt med lufttemperturen, og er ikke vist.

I tabell 3.4 er den datoen hvor snøtemperaturen blir konstant ~0 °C hvert år listet opp. Som nevnt overfor skjer det 19-20. mars i 2010 og 22. mars 2011. I tabellen er også resultatene fra de andre temperatursensorene på feltet presentert. Det er noe vanskeligere å tolke når disse er omkring 0 °C, men i 2010 er det kun temperatursensoren under firkantpute3 som har noe senere dato enn de øvrige. I 2011 er det langt flere sensorer, men resultatene er også sprikende, og det er vanskelig å tolke datasettet. Felles for begge årene er at temperatursensorene over og under installasjonene stort sett blir 0 °C senere enn snøpakken for øvrig. Temperaturen over og under firkantpute3 blir ~0 °C på omtrent samme tidspunkt som temperaturen over og under Møen2525. Temperaturen under den runde puten blir ~0 °C på et senere tidspunkt enn de øvrige putene og vekten.

Tabell 3.4: Dato for når de ulike temperatursensorene blir ~ 0 °C

	2010 – dato for ~0 °C	2011 – dato for ~0 °C
Snøtemp. – h: 0	19. mars	22. mars
Snøtemp. – h: 5	20. mars	22. mars
Snøtemp. – h: 15	20. mars	22. mars
Snøtemp. – h: 30	20. mars	22. mars
Snøtemp. – h: 55	15. mars	22. mars
Snøtemp. – h: 90*	-	-
Temp under firkantpute3	30. april	18.april
Temp over firkantpute3	30. april	3. april
Temp over Møen2525, h:0	19. mars	3. april
Temp over Møen2525, h:15	20. mars	7. april
Temp under Møen2525*	-	5. april
Temp over pute på Møen2525	-	18. april
Temp under rund pute*	-	18. april
Temp over rundpute*	-	18. april
Temp over firkantpute2*	-	3.april

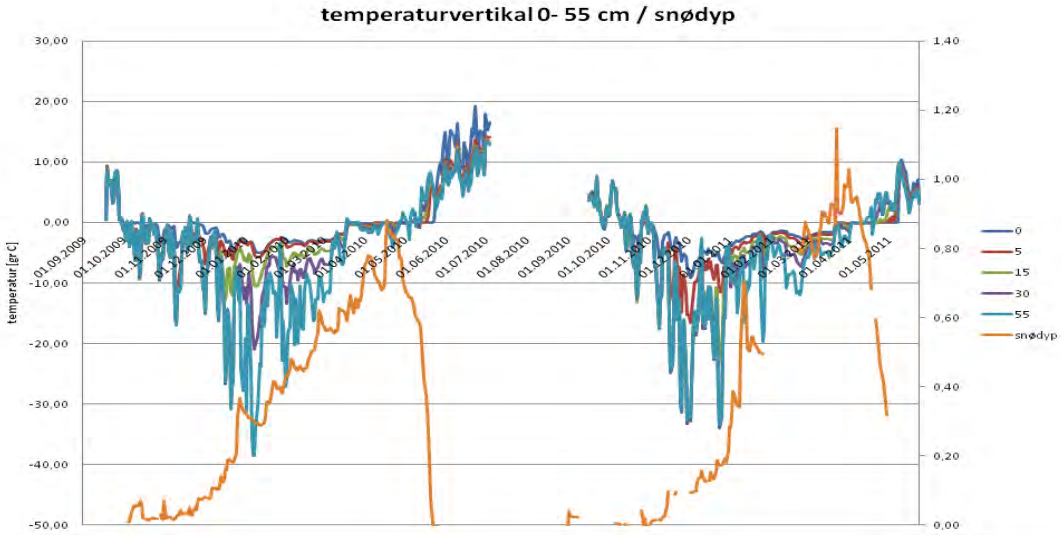
*Ikke sanntidsoverført.

I figur 3.18 sammenliknes temperaturen over og under firkantpute3 med temperaturen som målt på bakkenivå (eikelisten, h=0). Temperaturen over og under firkantpute3 er mer eller mindre sammenfallende gjennom vinteren og våren, sett bort i fra avvikende tidspunkt for 0 °C. Gjennom vinteren 2010/2011 sammenfaller temperaturen omkring

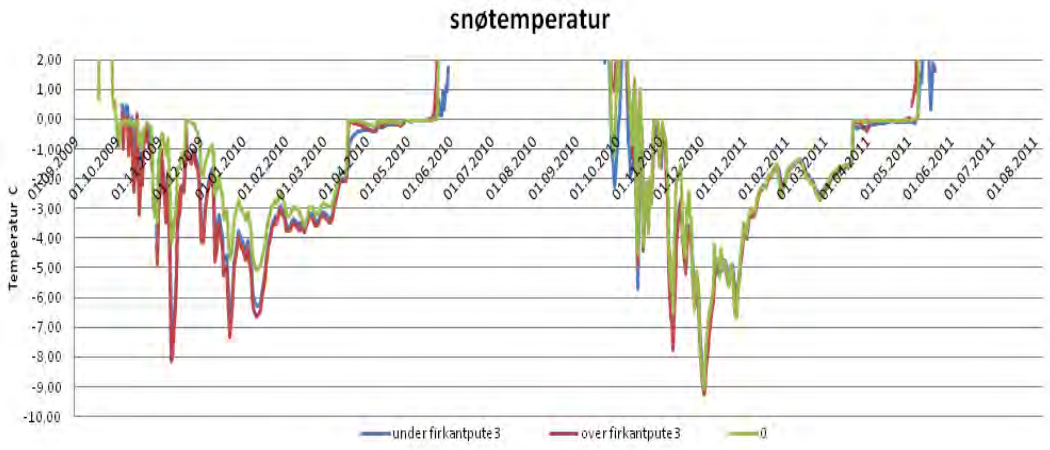
snøputen også godt med det som måles ved høyde 0 cm. Sommerresultater behandles ikke i denne rapporten.

I figurene 3.19 og 3.20 sammenliknes temperaturregimet rundt firkantpute3 og firkantpute2 som er fylt med glykol/vann og temperaturen under rund pute (fylt med etanol). Over firkantputene er det stort sett samsvar i temperaturregimet. Det virker som om sensorene over firkantpute2 og rund pute ikke registrerer verdier lavere enn 5 °C, så en periode i desember er det avvikende resultater. Over firkantpute2 stiger også temperaturen raskere under snøsmeltingen og det kan enten skyldes ulik snøfordeling og/eller at finerplaten som ligger på firkantpute4 påvirker temperaturen. Temperaturen over den runde puten avviker imidlertid fra firkantputene. Temperaturen under de ulike snøputene (figur 3.20) virker imidlertid mer sammenfallende gjennom vinter- og vårsesongen.

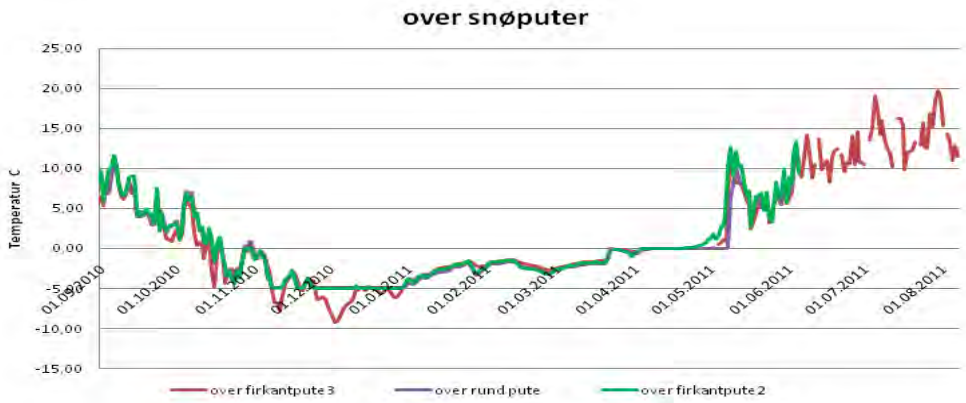
Merk at for en høy andel av temperatursensorene over og under de ulike putene er det svært vanskelig å tolke data for når temperaturen er ~ 0 °C. På et tidspunkt øker temperaturen opp mot 0 °C, for senere å falle, før temperaturen igjen stiger mot 0 °C. Det er sistnevnte stigning som er nevnt i tabell 3.4.



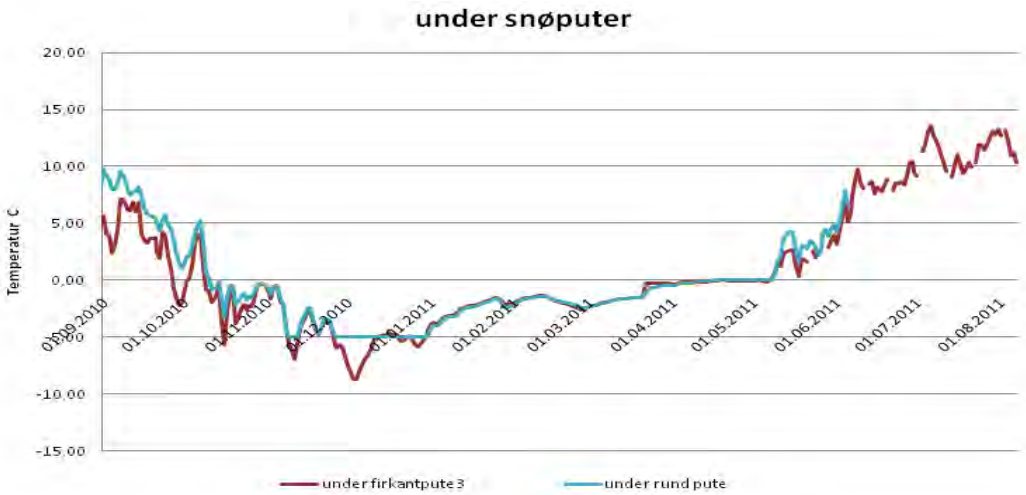
Figur 3.17: Temperaturutviklingen i snøpakken sammenliknet med snødyp.



Figur 3.18. Temperaturutviklingen over og under firkantpute3 sammenliknet med den nederste sensoren på eikelisten (h:0).



Figur 3.19: Temperaturen målt *over* firkantpute3, rund pute og over firkantpute2.



Figur 3.20: Temperaturen målt *under* firkantpute3 og rund pute (etanolputen).

3.8 Bilder fra webkamera

Webkameraet som er plassert på Filefjell gir en verdifull, visuell oversikt over forholdene på forskningsfeltet. Særlig ved snølegging, og ikke minst ved avsmelting gir kameraet en fin oversikt over hvilke installasjoner som er snødekket og hvilke installasjoner som ikke er snødekket.

Vinteren 2009/2010 tålte ikke webkameraet som var utplassert temperaturer lavere enn -20 °C. Ved temperaturer lavere enn dette slo kameraet seg av og måtte slås på manuelt. For flere av dagene, særlig i perioden januar-februar eksisterer det derfor ingen bilder. Vinteren 2010/2011 er alle bildene frem til 4. februar registrert med samme dato (4. febr), noe som vanskeliggjør bruk av bildene i ettertid. Gjennom våren 2010 og 2011 gir kameraet imidlertid en god oversikt over nedsmeltingsforløpet. Utdrag av bildene er vist i vedlegg B (2010) og vedlegg C (2011). Merk at webkameraets plassering er forskjellig fra de to sesongene. Begge årene smeltet snøen fort, og i løpet av helgen 20-24. mai var hele feltet snøfritt våren 2010. Våren 2011 startet snøsmeltingen tidlig og allerede 8.mai begynte det å bli glissent med snø på deler av feltet. Webkameraet avslører også hvilken påvirkning instrumenthytta har for snøforholdene, og dette synes særlig godt vinteren 2010/2011. Webkameraet gir også en god oversikt over snøforholdene omkring forskningsfeltet, og det synes som om snøen på forskningsfeltet ligger noe lenger enn snøen i dalbunnen ellers. Dette underbygges av inntrykk gjort ved besøk på stasjonen. Instrumenthytta skal flyttes 10 -15 m lenger unna høsten 2011.

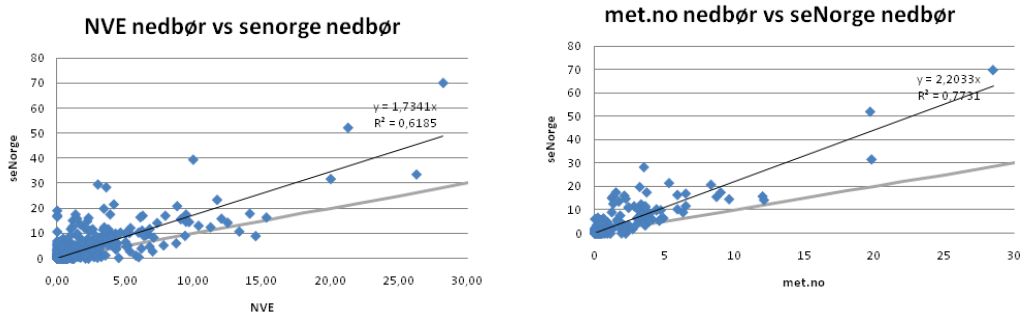
3.9 Sammenlikning med seNorge.no

I seNorge (www.senorge.no) simuleres daglig blant annet nedbør, temperatur, snøens vannekvivalent og snødyp. seNorge består av interpolerte kart over nedbør, temperatur, snø m.m. som dekker hele landet med en oppløsning på 1 x 1 km. I seNorge benyttes observert nedbør og temperatur fra målestasjonene til meteorologisk institutt til å lage kart over nedbør og temperatur, og snøens vannekvivalent og snødyp modelleres ved hjelp av snørutinen i HBV-modellen (se Engeset (2010)).

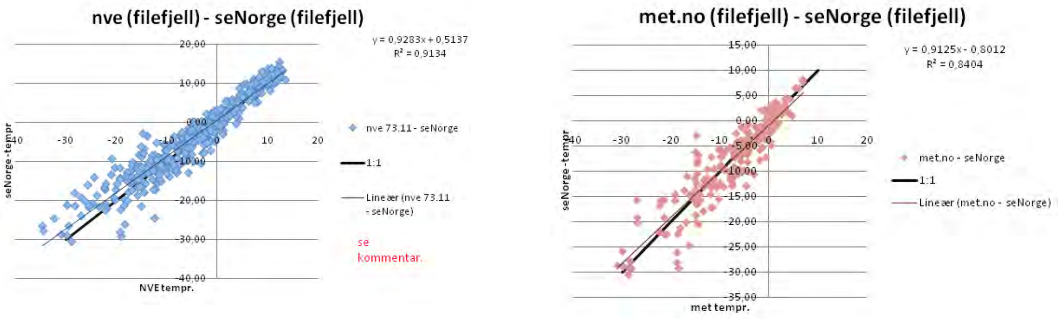
3.9.1 Nedbør og temperatur

Sammenliknet med observert nedbør simuleres det betydelig mer nedbør i seNorge, tidvis dobbelt så mye (figur 3.21). Merk av figur 3.21 at det er forskjell i perioden som sammenliknes (NVE 2009-2011, met.no 2010-2011).

Når det gjelder temperatur er det bedre samsvar mellom seNorge og observasjonene enn når det gjelder nedbør (figur 3.22). Ved lave temperaturer virker det likevel som om seNorge underestimerer temperaturen noe, mens det ved høye temperaturer er en svak tendens mot at seNorge simulerer noe høyere temperaturer.



Figur 3.21: Sammenheng mellom observert nedbør ved NVEs målestasjon (2009-2011) og met.no sin målestasjon (2010-2011) på Filefjell og simulert nedbør i seNorge. Den sorte linjen viser 1:1 forholdet mellom målt- og simulert nedbør.

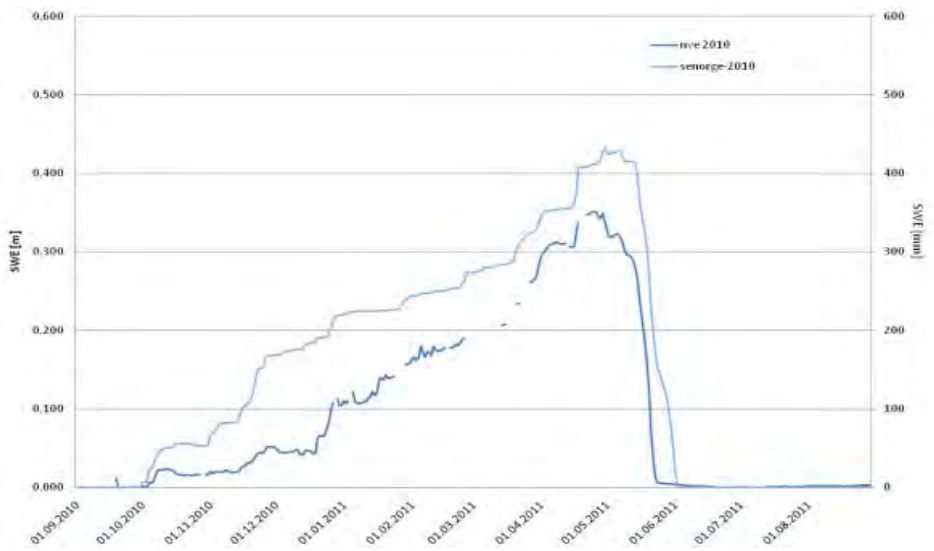


Figur 3.22: Sammenheng mellom observert temperatur ved met.no's og NVEs målestasjon på Filefjell og simulert temperatur i seNorge.

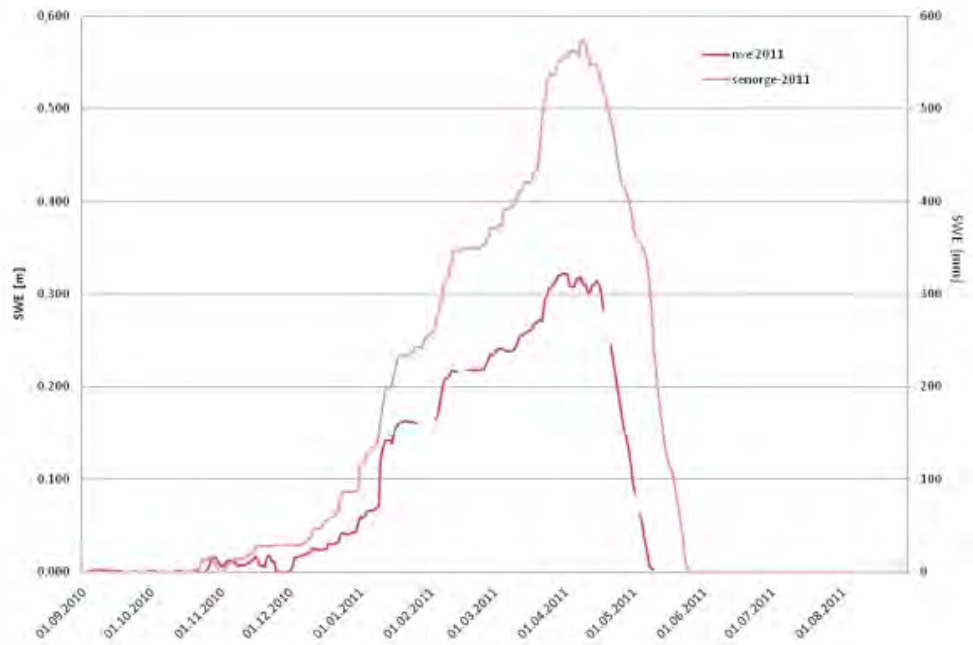
3.9.2 SWE og snødyp

Overestimeringen av nedbør gir direkte utslag i overestimering av snø i seNorge. Gjennom hele sesongen overestimeres SWE i seNorge og ved snømaksimum vinteren 2009/2010 overestimeres snømengden med 81 mm (figur 3.23 og 3.24, og tabell 3.5). Snømaksimum inntreffer også noen dager senere i seNorge enn det som observeres på Møen2525. Vinteren 2010/2011 overestimeres også SWE i seNorge, og seNorge overestimerer med hele 252 mm, se tabell 3.5. I tillegg inntreffer snømaksimum noen dager senere i seNorge enn i virkeligheten. Dette sammenfaller også med tidligere analyser i området (Stranden, 2010).

I følge Stranden (2010) vil seNorge i mange tilfeller være mer riktig dersom snødyp, og ikke SWE, sammenliknes. Dette er til en viss grad også gjeldende for forskingsstasjonene på Filefjell. Snødypet overestimeres i seNorge både vinteren 2009/2010 og vinteren 2010/2011 (se figur 3.25 og 3.26 og tabell 3.6), men overestimeringen er mindre sammenliknet med SWE.



Figur 3.23: målt SWE (Møen2525, mørk blå) og SWE fra snøkartet (lys blå) vinteren 2009/2010. Aksene har benevning m og mm for hhv. venstre og høyre akse.



Figur 3.24: målt SWE (Møen2525, mørk rød) og SWE fra snøkartet (lys rød) vinteren 2010/2011. Aksene har benevning m og mm for hhv. venstre og høyre akse.

Tabell 3.5: Oversikt over maksimum vannekvivalent i sesongen 2009/2010 og 2010/2011 i SeNorge sammenliknet med det som er observert.

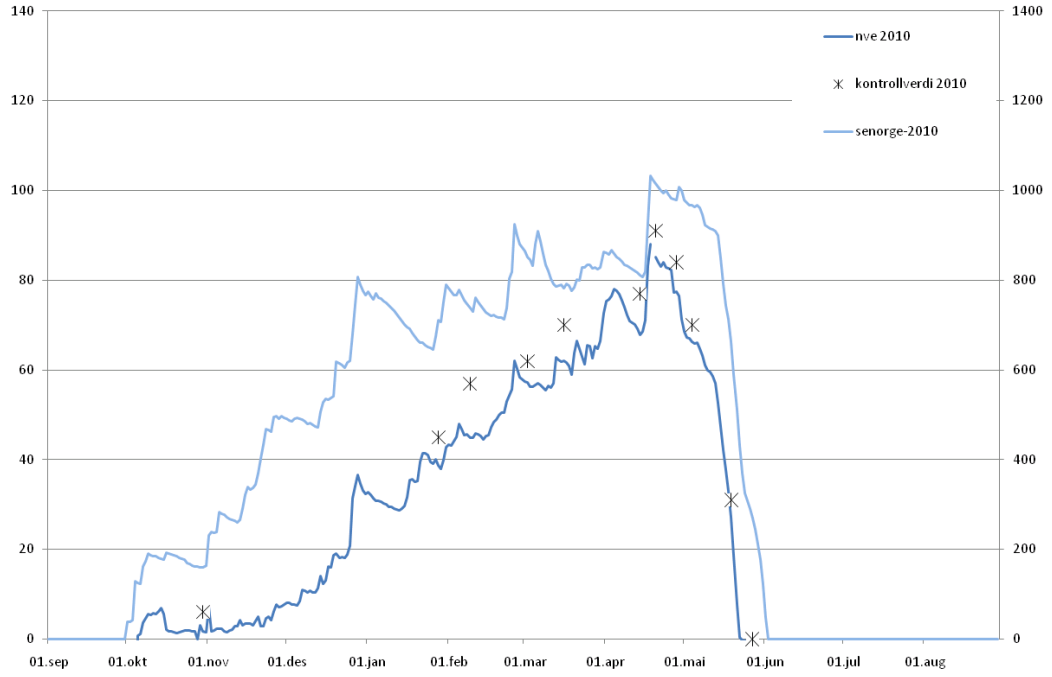
SWE	2009/2010		2010/2011	
	Max - dato	**Avvik i %**	**Max – dato**	**Avvik i %**
NVE (Møen2525)	351 mm - 25. april	-	322 mm - 1. april	-
seNorge	432 mm - 30. april	23 %	574 mm - 9. april	78 %
Kontroll*	288 mm - 28. april	18 %	350 mm - 30. mars	9 %

* Tidspunkt i nærheten av instrumentenes snømaksimum

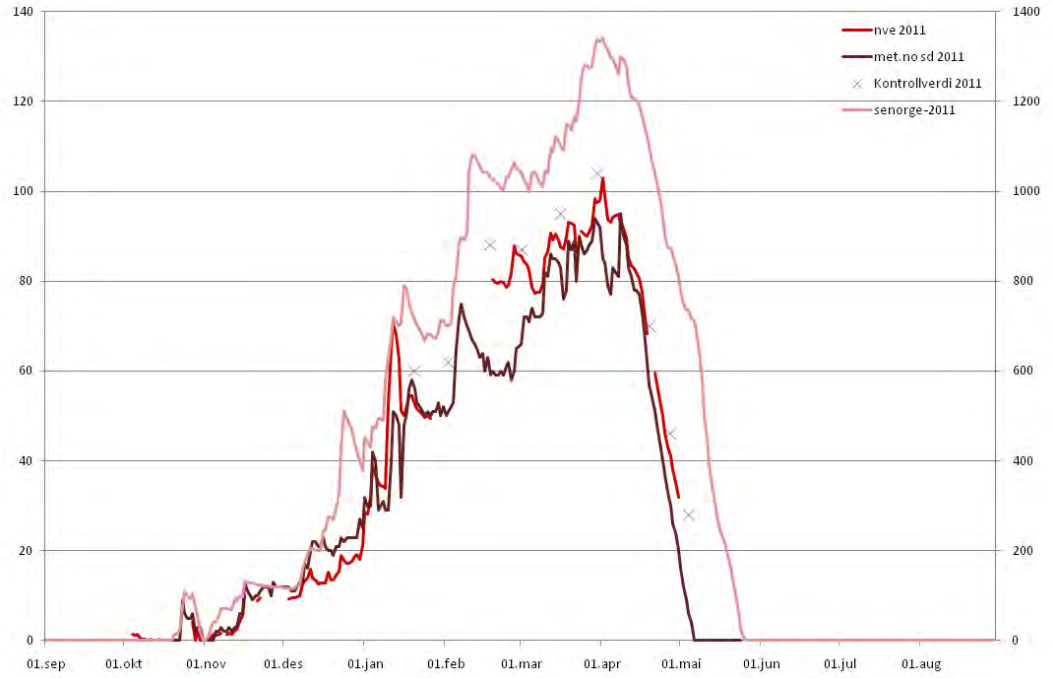
Tabell 3.6: Oversikt over maksimum snødyp i sesongen 2009/2010 og 2010/2011 i SeNorge sammenliknet med det som er observert.

Snødyp	2009/2010		2010/2011	
	Max – dato	**Avvik i %**	**Max – dato**	**Avvik i %**
NVE (Møen2525)	88 cm - 18. april	-	103 cm - 1. april	-
Met.no	-	-	95 cm - 9. april	8 %
seNorge	103 cm - 18. april	17 %	134 cm - 1.april	30 %
Kontroll*	91 cm - 20. april	3 %	104 cm - 30. mars	1 %

*Tidspunkt i nærheten av instrumentenes snømaksimum



Figur 3.25: målt snødyp (mørke blå) og snødyp fra snøkartet (lys blå) vinteren 2009/2010. Benevningen på y-aksen er cm snødyp.



Figur 3.26: Målt snødyp ved NVEs målestasjon (rød), met.no sin målestasjon (brun) og estimert snødyp fra snøkartet (lys rød) vinteren 2010/2011. Benevingen på aksene er hhv. cm og mm snødyp.

4 Diskusjon

For nedbør (figur 3.1) er det relativt godt samsvar mellom NVE og met.no sine sensorer, noe som er som forventet da sensorene er plassert i samme bøtte. Avvik indikerer imidlertid at kvalitetskontroll av NVEs data er på sin plass, men kan også skyldes ulik definisjon av døgn. Avvik utover dette er ikke diskutert videre i rapporten grunnet tidsbegrensing. For luft temperatur (figur 3.2) er det også små avvik, men for temperatur er det større avstand mellom sensorene, samt at sensorene står i noe ulik høyde. Sensoren til met.no (som antatt er av best kvalitet) kan imidlertid med fordel benyttes til kvalitetskontroll av NVEs sensor.

Figur 3.3 og 3.4 viser strålingstermene og snømengde, og det er særlig i figur 3.4 (albedo) hvor sammenhengen mellom snø og stråling kommer tydelig frem. Tradisjonelt sett er stråling en av de viktigste bidragsyterne til snøsmelting, men i mange tilfeller er følbar varme (lufttemperatur) en vel så viktig bidragsyter (Dingman, 2002). Enkelte dager i løpet av sesongen 2009/2010 var kortbølget innstråling en av de høyeste strålingstermene, men grunnet tidspress, er det ikke sett på hvor stort dette bidraget var i forhold til følbar varme de aktuelle dagene i denne rapporten.

Mange av de problemene vi har erfart med tradisjonelle snøputer, oppstår der vinterklimaet er skiftende (Ree m. fl., 2010). Forskningsstasjonen ligger på vannskillet mellom øst og vest, og påvirkes både av vær fra vest og vær fra øst. Innslag av mildvær i løpet av vinteren antas å forekomme på tross av at forskningsfeltet ligger ~1000 m o.h.

Vinterne 2009/2010 og 2010/2011 var begge svært kalde, med flere dager med døgnmiddeltemperatur ned mot -30 °C (se tabell 3.1og yr.no, 2010). Det var ingen mildværsperioder i løpet av vinteren. Sesongene har dermed ikke bydd på de store klimatiske problemene med mildværsperioder som kan medføre for eksempel dannelse av is- og skarelag som igjen danner snøbruer ved snøputene. På tross av at vintrene har vært kalde, viser resultatene fra forskningsfeltet vinteren 2009/2010 at det er stort sprik mellom de ulike automatiske målemetodene for SWE. SWE ved flere av de automatiske målemetodene avviker imidlertid fra de manuelle kontrollmålingene.

Sesongen 2009/2010 viser vekten Møen2525 klart mest snø sammenliknet med de øvrige installasjonene. I utgangspunktet virker det mest troverdig, både fordi det stemmer bra med kontrollmålingene og ikke minst siden man har vanskelig for å se for seg at SWE kan overestimeres i stor grad.

Den runde puten, fylt med etanol, flater ut og registrerer både dropp og sprang frem mot snømaksimum. Dette er et mønster som vi har erfart på andre puter av tilsvarende type tidligere (Ree m.fl., 2011). Det antas at dette blant annet kan skyldes kombinasjonen av etanol og PVC, hvor etanolen diffunderer gjennom PVC'en og ødelegger både PVC'en og påvirker snøen i umiddelbar nærhet til puten (Ree m.fl, 2011). Derfor benyttes glykol istedenfor etanol i alle nye puter (typebetegnet NVE2010). Dette underbygges av at firkantputene, som er fylt med glykol, ikke registrerer tilsvarende dropp og sprang i akkumulasjonssesongen. Dette kan selvsagt også skyldes ulik størrelse (og form) på snøputene, men basert på funnene i Ree m.fl. (2011) er det ikke utenkelig at det skyldes etanolens påvirkning på PVC. Sesongen 2010/2011 er ikke utviklingen hos den runde

puten like avvikende. Andre snøputer av denne typen har imidlertid også vist seg å varierer med hensyn på sesonger hvor de fungerer hhv. bra og dårlig (Ree m. fl., 2010).

En hypotese er at også størrelsen på installasjonen påvirker kvaliteten på målingene. Fra sesongen 2009/2010 er det fristende å konkludere med at, siden den runde puten har minst måleareal sammenliknet med de øvrige installasjonene, så er størrelse på installasjonen en medvirkende faktor til den dårlige kvaliteten. Dette underbygges også til en viss grad av at det er ”pute på vekt” som registrerer minst snø den påfølgende vinteren. I så fall skulle en forvente at også den runde puten viser tilsvarende lite snø vinteren 2010/2011, men den runde puten virker noe mer representativ vinteren 2010/2011.

Årsaken til at ”pute på vekt” viser betydelig mindre snø enn de øvrige installasjonene kan være at høyden på Møen2525 og ”pute på vekt” til sammen blir såpass høy at pute på vekt blir mer vindutsatt enn de øvrige installasjonene. Dette skulle i så fall også gitt utslag i redusert snømengde på Møen2525, siden snøputen utgjør 20-25 % av arealet på Møen2525. Sammenliknet med kontrollmålingene er ikke snømengdene på Møen2525 redusert i nevneverdig grad i forhold til sesongen 2009/2010. For å kunne trekke konklusjoner vedrørende størrelse er det derfor anbefalt at ”pute på vekt” blir liggende flere sesonger.

Hvorvidt form (rund eller firkantet) er av betydning er vanskelig å si noe om før de andre faktorene; ulik frostvæske og størrelse, er isolert.

Forskjellene mellom de ulike snøinstallasjonene er mindre sesongen 2010/2011 enn den foregående sesongen (2009/2010). Basert på de meteorologiske faktorene skulle en i utgangspunktet anta tilsvarende forskjeller begge sesonger, da begge sesongene var relativt kalde uten mildværsperioder i løpet av vinteren. Vinteren 2010/2011 var noe mer snørik enn den foregående, men for øvrig var det ingen opplagte forskjeller mellom sesongene.

Av platen som ligger på firkantpute2 sees ingen umiddelbare effekt (noe som kan skyldes den relativt kalde vinteren), og det anbefales også at denne blir liggende flere sesonger.

Gammasensoren viser tidvis mer snø enn de øvrige installasjonene, særlig i perioden medio februar til medio mars. Gammasensoren er også senere snøfri, men dette skyldes at den dekker et større område enn de øvrige snøinstallasjonene. En årsak til en eventuell overestimering kan selvsagt være snødrift og fonndannelse som følge av instrumenthytta som frem til høsten 2011 sto litt for nære forskningsfeltet. Figur 4.1 viser eksempel på hvordan det så ut på forskningsfeltet 25. februar 2011. Utover vinteren jevnet snødekket seg mer ut. Gammasensoren står utenfor høyre bildekant. Fra figur 3.9 og 3.10 synes også forskjellene i snømengde over forskningsfeltet.

For å undersøke hvordan gammasensoren fungerer i forhold til snøvekt og snøputer i et mer maritimt klima, ble gammasensoren flyttet til stasjonen Anestølen i Sogn høsten 2011. Ideelt sett burde gammasensoren blitt værende på Filefjell enda en sesong for å lettere kunne trekke konklusjoner om hvorvidt det er snøputene og vektene som underestimerer snømengden i perioden, eller om det er forhold som gjør at gammasensoren overestimerer snømengden i samme perioden, særlig nå som hytta er flyttet.

Ved snømaksimum viser Sommervekten mindre snø enn Møen2525, men årsaken til dette er vanskelig å fastslå. I og med at snømengde ved snømaksimum generelt sett gir svært viktig informasjon til blant annet flomvarslingstjenesten og kraftprodusenter, anbefales det at Sommervekten og Møen2525 får gå parallelt noen sesonger, slik at årsaken til avviket avdekkes.

I utgangspunktet gir kontrollmålingene en indikasjon på at vekten, Møen2525, gir de mest representative målingene. Det er imidlertid også forskjeller i hvordan de manuelle målingene er foretatt. Målinger med Federal Sampler ga ofte høyere tetthet enn det tradisjonell målinger med songarør (50 cm) gjorde. Tollan (1970) hevder at feilmarginen ved bruk av Federal-Mcallsampler er 1-2 %, mens feilmarginen ved bruk av Songarør (med lengde 1 m) er høyere: 3-4 %.

Selv med denne ”feilmarginen” vil kontrollmålingene vise mer enn putene. En av årsakene til dette kan være at det som her er brukt som kontrollmålinger er et gjennomsnitt av de målingene som er tatt på feltet (se vedlegg D og E). Det inkluderer målinger av snødyp i alle himmelretninger ut fra forskningsfeltet og rundt gjerdet. Både de manuelle kontrollmålingene, bilder fra webkamera og ikke mist observasjoner gjort i felt viser at det dannes et vindfelt rundt instrumenthytta med påfølgende fonndannelse over forskningsfeltet. Et eksempel på hvordan det ser ut på feltet etter kraftig vind er vist i figur 4.1. Bildet er tatt fra nordøst. Det er svært uheldig at hytta påvirker snømengden på forskningsfeltet og fra høsten 2011 er hytta flyttet 18-19 m mot nordøst.

Figur 4.1. Eksempel på fonndannelse som følge av instrumenthyttas plassering, 25.2.2011 kl12.00. Utover vinteren jevnet snødekket seg mer ut.

For å validere Møen2525, (og fordi det er mulig å trå på installsjonen uten å forstyrre målingene) er det foretatt kontrollmålinger av tetthet direkte på Møen2525. Disse er foretatt med Federal Sampler for å minimere det berørte arealet. Siden det har vist seg at det til tider er avvik mellom de målingene som foretas med tradisjonelt utstyr og med Federal Sampler, er ikke disse målingene sett på separat. Fra hydrologisk avdelings kvalitetshåndbok (Hydwiki) står det at Federal Sampler primært bør brukes der snødypet

er over 1 m, og at bruk av Federal Sampler bør unngås i de tilfeller der snøen er svært lett. Dette ble ikke tatt hensyn til de to foregående sesongene. I Snow Survey Sampling Guide (1981) står det også at en prøve uten jordpropp kan anses som usikker og at en slik prøve i utgangspunktet ikke bør benyttes. For de prøvene som tas på Møen2525, vil en naturlig nok, ikke få med en jordpropp. Der er derfor valgt å kun bruke gjennomsnittet av alle kontrollmålingene i sammenlikning med de automatiske installasjonene. Dette vil da inkludere både målinger tatt med tradisjonell 50 cm stålsylinder og målingene foretatt med Federal Sampler. Utover våren er det vanskelig å få et godt estimat av tettheten, uavhengig av målemetode, da mye vann vil renne ut før prøvene veies.

Det viste seg å være noe vanskelig å følge snøsmeltingen langs snøstrekket (markert med bambusstenger) med kontinuerlige målinger gjennom våren. Under begge sesongene smeltet snøen svært fort på tidspunkt mellom to målinger. Dette medførte at utviklingen i smelteforløpet ikke ble registrert like hyppig som vi håpet. Ut fra de to sesongene med data er det likevel syv smeltehendelser som kan brukes til å beregne romlig smeltefordeling.

Analysen av de syv smeltehendelsene viste at desto mer intens smeltingen var, desto mindre skjev ble fordelingen. Dette faktum kan benyttes i modellering av snø- og snøsmelting, og er videre analysert i Skaugen og Randen (2011, under utarbeidelse).

En stor andel temperatursensorer er utplassert på forskningsfeltet for å både å kunne følge utviklingene i snøtemperatur i sanntid, kalibrere modeller mot snøtemperatur, og undersøke hvorvidt de ulike installasjonene påvirker snøtemperaturen. Utover det arbeidet som er gjort i forbindelse med denne rapporten, er det et betydelig større arbeid som kan gjøres med analyse av de ulike temperatursensorene.

Figur 3.17, som viste temperaturutviklingen i snøpakken, viser også at snøpakken blir isoterm omtrent på samme tidspunkt begge sesonger. Da de ulike sesongene var relativt like, klimatisk sett, er dette ikke overraskende. Figuren viser også at temperaturen varierer mer jo høyere opp i snøpakken en kommer, mens temperaturen ved bakken varierer mindre. Dette skyldes snøens isolerende egenskaper.

Fra tabell 3.4 fremkommer det at temperaturen over og under de ulike snøinstallasjonene blir 0 °C på et senere tidspunkt enn snøpakken for øvrig. I utgangspunktet skulle man tro at dette primært gjaldt snøputene siden frostvæsken som er brukt kan ha en isolerende effekt. Fra sesongen 2009/2010 er forskjellen mellom tidspunktet for 0 °C under/over firkantpute3 og vekten åpenbar, mens det er mindre forskjeller mellom snøputer og vekt (Møen2525) sesongen 2010/2011. Årsaken til dette er ikke åpenbar, men data fra sesongen 2010/2011 var svært vanskelig å tolke. Det er ingen åpenbare forskjeller mellom temperaturregimet over og under putene, og heller ingen åpenbare forskjellen mellom temperaturregimet rundt den runde puten (fylt med etanol) og firkantputene (fylt med glykol).

Sammenliknet med observert nedbør simuleres det betydelig mer nedbør i seNorge enn det som er målt på forskningsstasjonen. Dette tyder i første omgang på at met.no sin målestasjon på Filefjell ikke er en del av stasjonsnettet som inngår i seNorge (i vertfall ikke sesongen 2010/2011). Årsaken til at nedbøren overestimeres er en kraftig høydekorrigering (Mohr, 2008).

Ved lave temperaturer virker det likevel som om seNorge underestimerer temperaturen noe, mens det ved høye temperaturer er en svak tendens mot at seNorge simulerer noe høyere temperaturer. Dette kan muligens skyldes at temperaturstasjonene som er bruk i genereringen av snøkartene ligger lavere i terrenget.

Overestimeringen av nedbør medfører at også SWE overestimeres, men en sterk kompaktering av snøen (for høy tetthet) medfører at snødypet estimeres noe mer riktig. Dette er også beskrevet i Stranden (2010) og Saloranta (2011, under utarbeidelse).

5 Konklusjon og oppsummering

Det er vanskelig å konkludere på alle spørsmålene i innledningen ved kun 1-2 år med data. I tillegg har dette vært to kalde, stabile vintere slik at snøinstallasjonene ikke har blitt godt nok testet på mildværsperioder gjennom vinteren.

Nedbør, temperatur og stråling er bare grovt gjennomgått i denne rapporten. Samtidige målinger av nedbør, temperatur og stråling på stasjonen gjør imidlertid stasjonen godt egnet for energibalansemodellering.

Foreløpige resultater viser at størrelsen på SWE-installasjonene ser ut til å være av betydning. Møen 2525 (25m^2) har vist mest snø (SWE) og er trolig mest representativ (sammenliknet med kontrollmålingene). Sommervekten (6,25 m^2) gir også lovende resultater, men bør sammenliknes med de øvrige installasjonene flere sesonger.

Denne rapporten underbygger også konklusjonene fra Ree m.fl. (2011) om at etanol/vann blanding ikke bør benyttes i snøputer.

Gammasensoren er uavhengig av skare- og islag i snøpakken og velegnet for å måle SWE der innslaget av skare og islag i snøpakken er stort. To kalde og stabile vintre har ikke bydd på de store klimatiske utfordringene, slik at forskjellen mellom gammasensoren og de andre installasjonene er mindre enn hva vi ville forventet i et mer ustabilt vinterklima. I tillegg påvirket plasseringen av instrumenthytta snøfordelingen på forskningsfeltet, og siden instrumenthytta nå er flyttet kunne gammasensoren med fordel vært testet mot snøvekt- og puter enda en sesong.

For fremtidige sesonger bør det også være økt fokus på kvaliteten av kontrollmålingene, slik at usikkerheten ved å sammenlikne de automatiske målemetodene med kontrollmålinger minimaliseres.

Forsøket med å måle smeltefordeling langs fastsatte bambusstenger kan ansees som vellykket, på tross at snøen smeltet fortere en påregnet. For å lette tilgjengeligheten til bambustrekket er flere av bambusstakene flyttet.

Som vist i flere andre studier simulerer SeNorge for mye snø sammenliknet med det som observeres på forskningsfeltet.

I løpet av 2011 ble stasjonen på Anestølen i Sogn også instrumentert opp med snødybdesenor, snøvekt (Møen2525), snøpute (NVE2010), gammastrålingsmålere (2stk, en med og en uten blyskjerm), samt nedbørmåler, vind, temperatur luftfuktighet og grunnvann. Etter endt 2011/2012-sesong er det naturlig å se resultatene fra Filefjell i sammenheng med resultatene fra Anestølen.

6 Videre arbeid

Datamengden fra forskningsfeltet er svært omfattende, og både snø og klimadata kan være gjenstand for flere analyser i tiden fremover.

I rapporten er det brukt rådata, men åpenbare feilregistreringer er fjernet i analysen. **Videre kvalitetssikring og en gjennomgang av ansvarsfordelingen vedrørende dette er å anbefale.** I denne rapporten har vi også valgt å konsentrere oss om døgndata der ikke annet er presisert, i videre analyser vil det være interessant å gå dypere inn i datasettet og for eksempel se på timesverdier.

Også flere andre interne FoU-prosjekt benytter data fra forskningsstasjonen på Filefjell. Å få på plass et system for kvalitetskontroll av de ulike parametrene er derfor sterkt påkrevd.

I en videre analyse av data fra forskningsfeltet er det mulig å sette opp en **vannbalansemodell,** inkludert vannføingsdata fra 73.27 Sula, og ikke minst en energibalansemodell som benytter det som måles av stråling fullt ut.

Snø og nedbør har vært målt på forskningsfeltet siden 1968, og dersom anledningen byr seg bør man kunne sette det som nå gjøres av forskning på Filefjell inn i et **historisk perspektiv.**

I samarbeid med met.no benyttes klimadata (inkl. stråling) fra Filefjell i energibalansemodellering, primært rettet mot forskning på snø og snøskred (Vikhamar-Schuler m.fl., 2011). NVEs forskningsstasjon er en attraktiv stasjon i forbindelse med energibalansemodellering siden det både måles vær- og ulike snøparametere på stasjonen. I den forbindelse er det aktuelt å **utplassere enda en strålingssensor på forskningsfeltet**, og **forsette arbeidet med å bruke data fra stasjonen i modellering**.

På grunn av de store datamengdene fra forskningsstasjonen på Filefjell er stasjonen velegnet **til bruk i for eksempel masteroppgaver**. Aktuelle oppgaver kan for eksempel være :

1. Grundig studie av hvorfor de ulike målemetodene for SWE gir ulike resultater,
2. Studie av temperaturregimet i snøpakken gjennom vinteren, spesielt med tanke på temperaturregimet omkring snøputene (linkes mot punkt 1)) , og
3. å lage en alternativ modell til graddagsmodellen for å se på snøsmelting og –akkumulasjon og bruke data fra Filefjell som input og til validering.

Det interne NVE prosjektet ”Testing og evaluering av nye metoder for måling av snøens vannekvivalent” (2011-2013) fokuserer på testing og evaluering av nye målemetoder for SWE. En forutsetning for å få låne og teste gammasensoren er, at vi **publiserer resultatene**. Etter endt sesong på Anestølen skal derfor resultatene publiseres vitenskapelig. I prosjektet ligger også uttesting av annet utstyr som for eksempel GPS og radioaktivitetsmålinger fra Statens Strålevern.

På grunnlag av kun en til to sesonger med data og små klimatiske utfordringer har det vist seg vanskelig å trekke klare konklusjoner. **Det anbefales derfor at dagens måleopplegg videreføres, slik at stasjonen kan evalueres grundigere etter flere sesonger.**

Referanser

Campbell Scientific (2011): Instruction Manual GMON3 Snow Water Equivalency Sensor, Campbell Scientific (Canada) corp.

Dingman, L. S. (2002): Physical hydrology (Prentice Hall), 2. utg.

Engeset, R (2010): Hvordan lages vær- og snødata for seNorge.no?, se www.nve.no/snokart

Furemyr, S. og A. Tollan (1975). Resultater og erfaringer av snøundersøkelser i Filefjell representative område 1967-1975. *Den norske komité for Den internasjonale hydrologiske dekade*, Oslo.

Glad, P. A. og H. Colleuille (2010). Filefjell – Kyrkjestølane (073.Z). Grunnvanns- og markvannsundersøkelser. Tilstandsoversikt 2009-10. *Norges vassdrags og energidirektorat*. Oppdragsrapport A 10/2010.

Hydrologisk avdeling sin kvalitetshåndbok – **HydWiki** (intranett)

Minitab® Statistical Software (2007), Version 15. Minitab Inc., PA, USA. www.minitab.com

Mohr, M. (2008). New Routines for Gridding of Temperature and Precipitation Observations for "seNorge.no". *met.no* note no. 8/2008

Paterson, W.S.B., (1994). Heat budget and climatology, The Physics of Glaciers, 3rd ed. Redwood Books, Great Britain, s. 59.

Ree, B. L., H. Landrø, E. Trondsen, K. M. Møen (2011). Evaluering av NVE sitt snøstasjonsnettverk. *Norges Vassdrags- og energidirektorat*, rapport 4, 2011.

Saloranta, T (2011, under utarbeidelse). Sensitivity analysis and MCMC calibration of the seNorge snow model (tus@nve.no)

Skaugen, T (2007). Modeling the spatial variability of snow water equivalent at the catchment scale. Hydrology and Earth System Sciences (HESS), 11, 1543-1550.

Skaugen, T. og F. Randen (2011, under utarbeidelse). Modelling spatial distribution of snow water equivalent at the catchment scale taking into account changes in snow covered area

Snow Survey Sampling Guide (1981). Surface Water Section, Water Management Branch, Ministry of Environment, Province of British Columbia, Canada.

Stranden, H. B. (2010). Evaluering av seNorge: data versjon 1.1., *NVE* dokument 4/2010 (36 s.)

Sundøen, K. (1997). Snøputa, en sensor for måling av snølagets vekt. *Norges vassdrags og energidirektorat*. Hydrologisk månedsoversikt mars 1997, s. 21-22.

Tollan A (1971). Experiences with snow pillows in Norway, Reprint from the *Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology*, XV, 2-6/1970

Vikhamar-Schuler, D., K. Müller, T. Engen-Skaugen (2011): Snow modeling using SURFEX with the CROCUS snow scheme. *met.no* note no. 7/2011.

Yr.no (2010): Væråret 2010. Året som var så kaldt. http://www.yr.no/nyheter/1.7438384. lest 17.10.2011

Vedlegg

VEDLEGG A: VIND OG NEDBØRFORHOLD

VEDLEGG B: WEBKAMERABILDER, SESONGEN 2009/2010

VEDLEGG C: WEBKAMERABILDER, SESONGEN 2010/2011

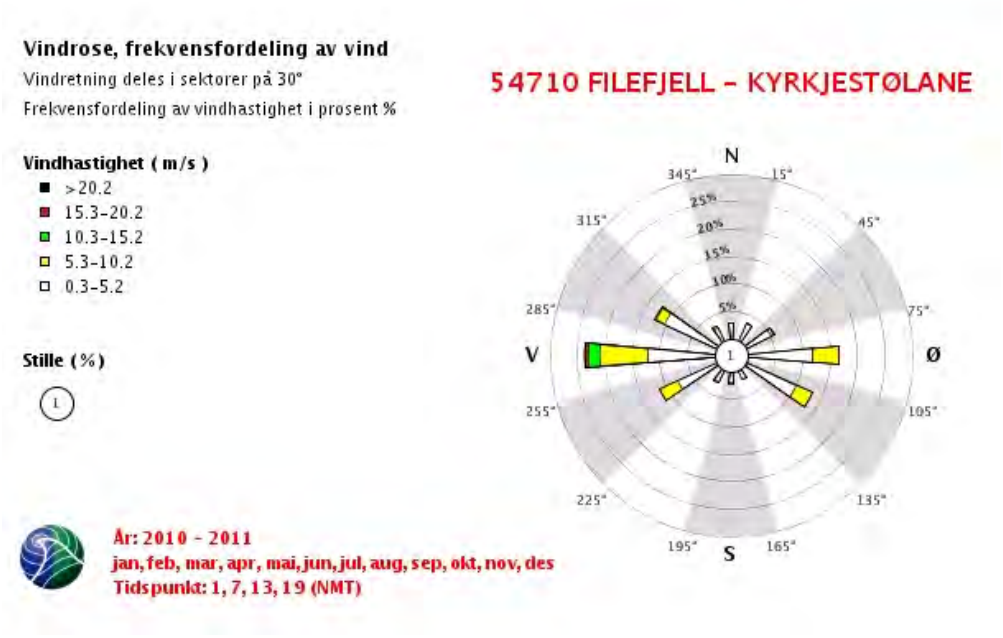
VEDLEGG D: MÅLEPLAN 2010

VEDLEGG E: MÅLEPLAN 2011

VEDLEGG F: UTVIKLINGEN I SNØDYP SESONGEN 2010/2011

Vedlegg A

Vind og nedbørforhold ved Filefjell - Kyrkjestølane



Figur A.1: Vindrose, frekvensfordeling av vind fra met.no sin stasjon på Filefjell – Kyrkjestølane.

Tabell A.1: Korrelasjonsanalyse mot observert vinternedbør ved Oslo- Blindern (som eksempel på "østavær") og Voss (som eksempel på vestavær).

	Korrelasjon mot Kyrkjestølane
Oslo	0,074
Voss	0,249

Vedlegg B

Webkamerabilder – våren 2010

19. april 2010 kl 12.00

1. mai 2010 kl 09.00

15. mai 2010 kl 15.00

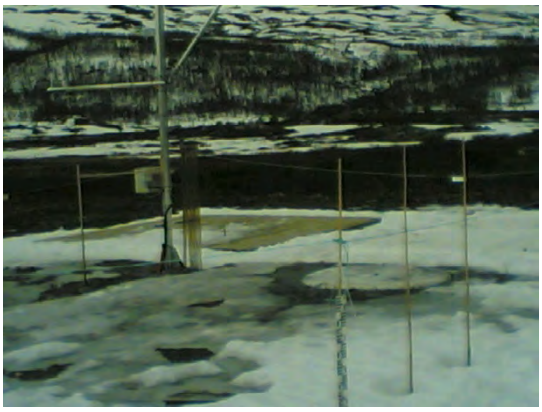
19. mai 2010 kl 15.00

20. mai 2010 kl 15.00

21. mai 2010 kl 15.00

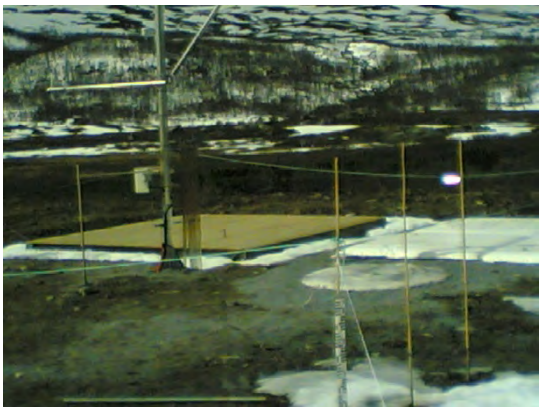
22 . mai 2010, kl 09.00

22. mai 2010, kl 17.00



23. mai 2010 kl 09.00

24. mai 2010 kl 09.00



25. mai 2010 kl 09.00

1. juni 2010 kl 15.00

Vedlegg C

Webkamerabilder – våren 2011

30. mars 2011, kl 13.00

2. april 2011, kl 10.00

14. april 2011, kl 10.00

16. april 2011, kl 10.00

21. april 2011, kl 13.00

23. april 2011, kl 13.00

26. april 2011, kl 13.00

27. april 2011, kl 16.00

2. mai 2011, kl 10.00

6. mai 2011, kl 10.00

7. mai 2011, kl 10.00

9. mai 2011, kl 10.00

11. mai 2011, kl 16.00

12. mai 2011, kl 16.00

Vedlegg D

MÅLEPLAN 2009/2010

Norges vassdrags- og energidirektorat

NVE

Internt notat - prosjektet GODE SNØDATA

Til:	RUE; ERM
Fra:	HRB
Ansvarlig:	
Dato:	13.10.2009
Saksnr.:	NVE
Arkiv:	
Kopi:	

Måleopplegg 73.11 Kyrkjestølane V2010

Sammendrag:

I forbindelse med oppgradering av stasjon 73.11 Kyrkjestølane til forskningsfelt for snø og automatiske målemetoder for snø planlegges utvidede kontrollmålinger gjennom vinteren. Dette er viktig for å kunne følge opp de installasjonene som er utplassert og for å avdekke mulige feilkilder. Kontrollmålingene er tenkt finansiert gjennom forvaltning og 1830-midler. Det skisserte opplegget antas å koste i overkant av 40000,- i reiseutgifter eksklusiv timer og overtid.

I dette notatet beskrives måleopplegget for vinteren. Hva som måles på Kyrkjestølane er gitt i tabell 1. Tabell 2 angir tidspunkt, hva slags kontrollmåling og hvem som skal utføre målingene. Måleprosedyrene er beskrevet i avsnitt 1.1: Vanlig kontrollmåling, 1.2: Utvidet kontrollmåling og 1.3 Oppgraving av puten.

Begrunnelse:

Erfaringer fra en vinter med utvidede kontrollmålinger viser at det er svært verdifullt. Blant annet avdekket vi gjennom flere kontrollmålinger vinteren 2009 dannelse av luftrom rundt putene og eim av sprit. På grunn av uttesting av nye målemetoder (snøvekt) og puter fylt med glykol istedenfor etanol bør det foretas jevnlige kontrollmålinger av installasjonene. Dette for å lettere kunne validere installasjonene i ettertid og for en enklere kvalitetskontroll. I forbindelse med at det i området også er utplassert værstasjoner (inkl. globalstråling) og temperatursensorer ti ulike steder/høydenivåer, er det veldig aktuelt å også ta snømålinger som vil kunne brukes i forbindelse med modellering av energibalanse.

Det er også tenkt å kombinere målingene der oppe med en studie av snøens fordeling, særlig utover smelteperioden. Dette har vært forsøk tidligere (på Norefjell), men det viste seg å være vanskelig å måle samme sted fra gang til gang uten at stedene er fysisk avmerket. Dette har vi tatt lærdom av og vi har kjøpt inn bambusstaver slik at målepunktene kan avmerkes i terrenget. En god måleserie av snø i smelteperioden er etterspurt i kalibrering av modeller.

Økonomi:

I snitt kan det antas at en kontrollmåling koster 3000 kr gangen for to personer ekskl. timer og overtid. En utvidet kontrollmåling koster anslagsvis 3500 kr for to personer i 2 døgn (kost + diesel/bensin). En vanlig kontrollmåling, som forhåpentligvis kan kombineres med noen annet, antas å koste maks 2500kr. I tillegg kommer timer og evt. overtid.

Standard kontrollmåling av snøputene bør kunne dekkes over forvaltningsbudsjettet (3310X ?) og innebærer 3-5 kontrollmålinger i sesongen (1 måling i januar + 2 i mars og april ifølge KS-prosedyren). De utvidede kontrollmålingene dekkes av prosjektet GODE SNØDATA (302H15) og det forutsettes at det bevilges penger til dette. Det legges opp til at de vanlige kontrollmålingene kan utføres av forbipasserende felthydrologer eller andre NVE ansatte som er i området. Det forutsettes også at Varden kan brukes for overnatting.

Parallelt med dette prosjektet søkes det om prosjektmidler til is- og vanntemperaturmodellering. Dette prosjektet innebærer et ønske om flere kontrollmålinger av isprofiler på et høyfjellsvann (f.eks. Otrøvatn/Vangsmjøsa/Tyin). Det legges opp til at snømålingene på Kyrkjestølane kan kombineres med målinger av isen på det nærliggende vannet. .

Måleutstyr plasseres enten på Varden eller i bua som står på forskningsfeltet.

Tabell 1. Noen av parametrene som måles på Kyrkjestølane

Hva	Kode i H2	År
Nedbør (geonor)	73.11.0.9301.1	1998 -d.d
Snødyp	73.11.0..2002.1	2005 - d.d.
Relativ luftfuktighet	73.11.0.2.1	2009-d.d
Globalstråling	73.11.0.6.1	2009-d.d.
Vindretning	73.11.0.14.1	1998-d.d.
Vindhastighet	73.11.0.15.1	1998-d.d
swe (ordinær snøpute)	73.11.0.2003.1 / 2	1967-1998 / 1998-d.d.
swe (firkantpute 1)	73.11.0.2003.3	2009 - d.d.
swe (firkantpute 2)	73.11.0.2003.4	2009 - d.d.
swe (firkantpute 3)	73.11.0.2003.5	2009 - d.d.
swe (firkantpute 4)	73.11.0.2003.6	2009 - d.d.
swe (snøvekt)	73.11.0.2003.7	2009 - d.d.
Lufttemperatur	73.11.0.0.17.1	1988 - d.d.
Tempr. under 4-pute	73.11.0.9153.2	2009 - d.d.
Tempr. på 4-pute	73.11.0.9153.3	2009 - d.d.
Tempr. på snøvekt	73.11.0.9153.4	2009 - d.d.
Tempr. 15 cm over	73.11.0.9153.5	2009 - d.d.

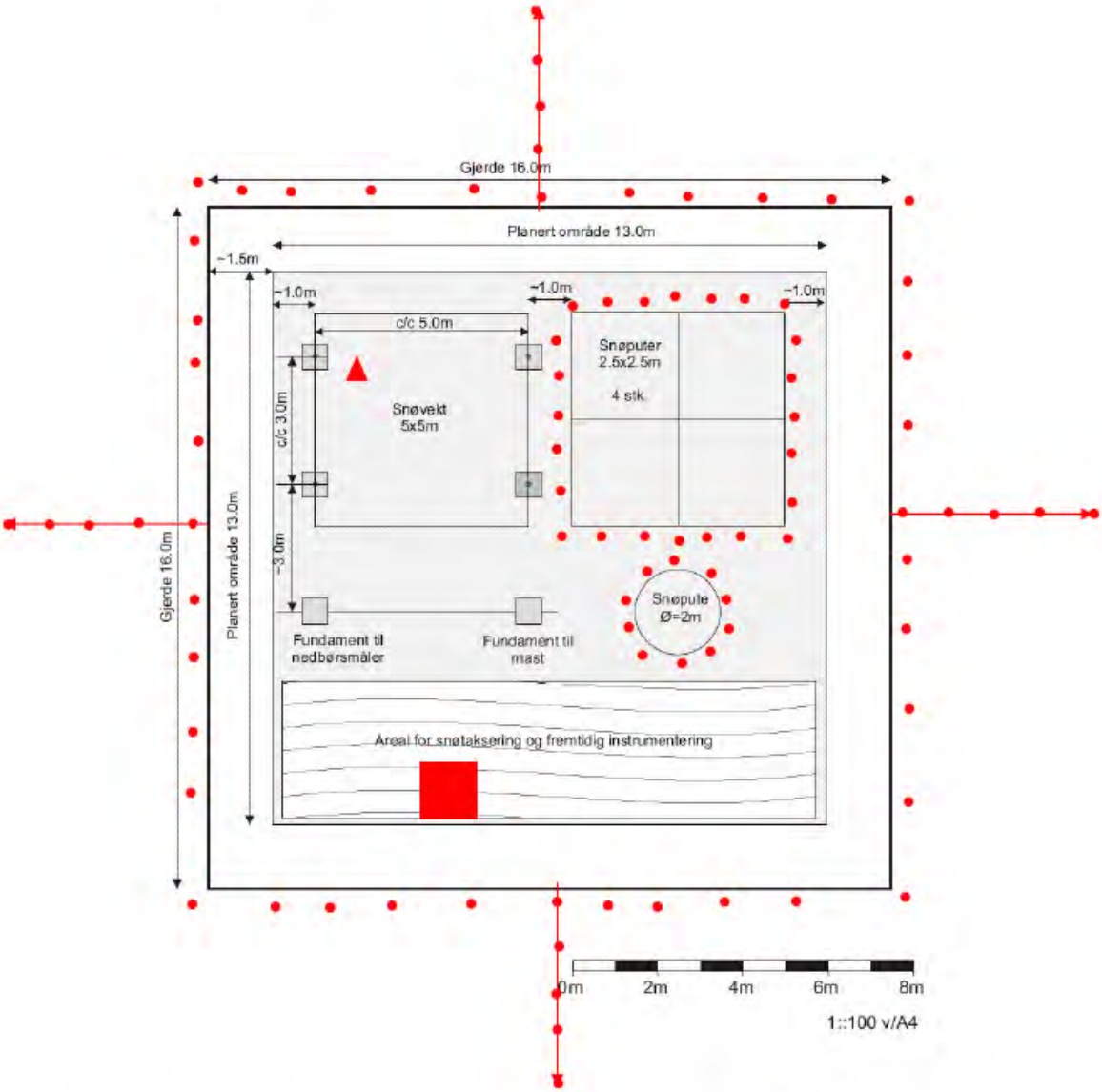
I tillegg måles grunnvannstand, grunnvannstemperatur. Se for øvrig H2 /HYSOP for øvrig informasjon.

Tabell 2: Måleopplegg. Tidsplan. Aktuelle snømenn er ELTR, HILA, THS, HRB, NHA + alle andre som ønsker seg en drømmedag på Filefjell!

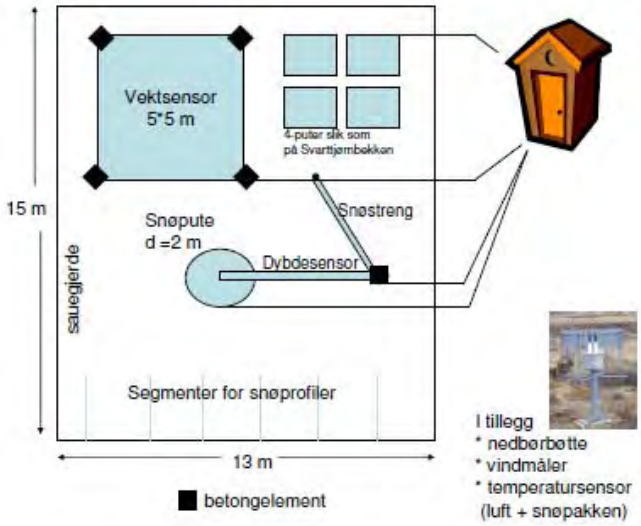
Når	Hva	Budsjett	Hvem	Utført (dato/init)
Uke 44 (2009)	Montere webkamera, kalibrere vindsensor, sette opp midlertidig gjerde, + markører som viser sted for snømålinger + markvannstasjonene/jordtempr.. Kontrollmåling dersom snømengdene tilsier det.	Post 45 ??	KMM + ELTR	ok
Uke 49 (2009)	Vanlig kontrollmåling + sette ut bambuspinner for senere snøtaksering.	3310X	THS? HRB?	Ok
Uke 2	Vanlig kontrollmåling + ismåling	3310X	HRB/RAEK	ok
Uke 4	Kontrollmåling	3310X	FRK/HASO	Ok
Uke 6	Kontrollmåling	3310X	LJB/TOMS	Ok
Uke 8	Kontrollmåling + bambuspinner		HRB/RAEK	Ikke utført
Uke 10	Kontrollmåling + bambuspinner	3310X	NHA	Uke 9
Uke 12	Kontrollmåling + bambuspinner + radar	302 H15	HRB + HILA	Uke 11
Uke 13	Kontrollmåling + bambuspinner	3310X	HASO	Ok, ikke bambus
Uke 15	Kontrollmåling + bambuspinner	302 H15	HRB/THS	Ok
Uke 16	Kontrollmåling + bambuspinner	3310 X	NHA	
Uke 17	Kontrollmåling + bambuspinner	302 H15	HRB/THS	
Uke 18	Kontrollmåling + bambuspinner	3310 X	TOMS /LJB	
Uke 19	Kontrollmåling + bambuspinner	302 h15	THS /SOWH	
Uke 20	Kontrollmåling + bambuspinner	3310 X	HRB +	
Uke 21	Kontrollmåling + bambuspinner	3310 X	ELTR	
Sommer	Kalibrering/vedlikehold	3310 X		

NB! Vi har et gjensidig samarbeid med ismenneskene på HB. Det innebærer at dersom det passer seg tar vi (som er der oppe for å se på snø) også en til to ismåling(er) (måling av istykkelse ca 100 og 200 m ut fra Nystuen hotell på Otrøvatn) + en til to målinger av snøens tetthet oppe på isen. Ta kontakt med RAEK eller AASK for nærmere info.

AASK og RAEK tar også snømålinger dersom de drar til Otrøvatn i ens ærend for å måle is. Planlegges på torsdag 28/1.



Figur 1. Oversikt over området med planlagte målinger. I praksis er avstanden mellom installasjoner og det midlertidige gjerdet ~ 20 cm. ● Måling av snødyp, ■ vanlig tradisjonell tetthetsprøve, ▲ tetthetsprøve tatt med federal sampler.



Figur 2. Skisse av området slik det var tenkt satt opp. Faktisk plassering avviker noe. Snøstrengen er ikke utplassert.

Figur 3:a) Geonor, Snøvekt (t.v.) dybdesensor, snøputer (t.h.) Bildet er tatt mot sørvest. b) Temperaturvertikal (forran), snøputer (4) og ordinær rund pute. Bildet er tatt mot vest. E 16 sees i bakgrunnen.

Tabell 3. Sjekkliste for besøk

Sjekkliste		Antall målinger/info	Utstyr
Snødyp	Rundt gjerdet	36	Sondestang + notatbok
	Rundt etanolputen (den runde)	10	Sondestang + notatbok
	Rundt firkantputene	24	Sondestang + notatbok
	I hver himmelretning	4*4	Sondestang + notatbok
	Der hvor du tar tetthetsprøve(r)	1	Tommestokk + notatbok
	På putene (vær varsom)	5	Sondestang + notatbok
	På bambuspinner[1]	45, fra februar.	Tommestokk, evt. flere bambuspinner, tape
Tetthet - tradisjonelle	På avmerket område	2 prøver.	Tetthetsprøveutstyr 26/1: **UTSTYR MANGLER**
Tetthet- federal sampler	På snøvekten	2 prøver	Federal sampler
	Langs bambuspinnene	Min. 5 prøver, spredt utover.	Med federal sampler
Oppgraving[2]	Snøvekt og snøputer	Se etter islag.	Kamera! En liten og en stor spade.
Taugjerdet	Sjekk at det ikke er snødd ned		Trenger evt. nye bambuspinner (ligger til høyre for bua) og nye strips for å sette opp et nytt midlertidig gjerde.
Webkamera	Restart dersom < -20°C siden sist	Restart ved å trykke på knapp til høyre på kamera	Skrujern er kjekt å ha
Strålingssensor			
	Sjekke om sensoren er rimet ned.		Stige? Børst av snø og rim?
	Treffes sensoren av direkte sollys?	som bakgrunnsinfo.	
Vindsensor og vindmølle	Børst av is og snø		Skistav, kost ell.lign.
GeoNor'en	Sjekk og tøm	1	Mer frysevæske?? Spør Knut før avreise.
Grunnvannsrør	Peile grunnvannstand	1	Klukkelodd ligger i bua på feltet. Rapporteres til Eva og Herve.
Istykkelse på Otrøvatn	Ca 100 - 200 m fra Nystuen hotell	2	Isbor og tommestokk. Rapporteres til AASK og RAEK.

[1] Bambuspinnene

Det er utplassert 45 bambuspinner i nærheten av snøinstallasjonene. Den første pinnen står like sørvest for installasjonene, og de neste 44 pinnene står med ca 10 m mellomrom videre vestover.

Bambuspinnene står med varierende høyde ned i bakken. Det er derfor viktig å måle fra toppen av stangen. I høst markerte vi 0,5 m, 1m og 1,5 m med hhv gul/grønn tape, rød tape og gul tape. Målene gjelder til toppen av tapen. Flere bambusstenger ligger ved bua dersom det er behov for å skjøte.

Koordinater og tidligere målte snødyp ligger på F:\Fastgrupper\Snø\Snøputer\Snøputestasjoner Opplysninger og bilder\73_11_0 Kyrkjestølane\Prosjekt 2009_2010\Bambus\snødyp ved bambusstenger.xls

[2] Oppgraving av puter

Siden alle putene har avvikende resultater er det en ide å grave seg inn til putene og vekten for å sjekke bl.a. islag. Det kan også være en ide å ta en tetthetsprøve i grøften som graves (jo flere tetthetsprøver jo bedre). Se etter islag og endringer i snøpakken. Under etanolputen kan det lukte sprit (stikk hånden under). Det skal selvsagt ikke lukte sprit under glykolputene. Se for øvrig figur 4.

Dokumenter dette med tekst og bilder i ettertid!!!

Figur 4. Oppgraving av snøputene.

Vedlegg E

MÅLEPLAN 2010/2011

Norges vassdrags- og energidirektorat

NVE

Internt notat – Måleopplegg 73.11 Kyrkjestølane, vår 2011

Til:	HH/ELTR, HILA
Fra:	HB/HAGR
Ansvarlig:	
Dato:	14.01.2011, rev. 28.01.2011
Saksnr.:	
Kopi:	RUE, ERM

Måleopplegg 73.11 Kyrkjestølane, vår 2011

Sammendrag:

Måleopplegget for kontrollmålinger ved stasjon 73.11 Kyrkjestølane våren 2010 foreslås videreført til våren 2011 med mindre endringer. Vinteren 2009/2010 var en snøfattig sesong og det skisserte måleopplegget for våren 2010 ble fulgt opp i varierende grad. Det er derfor behov for ytterligere en sesong med utvidet måleopplegg for å kunne følge opp de installasjonene som er utplassert og for å avdekke mulige feilkilder. Kontrollmålingene er tenkt finansiert gjennom forvaltningsmidler og noe FOU-midler.

I dette notatet beskrives måleopplegget for kontrollmålinger av snø ved stasjon 73.11 Kyrkjestølane våren 2011. Bakgrunnen for måleopplegget er nærmere forklart i *Internt notat – prosjektet GODE SNØDATA*. Tabell 1 er det gitt et forslag til måleplan som angir tidspunkt, hva slags kontrollmåling og hvem som kan utføre målingene. I Tabell 2 er det vist en oversikt over de snørelaterte målingen som skal utføres ved hvert besøk. I Tabell 3 er det gitt en sjekkliste for utstyr som det er behov for ved hver type måling samt for de andre standard sjekkpunktene ved stasjonen.

Måleplan for våren 2011

I **Tabell 1** er det gitt et forslag til måleplan for våren 2011 som inkluderer tidspunkt, hva slags kontrollmåling og hvem som kan utføre målingene. Det er ønskelig at de nye medarbeiderne på seksjon HB blir med en medarbeider fra HH så tidlig som mulig i sesongen for å bli kjent med stasjonen og måleopplegget. Det legges opp til at det fortrinnsvis er en fra hver seksjon ved hvert besøk.

I **Tabell 2** er det vist en oversikt over de snørelaterte målingen som skal utføres ved hvert besøk. Med dette måleopplegget skal det altså utføres **65 snødybdemålinger** (stikk) og **8 tetthetsmålinger** for hvert besøk. Det legges opp til å ta 2 tetthetsprøver med standard utstyr (måleinstruks, se vedlegg 3) og 6 tetthetsprøver med Federal sampler (måleinstruks Federal sampler, se vedlegg 4). Se **Figur 1** for skisse over målestasjonen med inntegnede målepunkt. Kodene for hver "gruppe" snømåling skal benyttes i rapporteringen (RUP, NØ, NV osv.), se eget rapporteringsskjema (vedlegg 2).

Tabell 1: Forslag til måleplan for våren 2011. Aktuelle feltmedarbeidere kommer fra seksjonene HB (Heidi A./HAGR, Ragnar E./RAEK, Karsten M./KMU, Tuomo S./TUS, og Thomas S./THS,) og HH (Leif Jonny B./LJB, Nils H./NHA, Hilde L./HILA, Tommy S./TOMS og Elise T./ELTR).

Nr	Når	Hva	Hvem
1	**Uke 3**	Kontrollmåling + ismåling + sjekke grunnvannsloggere+ webkam	HILA, HAGR
2	**Uke 5**	Kontrollmåling+ ismåling + webkam	HILA, TUS
3	**Uke 7**	Kontrollmåling + ismåling + **oppgraving snøpute*** **	ELTR, HAGR
4	**Uke 9**	Kontrollmåling + ismåling	RAEK, ELTR
5	**Uke 11**	Kontrollmåling + ismåling + bambuspinner	RAEK, KMU
7	**Uke 13**	Kontrollmåling + ismåling + bambuspinner	THS, TUS
6	**Uke 14**	Kontrollmåling + ismåling + bambuspinner	HAGR,
8	**Uke 15**	Kontrollmåling + ismåling + bambuspinner + **oppgraving snøpute*** **	ELTR, TUS
9	**Uke 17**	Kontrollmåling + ismåling + bambuspinner	THS**, KMU
10	**Uke 18**	Kontrollmåling + ismåling + bambuspinner	THS, HAGR
11	**Uke 19**	Kontrollmåling + ismåling + bambuspinner	THS, ELTR
12	**Uke 20**	Kontrollmåling + ismåling + bambuspinner	THS, HAGR
13	**Uke 21**	Kontrollmåling + ismåling + bambuspinner	THS, KMU

Budsjett: Totalt =2 pers x 15t x 13 besøk+ 2 pers x 7.5 t x 4 dager (smelteuke)= 450 t
HB: 3310X = 240 t **og 302 H49** = 60 t
HH: 3310X = 150 t (2x15 t x 5 ganger)

**** **litt voldsomt på THS, men jeg (THS) vil få med meg smeltingen ordentlig i år og signaliserer herved at alle disse datoene er interessante, men viker hvis andre vil.**

***** **oppgraving gjøres i andre uker dersom vi ser tegn til snøbroer**

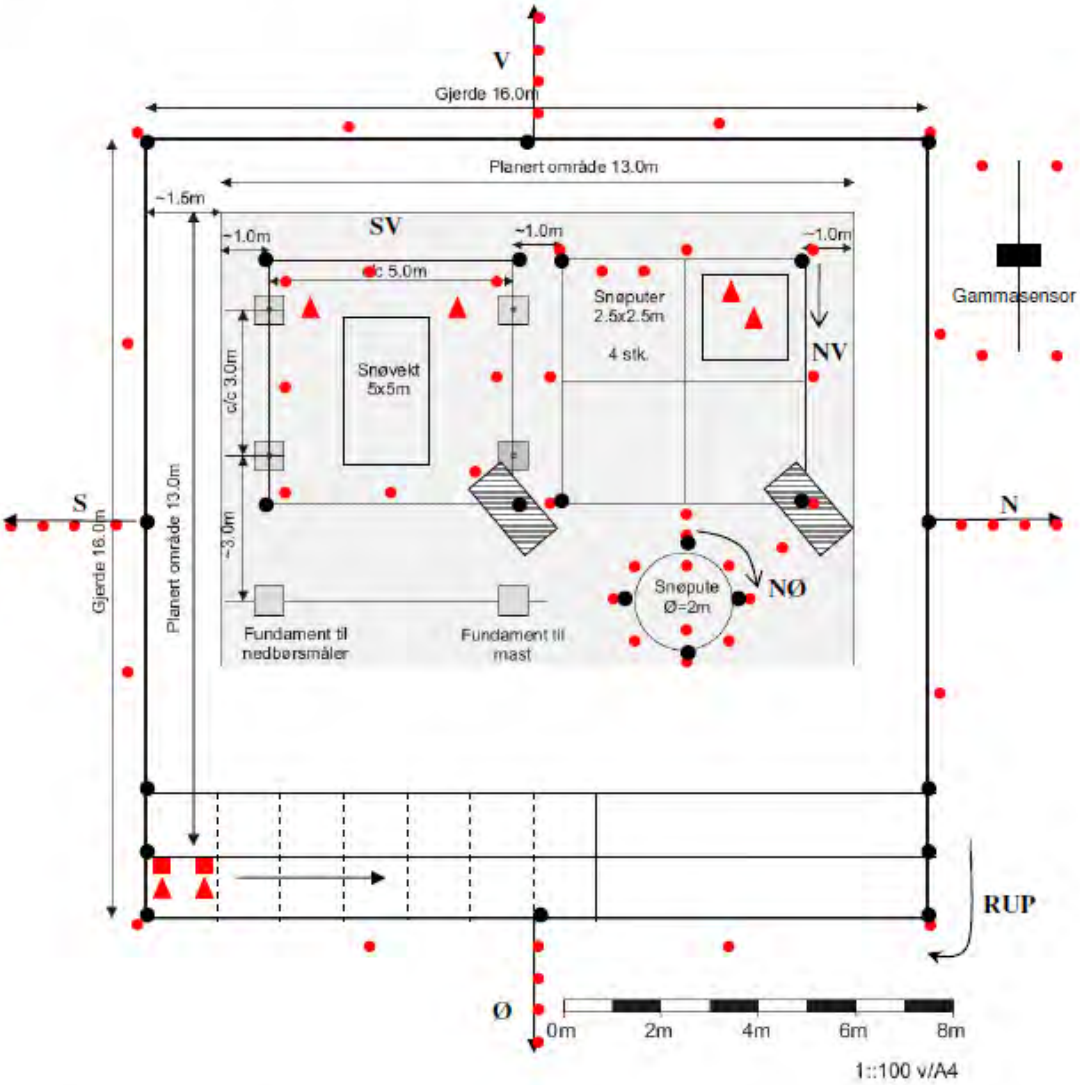
* 3310X – Forvaltning, 302 H49 FOU-prosjekt/RAEK

Tabell 2: Oversikt over pålagte snømålinger.

Kontrollmålinger	Sted	Antall	Kode*
Snødybde	Rundt gjerdet (utenfor) + v/gammasensor	16+4 = 20	RUP
	Rundt og på etanolputen (den runde)	8+2 = 10	NØ
	Rundt og på firkantputene	8+2 = 10	NV
	Rundt og på vekten	7+2 = 9	SV
	I hver himmelretning (N, Ø, S, V)	4*4 = 16	N, Ø, S, V
	Samme sted som tetthetsprøver	(8)	
	Totalt antall stikk	**65** (73)	
Snøtetthet – tradisjonell (50 cm rør)	På avmerket område	2 prøver	I, II

Snøtetthet- Federal sampler	2 på avmerket område + 2 på snøvekten + 2 på firkantpute **Total antall snøtetthetsprøver**	6 prøver **8**	III, IV og V, VI og VII, VIII
Oppgraving	Snøvekt og snøputer (2 g i sesongen)	Se etter islag	

* Koder som brukes ved innlegging av data i Hysopp.



Figur 1. Oversikt over området med planlagte målinger (not to scale). I praksis er avstanden mellom installasjoner og det midlertidige gjerdet ~ 20 cm. ● Måling av snødyp (sondestang/tommestokk), ■ tradisjonell tetthetsprøve, ▲ tetthetsprøve tatt med Federal sampler. ▨ Området til å grave inn til pute, ● oppsatte pinner/staker.

Tabell 3. Sjekkliste for hvert kontrollbesøk.

Kontrollmålinger		Info	Utstyr
Snødybde	På området	**65** stikk	Sondestang + notatbok
	På bambuspinner[1]	**45**, fra 14.mars.	Tommestokk, evt. flere bambuspinner, tape
Tetthet - tradisjonelle	På avmerket område	**2** prøver	50 cm langt rør (2 liter)
Tetthet- Federal sampler	På avmerket omr, snøvekten og firkantpute	**6** prøver	Federal sampler + nødvendig utstyr til denne, se egen instruks (vedlegg)
	På bambuspinner[1]	**10** prøver, fra 14.mars	Federal sampler + nødvendig utstyr til denne, se egen instruks (vedlegg)
Oppgraving[2]	Snøvekt og snøputer	Se etter islag, uke 7&15	Kamera! En liten og en stor spade.
Istykkelse på Otrøvatn[3]	Ca 100 - 200 m fra Nystuen hotell	**2**	Isbor og tommestokk.
Sjekk av utstyr		**Info**	**Utstyr**
Taugjerdet	Sjekk at det ikke er snødd ned		Ved behov sette opp nye bambuspinner (midlertidig løsning)
Webkamera	Restarte dersom < -20 °C siden sist	Restarte - knapp til høyre på kamera	Skrujern
Strålingssensor	Sjekke om sensoren er rimet ned.		Stige? Børst av snø og rim?
	Treffes sensoren av direkte sollys?	Bakgrunnsinfo	
Vindsensor og vindmølle	Børst av is og snø		Skistav, kost ell.lign.
GeoNor'en	Sjekk og tøm	1	Mer fryseväske?? Spør Knut før avreise.
Grunnvannsrør	Peile grunnvannstand	1	Klukkelodd ligger i bua på feltet. Rapporteres til Eva og Herve.

[1 og 2] se nedenfor, [3] se vedlegg 5.

[1] Måling av bambuspinner på Kyrkjestølane

Hensikt

I en nylig utviklet modell av snøens fordeling i rommet, antas det at smeltingen i rommet kan antas å være gamma fordelt. Parametrene til fordelingene avledet av hvor mye, i gjennomsnitt, det antas å smelte pr tidsskritt. Antakelsen bør verifiseres og det er derfor satt opp ca 45 bambuspinner på

Kyrkjestølane (sør-vest for stasjonen) med 10 meters mellomrom (dette definerer "rommet") hvor endringene av SWE (snødyp og tetthetsmålinger) skal måles gjennom smeltesesongen for å verifisere at smeltefordelingen i rommet kan modelleres som gammafordelt.

Utførelse av målingene

Høsten 2009 markerte vi 0,5 m, 1m og 1,5 m over bakken med hhv gul/grønn tape, rød tape og gul tape. Målene gjelder til toppen av tapen. Det måles cm til snøoverflate fra toppen av tape for hver stang. Vær oppmerksom på at det har en tendens til å smelte en trakt rundt bambuspinnen slik at man måler fra topp av tape til snøoverflaten som den er tenkt uten at trakten var tilstede. Ved start og slutt og for hver 10'ende bambuspinne måler man tetthet med federal sampler. Ta (minst) to målinger som skal samsvare sånn passe.

For beregning av endring av SWE ved hver bambuspinne anvendes et gjennomsnitt av tetthet for hele strekket.

Flere bambusstenger ligger i D211, må tas med opp ved første besøk til bruk dersom det er behov for å skjøte.

Koordinater og tidligere målte snødyp ligger på F:\Fastgrupper\Snø\Snøputer\Snøputestasjoner Opplysninger og bilder\73_11_0 Kyrkjestølane\Prosjekt 2009_2010\Bambus\snødyp ved bambusstenger.xls. Det skal opprettes et tilsvarende regneark for sesongen 2010-2011.

[2]Oppgraving av puter

Siden alle putene har avvikende resultater er det en ide å grave seg inn til putene og vekten for å sjekke bl.a. islag. Det kan også være en ide å ta en tetthetsprøve i grøften som graves (jo flere tetthetsprøver jo bedre). Se etter islag og endringer i snøpakken. Under etanolputen kan det lukte sprit (stikk hånden under). Det skal selvsagt ikke lukte sprit under glykolputene. Se for øvrig figur 2.

Dokumenter dette med tekst og bilder i ettertid!!!

Figur 2. Oppgraving av snøputene.

Rapportering srutiner

Snø: Rapporteres til Heidi (HAGR)
Ismålinger: Rapporteres til Ragnar (RAEK) eller Ånund (AASK)
Grunnvannskontroller: Rapporteres til Herve (HEC) eller Eva (EVA)
Bambuspinner: Rapporteres til Thomas (THS)

Data bør legges inn i Hysopp så raskt som mulig etter tilbakekomst. For hver kontrollmåling skal det opprettes en katalog under F:\Fastgrupper\Snø\Snøputer\Snøputestasjoner Opplysninger og bilder\73_11_0 Kyrkjestølane\Kontrollmålinger 2010_2011\Kontrollmålinger , med dato for kontrollmåling som katalognavn, eks. 01012011). Det er fint om bilder og kommentarer til målingene legges på denne katalogen samt notatene fra kontrollmålingen (skannes, for ekstra backup).

Referanser:

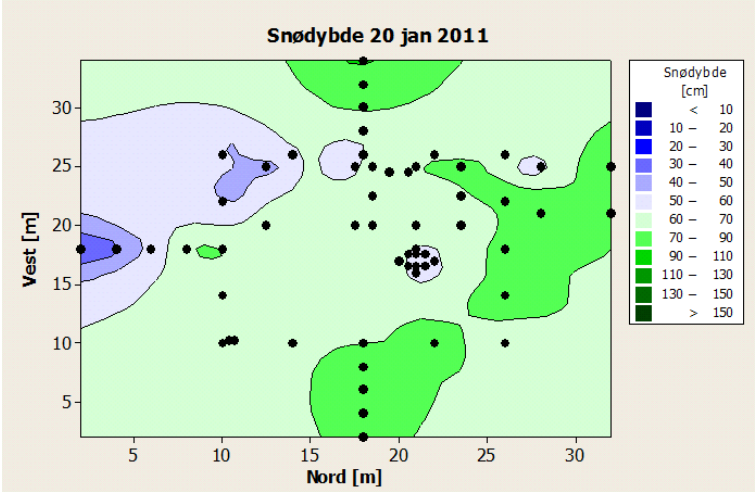
Internt notat – prosjektet GODE SNØDATA. HRB/HB, 13.10.2009, 7 s.

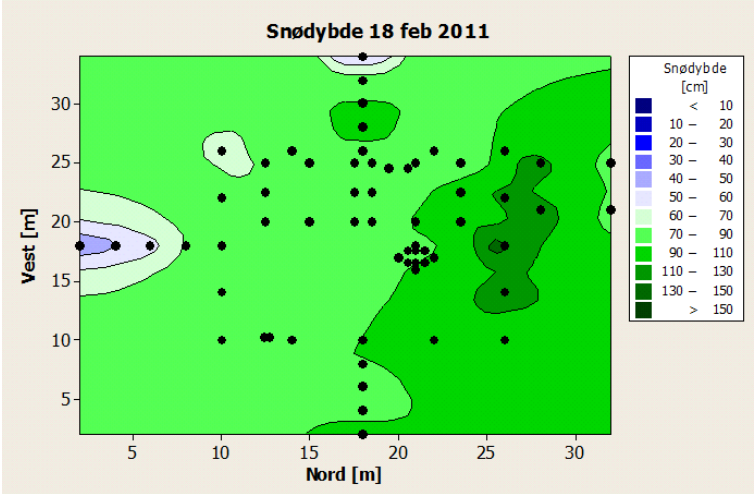
Vedlegg:

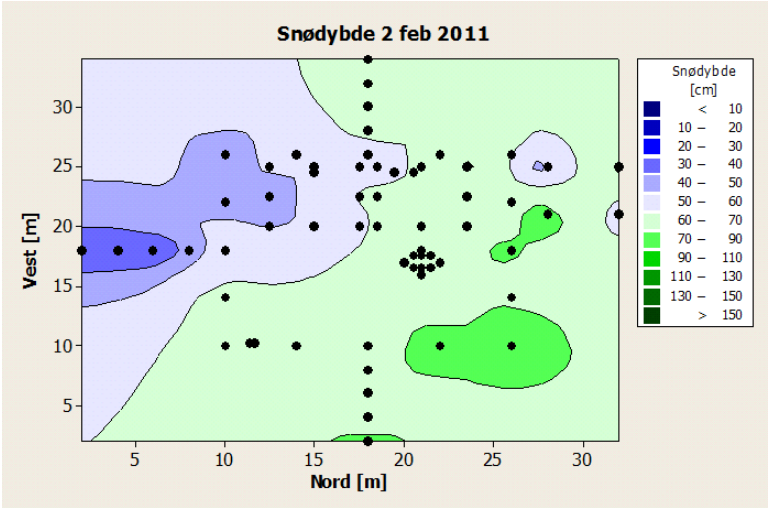
1 - Illustrasjon av stasjonsområdet med nummererte målinger.
2 - Skjema for kontrollmålinger snø
3 - Måleinstruks - Standard snøtetthetsmåling
4 – Måleinstruks – Federal sampler
5 – Måleinstruks – Istykkelse

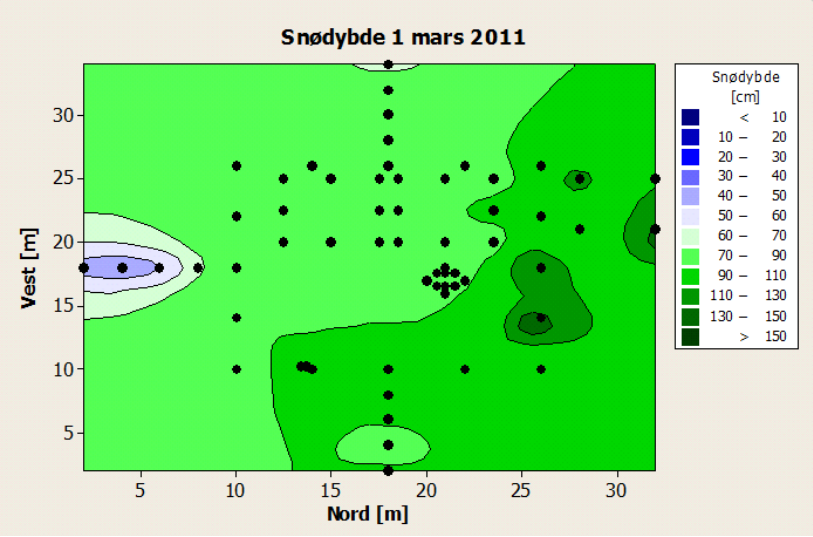
Vedlegg F

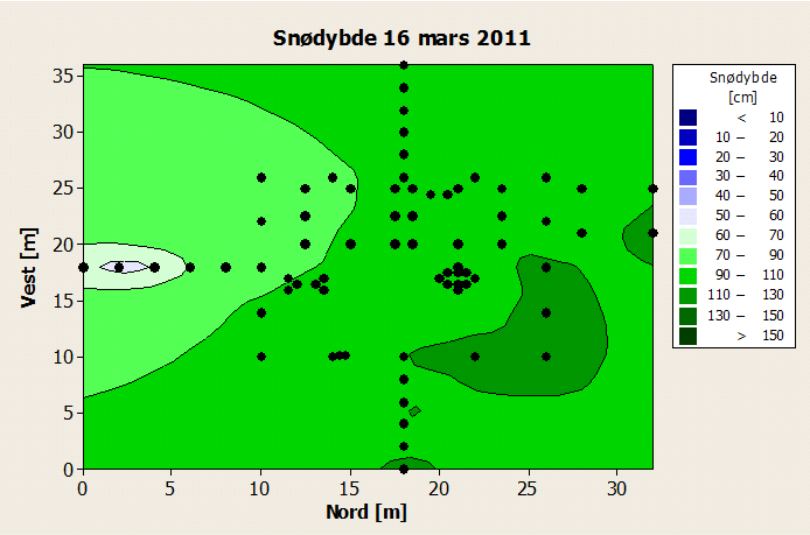
UTVIKLINGEN I SNØDYP SESONGEN 2010/2011
(Merk ulik skala på de siste plottene)

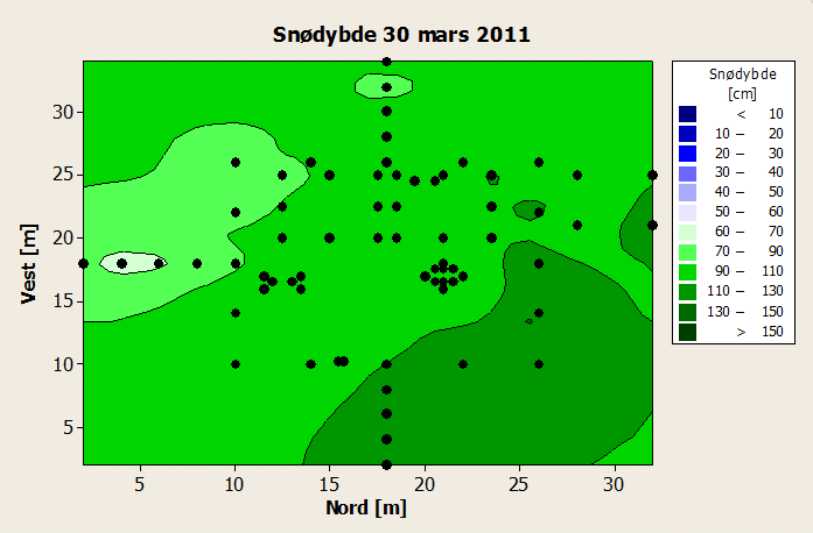


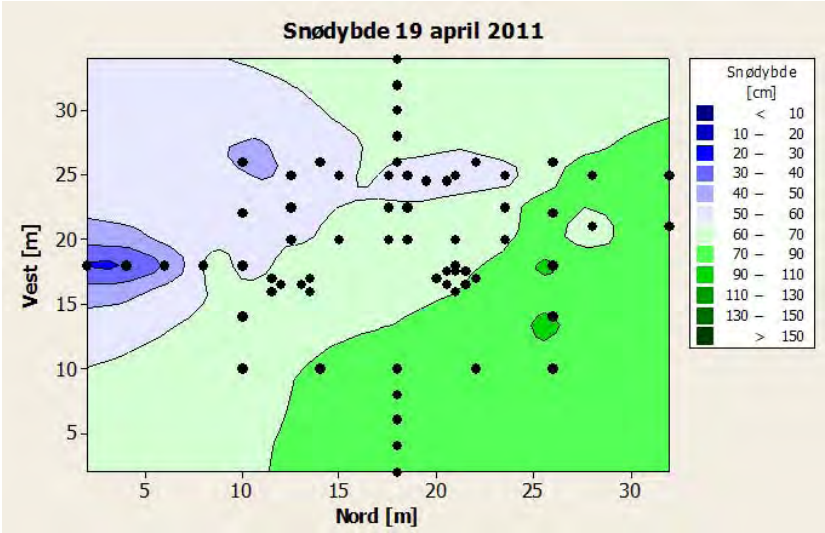


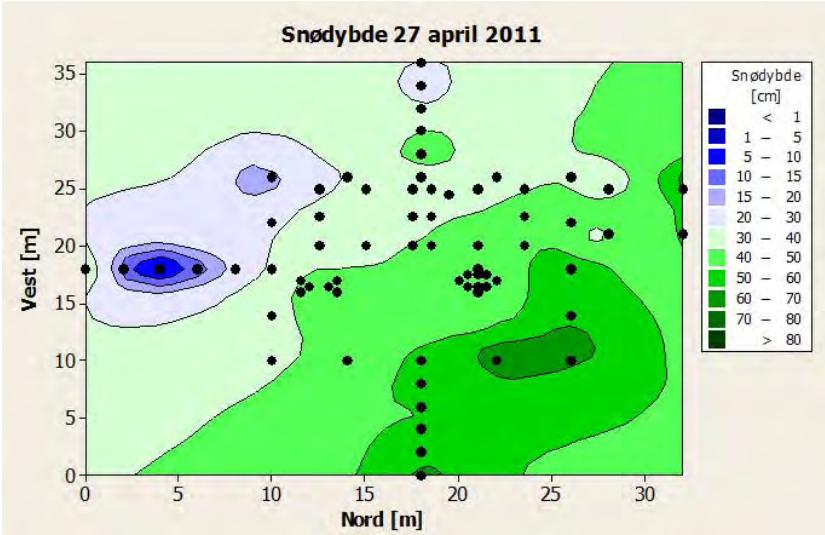


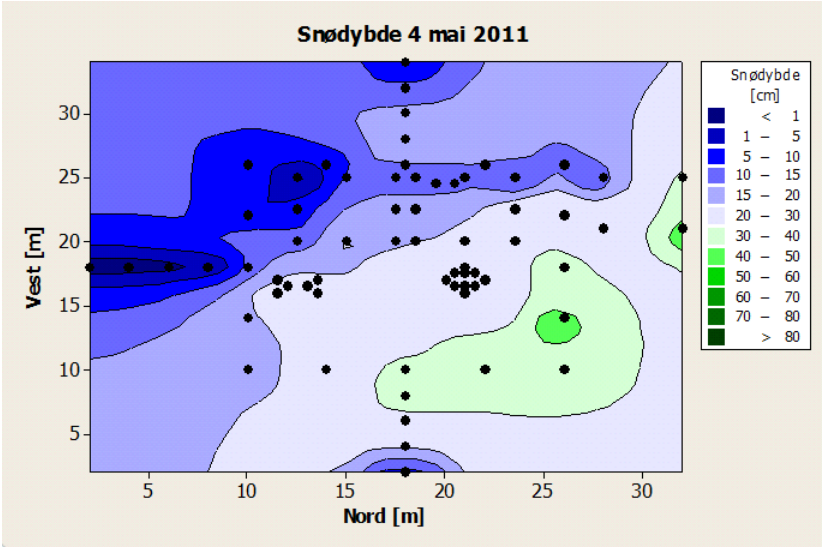

Snødybde 1 mars 2011
Vest [m]
Nord [m]
Snødybde [cm]
< 10
10 – 20
20 – 30
30 – 40
40 – 50
50 – 60
60 – 70
70 – 90
90 – 110
110 – 130
130 – 150
> 150


Snødybde 16 mars 2011
Vest [m]
Nord [m]
Snødybde [cm]
< 10
10 – 20
20 – 30
30 – 40
40 – 50
50 – 60
60 – 70
70 – 90
90 – 110
110 – 130
130 – 150
> 150


Snødybde 30 mars 2011
Vest [m]
Nord [m]
Snødybde [cm]
< 10
10 – 20
20 – 30
30 – 40
40 – 50
50 – 60
60 – 70
70 – 90
90 – 110
110 – 130
130 – 150
> 150


Snødybde 19 april 2011
Vest [m]
Nord [m]
Snødybde [cm]
< 10
10 – 20
20 – 30
30 – 40
40 – 50
50 – 60
60 – 70
70 – 90
90 – 110
110 – 130
130 – 150
> 150


Snødybde 27 april 2011
Vest [m]
Nord [m]
Snødybde [cm]
< 1
1 – 5
5 – 10
10 – 15
15 – 20
20 – 30
30 – 40
40 – 50
50 – 60
60 – 70
70 – 80
> 80


Snødybde 4 mai 2011
Vest [m]
Nord [m]
Snødybde [cm]
< 1
1 – 5
5 – 10
10 – 15
15 – 20
20 – 30
30 – 40
40 – 50
50 – 60
60 – 70
70 – 80
> 80

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Rapportserien i 2011

Nr. 1 Samkøyring av vind- og vasskraft. Betre utnytting av nett og plass til meir vindkraft (42 s.)

Nr. 2 Årsrapport for tilsyn 2010. Svein Olav Arnesen, Jan Henning L'Abée-Lund, Anne Rogstad (36 s.)

Nr. 3 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 4. kvartal 2010. Tor Arnt Johnsen (red.)

Nr. 4 Evaluering av NVE sitt snøstasjonsnettverk. Bjørg Lirhus Ree, Hilde Landrø, Elise Trondsen, Knut Møen (105 s.)

Nr. 5 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett. Drift og formidling 2010. Jonatan Haga, Hervé Colleuille (41 s.)

Nr. 6 Lynstudien. Klimaendringenes betydning for forekomsten av lyn og tilpasningsbehov i kraftforsyningen. (29 s.)

Nr. 7 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 1. kvartal 2011. Tor Arnt Johnsen (red.) (69 s.)

Nr. 8 Fornyelse av NVE hydrologiske simuleringssystemer (22 s.)

Nr. 9 Energibruk. Energibruk i Fastlands-Norge (59 s.)

Nr. 10 Økt installasjon i eksisterende vannkraftverk (91 s.)

Nr. 11 Kraftsituasjonen vinteren 2010/2011 (70 s.)

Nr. 12 Utvikling av regional snøskredvarsling. Rapport fra det første året. Rune Engeset (red.) (76 s.)

Nr. 13 Energibruk. Energibruk i Fastlands-Noreg (59 s.)

Nr. 14 Plan for skredfarekartlegging. Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi

Nr. 15 Plan for skredfarekartlegging - delrapport Steinsprang, steinskred og fjellskred

Nr. 16 Plan for skredfarekartlegging – delrapport jordskred og flomskred

Nr. 17 Plan for skredfarekartlegging – delrapport kvikkleireskred

Nr. 18 Plan for skredfarekartlegging – delrapport snøskred og sørpeskred

Nr. 19 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 2. kvartal 2011. Tor Arnt Johnsen (red.) (70 s.)

Nr. 20 Årsrapport for utførte sikrings- og miljøtiltak 2010. Beskrivelse av utførte anlegg (40 s.)

Nr. 21 Alderseffekter i NVEs kostnadsnormer - evaluering og analyser (36 s.)

Nr. 22 Pumpekraft i Noreg (252 s.)

Nr. 23 Filefjell forskningsstasjon Evaluering av måledata for snø, sesongene 2009/2010 og 2010/2011 (65 s.)

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no