

Hydrometeorologiske tersklar for sørpeskredfare

Gaute Brunstad Øyehaug



Masteroppgåve i geofag
Studieretning: Geohazards
60 studiepoeng

Institutt for geofag
Matematisk-naturvitenskapelig fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

Desember 2016

Masteroppgåve, Institutt for geofag

Hydrometeorologiske tersklar for sørpeskredfare

Gaute Brunstad Øyehaug



UNIVERSITETET I OSLO

DET MATEMATISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

© Gaute Brunstad Øyehaug, 2016

Tittel: *Hydrometeorologiske tersklar for sørpeskredfare*

Forfatter: Gaute Brunstad Øyehaug

Veileddarar: Thomas Vikhamar Schuler (UiO), Monica Sund (NVE)

Framsdebilde: Sørpeskred på Sognefjellet mai 2013, foto: Simon Løvås

<http://www.duo.uio.no/>

Trykk: Representralen, Universitetet i Oslo

Samandrag

Med utgangspunkt i NVEs 59 registrerte sørpeskred i Noreg i perioden 2010 til 2016 er denne masteroppgåva eit terskelstudie med formål å avdekke tersklar for regional varsling av sørpeskred. Oppgåva har teke føre seg NVEs sørpeskredregister som inneheld sørpeskred frå 58 lokalitetar. Døgn mellom 1. januar 2010 og 14. februar 2016 ved kvar lokalitet med snødekke og middeltemperatur over 0 °C er teke med i analysen. Døgnbasert informasjon om 11 hydrometeorologiske variablar er henta frå xGeo.no, og 10 nye hydrometeorologiske variablar er estimert. Døgninformasjon frå dei 58 lokalitetane er sett saman til eitt stort datasett. Dette datasettet er vidare delt opp i fire mindre datasett for å representere sørpeskred ved godvêr, regnvêr, Nord-Noreg og Sør-Noreg. Datasetta er analysert med maskinlæring av typen klassifikasjonstre for å finne hydrometeorologiske forskjellar mellom skreddøgn og ikkje-skreddøgn. Forskjellen vert presentert som tersklar, og er korte rekkjer av kriterium mellom dei 21 hydrometeorologiske variablane.

Tersklane består av kriterium som styrer kritiske forhold i snødekket som aukar vassakkumulasjonen og hindrar effektiv drenering. Dei viktigaste kriteria er funne å vere snøsmelting, regn, teledjupne, nysnø siste seks døgn, snøvassekvivalens, vassmettingsgrad i bakken, og akkumulasjon av snøsmelting og regn siste tre døgn. Det er til saman funne 12 tersklar, der sju er retta mot godvêrsørpeskred og fem mot regnvêrsørpeskred. Forskjellen mellom Nord-Noreg og Sør-Noreg reflekterer truleg skeivfordelinga av godvêrsørpeskred og regnvêrsørpeskred mellom landsdelane i perioden 2010 til 2016. Det viktigaste terskelkriteriet i tersklane for godvêrsørpeskred er snøsmelting per døgn mellom 23 mm og 27 mm. For regnvêrsørpeskred er det viktigaste terskelkriteriet regn og snøsmelting per døgn på 109 mm. Validering viser at tersklane kan predikere korrekt opp mot kvart femte utløyste sørpeskred, og av alle sørpeskred som blir predikert, kan inntil to av tre vere korrekte. Dette er ikkje stor forklaringsprosent, men er likevel eit viktig bidrag til eksisterande tersklar anbefalt frå tidlegare studiar. Resultierende tersklar viser andre terskelverdiar enn tersklane som dagens varsling av sørpeskred ved NVE går ut frå. På grunn av dei resulterande tersklane sin låge forklaringsprosent, bør dei berre brukast som eit grunnlag og støtte for varsling av regional sørpeskredfare. Vidare arbeid for å avdekke tersklar med høgare forklaringsprosent, kan i stor grad vere utbetringar i datagrunnlaget som å oppspore og registrere ein større del av sørpeskreda som er utløyst, utvikle snøsmeltingsvariabel med mindre underestimering og inkludere døgninformasjon om snøstruktur.

Føreord

Denne oppgåva har ei lang forhistorie og starta med at eg som 10-åring melde meg inn i Ørsta-Volda geologiforeining. All takk til Sigmund som henta meg med bil til kvart lagsmøte og alle dei andre i foreininga som lærte meg namn på ulike bergartar som var funne like bak huset, og korleis slippe gråstein til vakre smykker. Med denne lærdommen var vegen til Høgskulen i Sogn og Fjordane heller kort. Her møtte eg eit fantastisk geologimiljø og gode lærekrefter. Så bar det over til relativt stabile klimatiske forhold lenger aust. Masteroppgåva ved Universitetet i Oslo har gitt mykje visdom om korleis det er å forske på eit større prosjekt.

Takk til Monica Sund som gjorde at eg byrja å skrive denne oppgåva, og for at eg fekk sommarjobb på NVE med å registrere sørpeskred frå Alta til Eigersund. Takknemleg for dei gode kommentarane.

Thomas Vikhamar Schuler har gitt god veiledning særleg i prosessen med behandling av store datasett, analysing av desse og diskutere resultatata. Takk!

Ei stor takk vil eg rette til den gode vennen min Simon Løvås som stiller opp når det trengs gode råd eller ein fjelltur. Takk for all støtte og inspirasjon gjennom studietida!

Innholdsliste

SAMANDRAG	I
FØREORD.....	III
1 INTRODUKSJON	1
1.1 BEHOV FOR VARSLING AV SØRPESKREDFARE	1
1.2 TIDLEGARE ARBEID MED BETYDING FOR SØRPESKREDVARSLING	3
1.3 JORD- OG SØRPESKREDVARSLING VED NVE.....	5
1.3.1 Oppbygginga av Jordskredvarslinga	6
1.3.2 Etablering av jordskredtersklar	6
1.3.3 Dagens jordskredvarsling som inkluderer fare for sørpeskred.....	7
1.4 MÅLSETTINGAR.....	8
2 TEORI	10
2.1 SKRED	10
2.1.1 Skredbanen.....	10
2.1.2 Klassifisering av skredtypar.....	11
2.2 SØRPESKRED	12
2.2.1 Utløysingsområde.....	14
2.2.2 Skredløp.....	17
2.2.3 Utløpsområde	17
2.2.4 Sørpeskredklassifisering i praksis	18
2.3 IDENTIFISERING AV FARE FOR SØRPESKRED	20
2.3.1 Snødekke.....	21
2.3.2 Meteorologi.....	22

2.4	KLASSIFIKASJONSTREMETODEN	24
2.5	KRYSSVALIDERING AV KLASSIFIKASJONSTRE.....	27
3	DATAGRUNNLAG.....	30
3.1	SØRPESKREDREGISTER FRÅ NVE	30
3.2	HYDROMETEOROLOGISKE DATA FRÅ xGEO	31
3.2.1	<i>Gjennomsnittleg døgntemperatur.....</i>	32
3.2.2	<i>Døggnedbør og nysnø</i>	33
3.2.3	<i>Snødjupne, snøvassekvivalent, snøtilstand, snøsmelting</i>	34
3.2.4	<i>Regn og snøsmelting.....</i>	35
3.2.5	<i>Teledjup.....</i>	35
3.2.6	<i>Vasstilførsel 3 døgn.....</i>	35
3.2.7	<i>Vassmettingsgrad i bakken.....</i>	36
4	METODE	37
4.1	SØRPESKREDHENDINGAR	37
4.2	HYDROMETEOROLOGISKE VARIABLAR.....	38
4.2.1	<i>Variablar med tidsseriar frå xGeo</i>	39
4.2.2	<i>Estimering av nye variablar med tidsseriar</i>	40
4.3	DATAOPPDELING	41
4.4	KLASSIFIKASJONSTRE-ANALYSEN	43
5	RESULTAT.....	44
5.1	DESKRIPTIV ANALYSE	44
5.1.1	<i>Skreddøgn i Noreg.....</i>	44
5.1.2	<i>Skreddøgn i Nord-Noreg</i>	46
5.1.3	<i>Skreddøgn i Sør-Noreg.....</i>	48
5.1.4	<i>Skreddøgn ved godvêr</i>	50

5.1.5	<i>Skreddøgn ved regnvêr</i>	52
5.2	KLASSIFIKASJONSTRE OG KRYSSVALIDERING AV TREA.....	54
5.2.1	<i>Noregtre</i>	54
5.2.2	<i>Nord-Noregtre</i>	61
5.2.3	<i>Sør-Noregtre</i>	66
5.2.4	<i>Godvêrstre</i>	72
5.2.5	<i>Regnvêrstre</i>	79
5.3	PREDIKASJON MED KLASSIFIKASJONSTRE.....	84
5.3.1	<i>Predikasjonar med Noregtre</i>	84
5.3.2	<i>Predikasjonar med Nord-Noregtre</i>	85
5.3.3	<i>Predikasjonar med Sør-Noregtre</i>	86
5.3.4	<i>Predikasjonar med Godvêrstre</i>	87
5.3.5	<i>Predikasjonar med Regnvêrstre</i>	89
5.4	TERSKLAR FRÅ KLASSIFIKASJONSTRE.....	90
6	DISKUSJON	92
6.1	USIKKERHEIT OG FEILKJELDER.....	92
6.1.1	<i>Registrerte skreddøgn</i>	92
6.1.2	<i>Val av dato til skreddøgn</i>	92
6.1.3	<i>Hydrometeorologiske variablar</i>	93
6.1.4	<i>Utval av ikkje-skreddøgn</i>	94
6.1.5	<i>Dataoppdeling og skilnaden mellom datasetta</i>	96
6.1.6	<i>Optimal størrelse til klassifikasjonstrea</i>	97
6.1.7	<i>Kryssvalidering av klassifikasjonstrea</i>	97
6.2	TERSKLAR FOR SØRPESKREDFARE.....	98

6.2.1	Noreg.....	98
6.2.2	Nord-Noreg	99
6.2.3	Sør-Noreg.....	100
6.2.4	Godvêr.....	102
6.2.5	Regnvêr	103
6.3	PREDIKASJON MED TERSKLAR I KLASIFIKASJONSTRE.....	104
6.3.1	Noregtre	104
6.3.2	Nord-Noregtre.....	104
6.3.3	Sør-Noregtre	105
6.3.4	Godvêrstre.....	105
6.3.5	Regnvêrstre	106
6.4	SAMANLIKNING MED TERSKLAR FRÅ ANDRE STUDIAR.....	106
6.5	SAMANLIKNING MED DAGENS SØRPESKREDVARSLING	107
6.6	VARSLINGSVERDI AV TERSKLANE	108
6.7	GLOBAL NYTTE AV TERSKLANE.....	109
7	KONKLUSJON	111
8	VIDARE ARBEID.....	113
9	REFERANSAR.....	114
10	VEDLEGG	117
10.1	SJEKKLISTE FOR SØRPESKREDFARE.....	117

1 Introduksjon

1.1 Behov for varsling av sørpeskredfare

Prognoser for Noreg syner forventningar om meir nedbør og høgare temperaturar i framtida. Dette kan igjen resultere i større frekvens av flaum- og sørpeskred ikkje minst i periodar med intens nedbør (Vegdirektoratet, 2014).

Sidan 2013 har NVE hatt ansvar for nasjonal jordskredvarsling. Der føremålet er å avdekke potensielt kritiske hydrometeorologiske situasjonar som kan føre til skred, samt varsling av lokale beredskapsmyndigheiter og publikum (Sund, 2014). Denne operative tenesta brukar jordskredfare som samlebegrep, og er knytt til sannsynet for at det kan kome jordskred, flaumskred og sørpeskred (Walberg og Devoli, 2014).

Dei færraste land har eit tilsvarande nasjonalt varslingsystem på regionalt nivå, såleis er det på mange måtar eit pionerarbeid (Sund, 2014). Dagens varslingsystem baserer seg på påviste samanhengar mellom tidspunkt for tidlegare skredhendingar og hydrometeorologiske variablar (Boje et al., 2014). Varsling på regionalt nivå tyder regionalvis varsling.

Som eit ledd i denne varslingstenesta er analyse av historiske hendingar sentralt. Dette for å forstå dei prosessane som ligg bak utløyising av skred, og utarbeide terskelverdiar for ulike hydrometeorologiske variablar (Walberg og Devoli, 2014). Hydrometeorologiske forhold er både meteorologiske prosessar og deira påverknad for vassprosessar på jorda, på ein tidsskala frå dagar til timar. Eit døme på dette er nedbør (meteorologi) som fører til flaum (hydrologi). (Shuttleworth, 2012).

I dagens varslingsystem inngår sørpeskred, men i fylgje Boje et al. (2014) er sørpeskred ikkje inkludert i dei statistiske terskelstudiane som jordskredvarslinga bygg på. Sørpeskredhendingar er dermed mindre dokumentert og analysert, og i høve til ei nasjonal skredvarsling er det ønskeleg med terskelstudie, meir kunnskap og kartlegging. Det er likevel utarbeida retningslinjer for vurdering av sørpeskredfare på ein regional skala, basert på snøforhold, tilstand i bakken og prognostisert regn og snøsmelting (pers. kom. Colleuille, H., 11.11.16).

Introduksjon

Jaedicke et al. (2013) studerte regionale værmodellar med mål om å identifisere sørpeskredsituasjonar. På ein regional skala, viste dei tilgjengelege data ei lovande evne til å identifisere kritiske situasjonar Jaedicke et al. (2013).

Sørpe er vassmetta snø. Snøpartiklane er som regel fullstendig separert frå kvarandre, noko som oppstår når vassinnhaldet overskrider om lag 15% av totalvolumet (McClung og Schaerer, 2006).

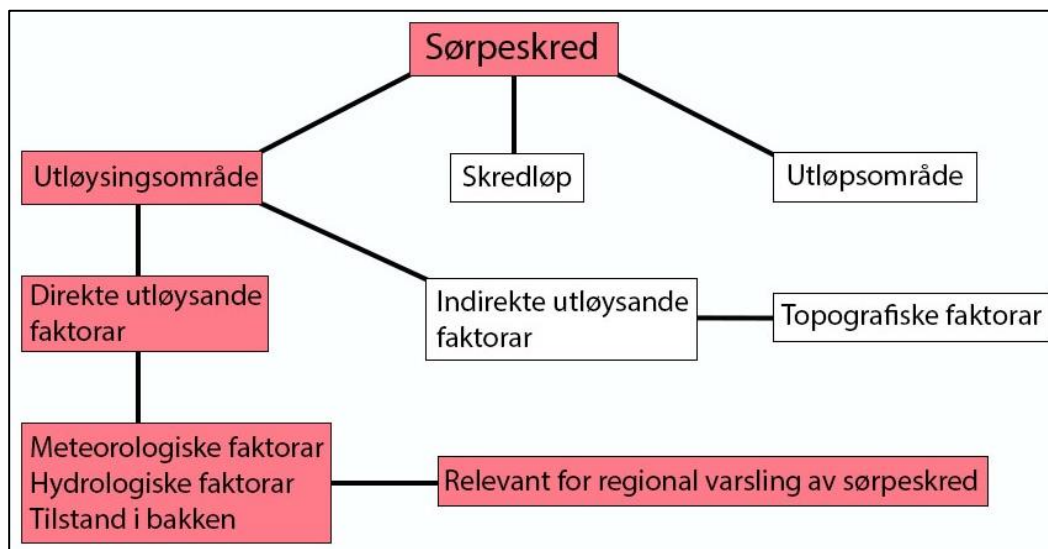
Sørpeskred er hurtige, flaumlignande skred av snø og vatn som normalt blir utløyst i slake hellingar mellom 0° og 30° (Hestnes, 1998). Vidare fløymer dei nedover elve-, bekkeløp eller i meir eller mindre bratte skråningar. Dei oppstår i hovudsak når vatn samlar seg i forseinkingar slik at snøen blir vassmetta (Sund, 2014). Alternativt ved grunnvasskjelder sitt utløp i opne skråningar. Dei er såleis ei blanding av snø og vatn, der utløysinga er avhengig av ei lang rekkje prosessar i interaksjonen mellom snø og atmosfære (Jaedicke et al., 2013).

I samanlikning med andre snø-relaterte skred med same størrelse og hastigheit, har sørpeskred større kraft til øydelegging (Hestnes og Kristensen, 2010). Skadepotensialet er stort på grunn av høg hastigheit og stor tettheit, og øydelegger ofte alt som står i vegen (Jaedicke et al., 2008). Ned mot 3° gjennomsnittleg helling frå start til stopp er målt (Hestnes, 1998), og sjølv på slakt underlag, har sørpeskred stor rekkjevidde (Sund, 2014). Sørpeskred er ein av dei største naturfarane i Noreg (Hestnes og Kristensen, 2010), og historisk dokumentasjon viser at sørpeskred har tilnærma lik skuld i økonomisk tap og øydelegging som snøskred (Hestnes, 1998). I Noreg har sørpeskred sidan 2010 teke livet av åtte personar, og ført til omfattande problem for infrastrukturen (Jaedicke et al., 2013). Difor er det i eit varslingsperspektiv naturleg at sørpeskred likestillast med snøskred.

I utløysingsområdet, der sørpeskredet startar, er det både indirekte og direkte faktorar som avgjer kvar sørpeskred vil oppstå. Dei direkte faktorane er variable i tidshorizonten til varslingsstenesta, medan den indirekte faktoren, topografi, er stabil (Figur 1-1). Difor fokuserer studia til varslingsstenesta på dei direkte utløysande faktorane, som er meteorologiske- og hydrologiske faktorar.

Variablane som varslingsstenesta går ut frå er simulert, interpolert og ekstrapolert. Dermed blir ikkje kritiske situasjonar nøyaktig framstilt, sjølv om variabelverdiane er viktige indikasjonar. Der to viktige svakheiter mellom variablane er bygenedbør som fell mellom målestasjonar ikkje blir gjengitt i variabelverdiar, og snøsmeltingsvariabelen er ofte underestimert. Der

grunnen for underestimeringa er at modellen berre simulerer på bakgrunn av observert nedbør og lufttemperatur og dermed manglar inndata som vind, fuktigheit og stråling som tilfører energi til snødekket (pers. kom. Colleuille, H., 11.11.16).



Figur 1-1: Fokusområdet til varslingstenesta for sørpeskred. Hydrologiske faktorar omfattar også tilstand i bakken.

1.2 Tidlegare arbeid med betyding for sørpeskredvarsling

Vitskapeleg og internasjonalt vart sannsynlegvis sørpeskred skildra for fyrste gong av Ward W. H. og Orvig S. (1953), som eit blåleg snødekke like før utløysing (Onesti, 1985). Washburn og Goldthwait introduserte den engelske fagtermen «slushflow» i 1958 (Hestnes et al., 2012). Rapp (1960) observerte sørpeskred ved jarnbana mellom Kiruna og Narvik på 1950-talet, medan den fyrste publikasjonen om føreseiing (prediction) av sørpeskred kom midt på 1980-talet av Hestnes (1985). Dette var startskotet for forskning innanfor samanlikning av forholda ved utløysing av sørpeskred.

I Hestnes (1985) blei mellom anna karakteristikken til dei klimatiske forholda undersøkt ved utløysingsområdet for 34 sørpeskred. Det mest påfallande funnet til Hestnes (1985) ved utløysing var kohesjonslaus nysnø som fekk kraftig regnvêr over seg. Medan eit anna viktig fenomen var frosen bakke og temperatur under 0 °C frå tidleg vinter til nokre dagar før utløysing av sørpeskred. Denne situasjonen fører til danning av begerkrystallar langs bakken med eit snødekke over av kohesjonslaus grovkorna snø som er ein konsekvensen av høg temperaturgradient mellom bakken og lufta over snødekket gjennom vinteren (Hestnes, 1985).

Introduksjon

Dessutan observerte Hestnes et al. (1994) at snødekke med kohesjonslaus grovkorna snø, med begerkrystallar langs bakken var mest gunstige for store sørpeskred, og ikkje minst hadde desse stor regional utbreiing. Årsaka til utløyising av sørpeskred i det grovkorna snødekke var nesten i alle tilfelle kraftig regn siste timane før utløyising, medan berre eitt var åleine forårsaka av intens snøsmelting (Hestnes, 1985). Likevel har intens snøsmelting vist seg som ei nokså vanleg årsak til utløyising både i studiet til Hestnes et al. (1994), og registrerte sørpeskred frå 2010 og 2013 i sørpeskredregisteret til NVE.

Både variasjonar i vintervêret og vêrforholda ved ei kritisk tilførsle av smeltevatn er med å avgjer stabiliteten til snødekket (Hestnes, 1998). Fleire syklusar av ulikt vêr gjennom vinteren, fører til stor lokal variasjon i snødekket, og deretter meir lokale sørpeskred som blir utløyst i kanalar (Hestnes et al., 1994). Mildvêr vekselvis med kulde gjennom vinteren fører ofte til snødekke med is- eller snøskarelag, eit snødekke som er forbunde med mindre sannsyn for sørpeskred. Likevel er det verdt å merkje seg at sjølv i slike snødekke kan sørpeskred bli utløyst, sidan Hestnes og Sandersen (1987) identifiserte 16 sørpeskreditsituasjonar i snødekke som inneheldt skarelag. Seinare blei det gjort fleirfaldige observasjonar av sørpeskred utløyst i eit nysnølag liggande oppå eit isete skarelag (Hestnes et al., 1994).

For opphavet til vatnet tilført snødekket undersøkte Hestnes et al. (1994) 80 ulike sørpeskredlokalitetar i 31 ulike periodar. Periodane blei delt opp i to situasjonar:

- 1) Sørpeskred i samanheng med lågtrykksvarmfront.
- 2) Sørpeskred i samanheng med snøsmelting om våren.

Vasstilførsle (regn og snøsmelting) ved situasjon 2 viste seg i gjennomsnitt å vere to og ein halv gonger så stor som vasstilførsle i situasjon 1.

Ut frå målingar av både vassnivåendringar i snødekket og standard-observasjonar av snødekket ved utsette kanaliserte bekkeløp for sørpeskred over seks år, utvikla Hestnes og Bakkehøi (2004) kriterier for kritisk vassbalanse i snøfylde bekkeløp utifrå ulike snøtypar (tekstur) og struktur. Ved oppsyn av både utviklinga av snødekke og måling av vassnivåendring i snødekke, kan kriteria innanfor eit distrikt varsle sørpeskred i dei fleste ulike klimatiske regionane i Noreg med eit sannsyn på over 95 % (Hestnes og Bakkehøi, 2004). I tillegg utarbeidde Hestnes og Bakkehøi (2004) ei liste over dei mest framstående stabilitetsindikatorane for snødekke relevant for sørpeskredfare (*eng. field predictors*). Likevel kan det bli gitt god predikasjon av sannsynet for sørpeskred berre ved å vite nøyaktig summen av smeltevatn og nedbør (Bakkehøi og Hestnes, 2010).

Studiet som er likast denne oppgåva er Jaedicke et al. (2013), der han mellom anna brukte ein variabel frå xGeo.no, avrenning frå regn og snøsmelting. Og som nemnd tidlegare blei data analysert for å identifisere kva meteorologiske variablar som var kritiske for utløyising av sørpeskred, og terskelverdiar til desse variablane (Jaedicke et al., 2013). Ut frå dei fem sørpeskredsituasjonane som blei undersøkt i Jaedicke et al. (2013) var det vanskeleg å definere tersklar.

Vegdirektoratet (2014) grupperer vêrsituasjonane som medfører utløyising av sørpeskred på likt grunnlag som Jaedicke et al. (2013): Situasjonar med kraftig nedbør (dårlegvêrsørpeskred) og andre situasjonar med kraftig snøsmelting (godvêrsørpeskred). Medan Jaedicke et al. (2013) føreslår ein felles terskel for begge situasjonane, føreslår Vegdirektoratet (2014) to ulike.

For å kome fram til terskelverdiar blei det brukt meteorologiske data frå regionale vêrmodellar, variabelen avrenning frå regn og snøsmelting som ligg i xGeo.no, i tillegg til inter- og ekstrapolerte data frå meteorologiske stasjonar (Jaedicke et al., 2013). Terskelforslaget var ein regnintensitet per døgn på minst 50 mm som kjem i tillegg til 30-50 mm snøsmelting.

Derimot foreslo Vegdirektoratet (2014) ulike kritiske grenser for dei generelle vêrtilhøva: Dårlegvêrsørpeskred med kritisk grense på ca. 50 mm regn per døgn, medan godvêrsørpeskred med kritisk grense på ca. 50 mm regn og snøsmelting. Føresetnaden er snødekke på minst 0,5 meter når snøsmeltinga overskrid den kritiske grensa (Vegdirektoratet, 2014).

1.3 Jord- og sørpeskredvarsling ved NVE

Motivasjonen bak varsling av faren for jordskred, flaumskred og sørpeskred er å hindre tap av menneskeliv og verdiar. Eliminering av all skredfare og konsekvensar gjennom sikringstiltak er ikkje samfunnsøkonomisk forsvarleg eller praktisk muleg. Varsling og overvåking er difor eit rimeleg og nødvendig sikringstiltak for å verne folk og infrastruktur (Colleuille og Engen, 2009).

Internasjonalt var det ingen per 2009 som hadde eit operativt system for regional varsling av lausmasseskred, medan fleire land hadde regional snøskredskredvarsling. I 2009 gav Olje og energidepartementet Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i oppdrag å greie ut om

varsling av fare for lausmasseskred og snøskred på regionalt nivå. NVE hadde allereie ei slik varsling med omsyn til flaumvarsling (Colleuille og Engen, 2009).

Sidan 2009 har NVE ivareteke alle dei statlege forvaltningsoppgåvene innan førebygging av skredulykker. Dette betyr ansvar for kartlegging av fare for skred, fordeling av midlar til førebygging av skred, og varsling av flaum som også innebar varsling av jordskredfare. Men fordi det var mangel på kapasitet og rutinar, blei jordskredfare berre varsla som eit tillegg når det likevel var ute melding eller varsel om flaum (Colleuille og Engen, 2009). Ein situasjon der jordskredfare berre nemnast i flaumsituasjonar er svært lite tilfredsstillande for NVE og samfunnet elles (Colleuille og Engen, 2009).

1.3.1 Oppbygginga av Jordskredvarslinga

Arbeidet med å etablere eigen jordskredvarslingsteneste starta i 2010 (Sund, 2014). Sidan tenesta skal varsle graden av fare, blei graden av fare inndelt i 4 farenivå normalt namngitt aktsomheitsnivå. Inndelinga er henta frå den europeiske standaren med nivåa grønt, gult, oransje og raudt, der grønt er sikre forhold, medan raudt er ekstrem fare (Colleuille og Engen, 2009). For å skilje mellom dei fire ulike aktsomheitsnivåa er det behov for tre ulike tersklar. Slik som for flaumvarslinga, representerer kvart nivå gjentaksintervallar. Difor oppstår høgare aktsomheitsnivå mykje sjeldnare enn lågare nivå .

1.3.2 Etablering av jordskredtersklar

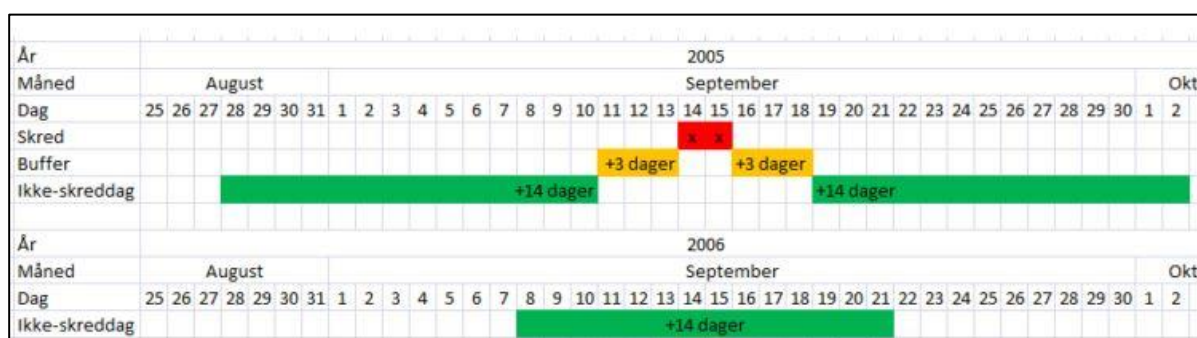
I tidsromet 2009-2010 blei det utført eit forprosjekt til den regional jordskredvarslinga. Dette var eit terskelstudie som fann tersklar ved å kombinere mellom andre parametrane relativ vasstilførsel og relativ vassmettingsgrad i bakken (Boje et al., 2014). Seinare blei det gjennomført ytterlegare to terskelstudiar.

Datamateriale brukt i terskelstudia for jordskred kjem frå den nasjonale skreddatabasen, som inneheld informasjon om både gamle og nyare skredhendingar registrert av fleire offentlege institusjonar. Skredhendingane har ofte feil eller informasjon om skredtype, lokalitet, eller tidspunkt. Registrert lokalitet er ofte ved skadepunktet til skredet eller der det fører til ulemper, og gjerne tilfeldig mellom to trafikknutepunkt (Boje et al., 2014).

På grunn av desse feila fann Boje et al. (2014) behov for å kvalitetssikre hendingane. Dette blei gjort gjennom bruk av flybilde, Google Street View, topografiske kart terrenghallingskart,

lausmassekart, landsdekkande hydrometeorologiske data, avisartiklar og anna informasjon funne på internett. Kvalitetssikringa fokuserte på skredtype, lokalitet til utløysingsområde og tidspunkt for skredhendingane med ei tidsoppløysing på dato. Gjennom kvalitetssikringa kunne Boje et al. (2014) omarbeide skredregistreringane frå den nasjonale skreddatabasen til skredhendingar med større informasjonstryggleik.

Terskelstudia analyserer hydrometeorologiske forhold ved skredutløysing, difor blei ekspertverktøyet xGeo.no nytta til å hente ut hydrometeorologisk informasjon ved utløysingsområde og tidspunktet for utløysing. Informasjonen i xGeo.no er delt inn i gridceller. Dermed blei gridcella som best representerte forholda ved utløysingsområde valt, og brukt for å trekkje ut utløysande hydrometeorologiske variabelverdiar både ved datoen for utløysing og utvalde dagar utan skred (Figur 1-2). Til saman nytta dei tre terskelstudia 20 ulike hydrometeorologiske variablar (Boje et al., 2014).



Figur 1-2: Illustrasjon av korleis terskelstudia for jordskredvarslinga gjorde utvalet av ikkje-skreddøgn, der berre eitt av studia tok med data frå året etter. Raudt markerer skreddøgn (skreddag), oransje bufferdagar som ikkje er teke med, medan grønt markerer ikkje-skreddøgn teke med i terskelstudie (Boje et al., 2014).

1.3.3 Dagens jordskredvarsling som inkluderer fare for sørpeskred

Prøveperioden av jordskredvarsling starta opp i 2012, medan dagens operative varsling starta på slutten av oktober 2013. Dagleg blir jordskredvarsel publisert på www.varsom.no for tre dagar. Desse dagane er: Same dag (dag 0), ein dag fram i tid (dag 1), og to dagar fram i tid (dag 2) (Sund, 2014). Som nemnt i introduksjonen, varslar Jordskredvarslinga jordskred, flaumskred og sørpeskred. Sidan sørpeskred blir utløyst i snødekke og ikkje i lausmassar, er forholda ved utløysing ulike. Farevurderinga av jordskred, flaumskred og mindre utglidingar bygg på daglege analyser av: 1) prognosar og observasjonar av meteorologiske- og hydrologiske variablar i xGeo.no, 2) hydrometeorologisk indeks som har terskelverdiar i

prognostiserte variablar frå xGeo.no, og er vasstilførsel, vassmettingsgrad i bakken, tele og grunnvasstand. 3) observasjonar av vassføring og grunnvasstand. 4) I tillegg blir historisk skredaktivitet teke med i den daglege analysen (Sund, 2014).

Skredfarevurderinga av sørpeskred fekk variablar å gå etter i januar 2013. Mellom desse er prognostisert vasstilførsel, temperatur, snødjupne, tele i bakken og struktur i snøen, der snøskredvarslinga særleg bidreg med informasjon om strukturen i snøen (Sund, 2014). Det er ikkje utført statistiske terskelstudiar for sørpeskred, så variabelverdiane som Jordskredvarslinga går ut frå, er omtrentlege og basert på erfaring og kunnskap (Boje et al., 2014). Sjekklista til dagens jordskredvarsling undersøking av potensielle farar for sørpeskred er vist i vedlegg, Tabell 10-1.

1.4 Målsettingar

Formålet med masteroppgåva er å finne tersklar som kan brukast til varsling av regional sørpeskredfare gjennom bruk av analysemetoden klassifikasjonstre. Oppgåva vil ha fokus på terskelverdiar frå klassifikasjonstre, kva terskelverdiane bidreg med som ikkje tidlegare studiar har, og ikkje minst om terskelverdiane er truverdige og anvendelege. Sentralt i oppgåva vil vere å svare på fylgjande delmål:

1. Korleis førebu data til bruk for klassifikasjonstre?
2. Kva er feilkjeldene i variabeltidsseriane?
3. Kva er tersklane?
4. Kva viser valideringa av tersklane?
5. Kan terskelverdiane nyttast i eit varslingsperspektiv?

Fyrste delmål løysast gjennom bruk av NVEs sørpeskredregister, der registreringar i Noreg mellom 2010 og 2016 vert brukt til vidare datauttak frå xGeo.no. Uttaket er hydrometeorologiske variablar ved kvart utløyingsområde i perioden mellom 2010 og 2016. Noko som resulterer i ein døgnoppløyselig tidsserie klar for analyse med klassifikasjonstre.

Delmål nummer to vert svara på gjennom utgreiing om mulege feilkjelder i sørpeskredregisteret og usikkerheiter mellom dei hydrometeorologiske variablane.

Då det er fleire kriterier som er må vere oppfylte for utløyising av sørpeskred, blir tersklane delmål nummer 3, fyrst presentert i ein trestruktur med forgreiningar. Kvar forgreining har ei rekkje av variabelkriterier som utgjer ein terskel.

Det fjerde delmålet vil kunne svare på kor truverdig tersklane er for til predikasjon av nye sørpeskred, men vil også sette lys på svakheiter ved å nytte den valde valideringsmetoden.

Valideringa i oppgåva av tersklane er eit teoretisk mål på nytteverdien for varsling av nye sørpeskred. For å imøtekome delmål nummer fem vert valideringa supplert med prosessforståing av tersklane.

2 Teori

2.1 Skred

Skred kan definerast som masseforflytting med gravitasjonen som drivkraft. Og kan oppstå i alle typar masse. Skred oppstår når den drivande krafta overgår den stabiliserande krafta. Tilførsel av vatn til massar kan auke sannsynet for skred. Noko som skjer på grunn av auka drivande kraft på grunn av vekta, og reduksjon av den stabiliserande på grunn av svekka intern styrke, særleg i snø og lausmassar, og mindre friksjon i massen og mot kringliggande massar.

I Noreg har ein mange ord for skred til dømes ras, fonn, skrie, lavine, fall, svor, landlaup, fjellrap (Øydvin, 2011). Norske dialektar har det mange ord for skredtypen snøskred, medan færre for ulike typar lausmasseskred. Døme på inndelingar av snøskred på folkemunne er mjelsnøfonn og kramsnøfonn, medan sørpeskred gjerne blir kalla vassfonn og vassgløpp.

2.1.1 Skredbanen

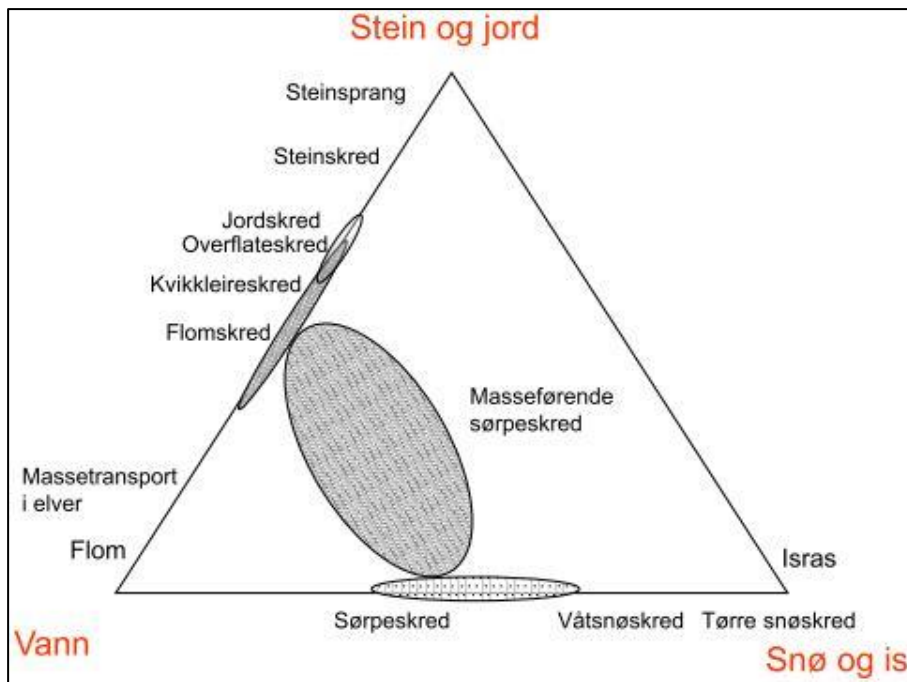
Skredbanen representerer alle geografiske område til skred. Utløysingsområdet er området der snøen, lausmassane eller berget sviktar og blir ført nedover med gravitasjonen (Figur 2-1). Vanlegvis er dette kjeldeområde til mesteparten av skredmassane. Skredløpet er transportetappen til skredmassane, men også her kan noko skredmasse bli drege med. Når friksjonen mot underlaget og den interne friksjonen i massane overgår dei drivande kreftene, vil hastigheita til skredmassane minke, og bli avsett i utløpsområde.



Figur 2-1: Illustrasjon av skredbanen. Øvst syns utløysingsområde der skredet initierast. Skredløpet er transportetappen til skredmassane, og i utløpsområdet akkumulerast det meste av skredmassane ettersom det fell til ro (modifisert foto av Saudehornet, Ørsta frå Norges geotekniske institutt, NGI).

2.1.2 Klassifisering av skredtypar

Det finst mange skredtypar, og ein måte for å klassifisere dei ulike typane er gjennom trekantdiagrammet (Figur 2-2) frå Vegdirektoratet (2014). Dette er ein klassifisering på grunnlag av type masse i skredet. Andre klassifiseringar kan mellom andre vere ut frå type bevegelse eller volum eller kombinasjonar av desse alt etter kva formål klassifiseringen har. For varsling av skred, og dermed føreseiing for når skred vil oppstå, er det massane i utløysingsområdet som er i fokus



Figur 2-2: Skredtype-klassifisering ut frå massetype og forholdet mellom desse. Sirklar representerer mengdevis masseinnhald til vassrike skred som flaumskred, masseførande sørpeskred og sørpeskred (Vegdirektoratet, 2014).

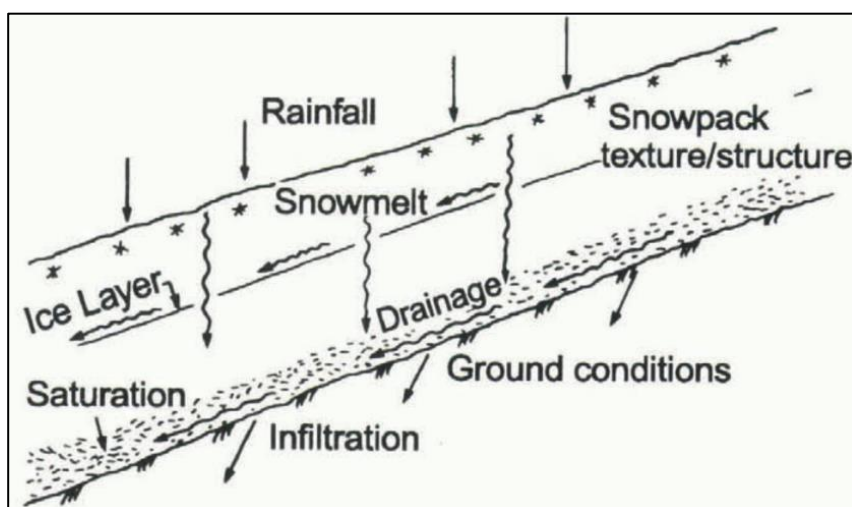
Diagrammet (Figur 2-2) deler skredtypane inn etter massetype, der dei tre ytterpunkta representerer skred med tilnærma einsarta massetype, medan i mellom er det blandingar av massar. Likevel, så er vatn innblanda i dei fleste av skredtypane, og har stor innverknad på utløysing, bevegelse og distansen til skreda (Vegdirektoratet, 2014). Dermed blir skredbevegelsen eit samspel mellom dynamikken til både partiklar og vatn (Vegdirektoratet, 2014). I skredbevegelsen er vassinnhaldet til sørpeskred og flaumskred om lag 30-60% av totalvolumet, noko som gir skreda stor mobilitet (Vegdirektoratet, 2014). Ei blanding av sørpe- og flaumskred to blir klassifisert som masseførande sørpeskred (Figur 2-2), noko som Vegdirektoratet (2014) også klassifiserer som blandingskred.

2.2 Sørpeskred

Hestnes (1998) definerer sørpeskred som «flowing mixtures of water and snow», og kan bli oversett til strøymande blandingar av snø og vatn. Seinare definerer i Hestnes og Kristensen (2010) sørpeskred som «rapid mass movement of water-saturated snow, usually known as slushflow or slush avalanche». Medan NVE definerer sørpeskred som «..hurtige, flomliknende skred av vannmettet snø.» (NVE a).

Vassmetta snø har redusert friksjonen mot bakken og redusert strekkfastheit. Difor treng ikkje gravitasjonskomponent langs bakken vere stor for å overgå dei stabiliserande kreftene (Figur 2-3) (Hestnes, 1998). Så siktevinkelen frå utløysings- til utløpomsråde er mellom 3° og 20° , der gjennomsnittet er $12,5^\circ$ (Hestnes, 1998).

Det er ei lang rekkje av prosessar i interaksjonen mellom snø og atmosfære som resulterer i sørpeskred (Jaedicke et al., 2013). Så kritisk stabilitet kan oppstå i snødekket ved ein kompleks interaksjon mellom topografi, grunnforhold, eigenskapar til snødekke, og vasstilførsla sin intensitet og varigheit (Figur 2-3) (Hestnes, 1998).



Figur 2-3: Opphav og avrenning av fritt vatn i snødekket (Hestnes, 1998)

Dynamikken til sørpeskred er enno eit open spørsmål (Jaedicke et al., 2008). Likevel, blei det i 1998 presentert ein modell av Bozhinskiy og Nazarov som tek utgangspunkt i ein to-lags modell, der sørpa flyt oppå eit vasslag (Jaedicke et al., 2008). Denne teorien trekk også Vegdirektoratet (2014) fram med argumentet at partiklane i sørpa er lettare enn vatn.

Gauer (2004) skriv at avhengig av topografi og vassinnhald, har sørpeskred laminær til full turbulent massestrøyming, og strøymeregimet kan endre seg undervegs i skredbanen. Fullt turbulent massestrøyming er berre observert av augevitne (Jaedicke et al., 2008). Scherer et al. (2000) trekk fram fire prosessar som påverkar strøymedynamikken til sørpeskred: Meddriving av snø, avsetjing av snø og momenttap som fylgje av friksjonskrefter.

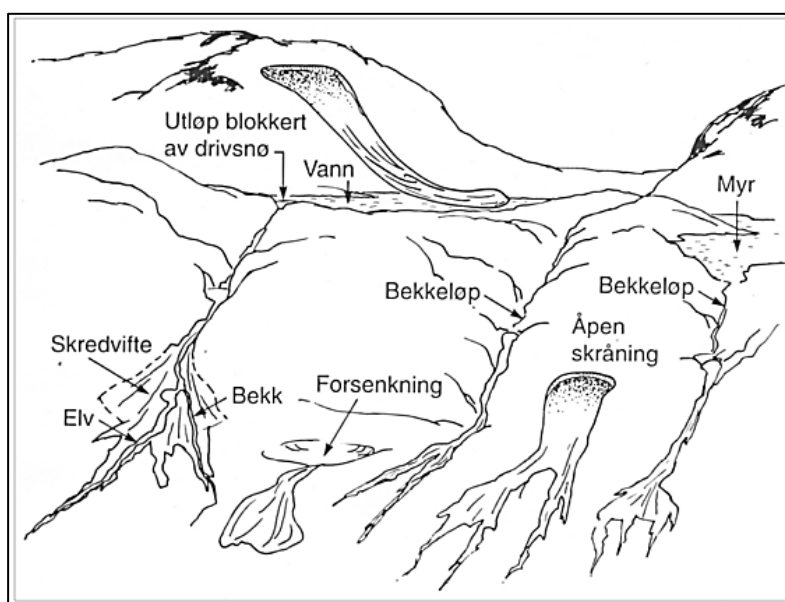
Hastigheita til sørpeskred blei i eit fotogrammetrisk case studie undersøkt av Scherer et al. (2000). To sørpeskred blei suksessivt utløyst i same skredbane med få sekund mellomrom. Utløysinga av det andre sørpeskredet skjedde ovanfor det fyrste, og oppnådde den største

hastigheita på 50 m/s. Dette var mindre viskøst enn det fyrste sørpeskredet som drog med seg snømassar frå skredløpet og laga klar bane for komande sørpeskred. Så det fyrste sørpeskredet hadde større viskositet og oppnådde dermed ei lågare hastigheit på i underkant av 40 m/s (Scherer et al., 2000). Til samanlikning med flaumskred med liknande dynamikk, har sørpeskred ofte større hastigheit (Vegdirektoratet, 2014).

2.2.1 Utløysingsområde

Sørpeskred vert utløyst i hellingar på mellom 0° og 30° (Hestnes, 1998). Så innanfor ein region er det rikeleg med potensielle utløysingsområder (Figur 2-4). Skråningar brattare enn 30° vil ha stor avrenning, medan terrengforholda som er presentert i (Figur 2-4), er topografiske element som vil favorisere vassoppsamling.

Opne skråningar er i seg sjølv ikkje oppsamlande for overflatevatn, men er likevel eit vanleg topografisk element der sørpeskred er utløyst (Figur 2-4). Muleg ekstra vasstilførsel i slike situasjonar er vasstilførsel frå grunnvasskjelder som bidreg til vassmetting i snødekket (pers. kom. Colleuille, H., 11.11.2016).



Figur 2-4: Topografiske forhold som favoriserer utløysing av sørpeskred (Hestnes,1997).

Sørpeskred kan oppstå som ei fylgje av lite permeabel fokksnø som ligg i dreneringsutløpet av flatare parti som myrområde, forseinkingar i terrenget eller vatn (Figur 2-4). Skred med utløp i vatn kan generere bølger som slår mot utløpet av vatnet og fyller snøfylde

dreneringsløp med store vassmengder som initierer sørpeskred (Figur 2-4) (Hestnes, 1998, Hestnes og Kristensen, 2010, Vegdirektoratet, 2014).

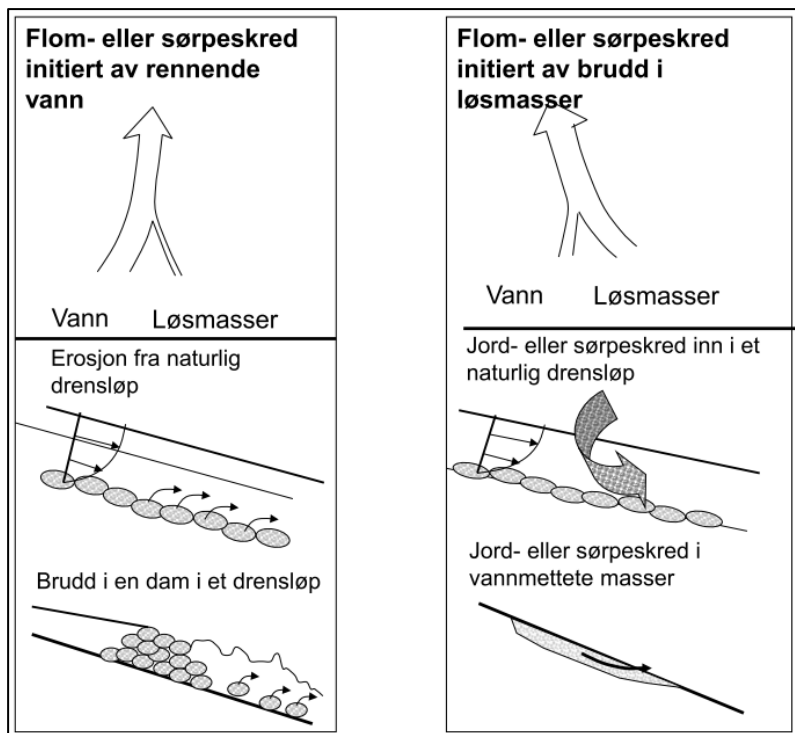
Snøskred som har utløp i dreneringskanalar og demmer opp for rennande vatn i eksisterande snødekke, kan føre til utløysing av sørpeskred i samband med trykkauke i vassmetta snø og samanbrot av skreddemninga (NVE a, Vegdirektoratet, 2014). Slike hendingar kan føre til katastrofale sørpeskred (Hestnes og Kristensen, 2010).

Grunnforholda i utløysingsområdet varierer, sjølv om det er nokre trekk som gjentek seg på grunn av deira impermeable eigenskapar (Hestnes et al., 1994). Impermeabel bakke fører til vassakkumulasjon oppå bakken og dermed i snødekket. Forholda som legg til rette for dette er impermeable islag ved bakken, bergblottingar og tele i bakken (Hestnes, 1985, Hestnes et al., 1994). Sjølv utan tele i bakken blir sørpeskred utløyst (Hestnes, 1998).

Ved brotkant i utløysingsområdet kan skredet ha vore utløyst som eit vått flakskred (snøskred), men blir øyeblikkeleg brote opp til ei flytande strøymande masse (Hestnes og Kristensen, 2010), eller alternativt når flakskredet når område med vassmetta snø (Hestnes, 1998).

Skråningar vendt mot retninga til frontnedbør er særleg sårbare for utløysing av sørpeskred. Desse får størst mengd av smeltevatn, og ofte mest nedbør. Grunnen til dette er eksponering og tilførsle av følbar og latent varme frå atmosfæren (Hestnes, 1998).

Vegdirektoratet (2014) deler sørpeskredutløysing inn i to prinsipielle typar, der sørpeskred er utløyst anten av rennande vatn eller av brot i snødekket (Figur 2-5). Utløysing på grunn av rennande vatn oppstår i heilt eller delvis snøfylde dreneringskanalar, der vassføringshastigheita fører til tilstrekkeleg erosjon og transport av kringliggane snø. Denne typen utløysing er den mest vanlege og dokumenterte i Noreg (Hestnes, 1998, Vegdirektoratet, 2014). Den andre prinsipielle typen er snødekke som har fått tilført nok vassmengder til at snødekket blir vassmetta og dermed får tilstrekkeleg mobilitet til å strøyme fritt. Av desse to utløysingstypane er rennande vatn årsak til utløysing av dei brattaste sørpeskreda (Vegdirektoratet, 2014).



Figur 2-5: Dei to prinsipielle årsakene til utløyising av sørpeskred. (Vegdirektoratet, 2014)

Ved fleire tilfelle er det observert suksessive utløyisingar stadig høgare i dreneringskanalar (Hestnes, 1985, Hestnes og Kristensen, 2010). Så sjølv om det er utløyst sørpeskred i ei skredbane ein gong i løpet av snøsesongen, kan det likevel gå fleire sørpeskred i skredbanen.

I Dreneringskanalar er det observert at sørpeskred blir utløyst i den brattaste delen av i ei forbratting av dreneringsløpet (Rapp, 1960, Hestnes og Kristensen, 2010). Spesielt kritisk er dreneringskanalar som fører vatn over skråande bergparti med rask auke i vassføring (Hestnes, 1998)

34 sørpeskredbaner blei undersøkt i detalj av Hestnes (1985), der han oppdaga at dyrkamark, beite, opne skog- og buskområder stod for om lag 60 % av utløyising-, og skredløpa. Medan skredutløpet hadde i omlag 90 % av tilfella utløp på dyrkamark, trass i at utløyisinga starta innanfor alle område innanfor nedbørsfelta. Særleg etter at jordbruket la om dreneringssystemet på dyrka jord frå ope til lukka har dyrkamarker vorte meir utsatt (Vegdirektoratet, 2014).

Lokaliteten med høgst sørpeskredfrekvens er ifylgje Hestnes (1998) skråande bergblottingar som treng mindre vasstilførsel for at snøen skal bli vassmetta. Medan større vasstilførsel trengs

for utløyising av sørpeskred frå myrer og andre flatare vassoppsamlingsområde (Hestnes, 1998).

2.2.2 Skredløp

Ofte fyl sørpeskred forseinkingar i terrenget som dreneringsvegar. Medan spreining av skredmassane sidevegs kan skje om skredmassane er lite viskøse og område er utan definerte dreneringskanalar (Vegdirektoratet, 2014).

Erosjonspotensialet blir større med stor hastighet, og fører ofte til erosjon og innblanding av erosjonsmateriale i skredløpet (Jaedicke et al., 2013). Både måten sørpeskredet beveger seg, og utløpslengda avheng av mengd vatn som blir tilført snøen i forkant av utløyisinga og under skredbevegelsen (Hestnes, 1998).

2.2.3 Utløpsområde

Utan hinder stansar vanlegvis ikkje sørpeskred før terrenget flatar ut til mindre bratte enn 5°, og difor er ofte er utløpsområde anten dalbotn, vatn eller fjord (Vegdirektoratet, 2014) (Figur 2-6 og Figur 2-7). Dersom topografien i utløpsområdet er skrånande, vil skredmassane verte drenert (Hestnes, 1998) (Figur 2-6).



Figur 2-6: Utløpsområde til sørpeskred i Undredal desember 2015. Dalbotn hindra lenger utløp lenger enn nokre titals meter oppover på motsett side av dalen. Foto: drift@ssv.



Figur 2-7: Karakteristiske flate og vide sørpeskredmassar i utløpsområde. Hendinga er frå 15. mai 2010 ved Langnes i Kåfjord. Foto: Jan R. Olsen.

2.2.4 Sørpeskredklassifisering i praksis

Frå utløyning til utløp, kan skred ofte ha større endringar i materialtype, type bevegelse, og volum. Sørpeskred sitt utløyingsområde har snødekke, men i mange tilfelle er ikkje snøgrensa ein stoppar. Det kan bevege seg langt under snøgrensa, og ende opp på vårgrøne markar (Figur 2-8). Rekkevidda til sørpeskred er dokumentert i visse tilfelle å vere endå lenger enn flaumskred (Hestnes et al., 2012). I skredløpet kan sørpeskredet drage med seg større delar mineralogiske og organiske material, og ende opp som masseførande sørpeskred (Figur 2-8). Feilklassifisering av skredopphavet kan då oppstå, sidan skredmassane tilsynelatande liknar på massar frå flaumskred (Hestnes et al., 2012) (Figur 2-8). Spesielt når snøen smeltar kan utsjånaden til sørpeskredmassar vere bortimot lik massane til flaumskred (Jaedicke et al., 2013). Klassifisering av sørpeskred som snø- eller flaumskred er vanleg, og fører til at datagrunnlaget for analyse av sørpeskred er knapt (Walberg og Devoli, 2014).



Figur 2-8: Sørpeskred den 15. mai 2010 i Manndalen, Kåfjord kommune drog med seg store mengder lausmassar. Dagar seinare hadde skredmassane søkkje rundt ein meter, noko som tyder på at det i bildet er større mengder skiten snø i skredmassane (pers.kom. Ragnhild Christin Hansen, 06.05.2016). Foto: Nils Ole Davik.

Fleire utfordringar i klassifikasjon av skredtype er når delar av snøen smeltar under skredbevegelsen (pers.kom. Sund, M., 2016). I nokre tilfelle kan snøen bli drenert på veg nedover, og dermed i utløpsområdet sjå meir ut som våtsnøskred (Figur 2-9). Dermed kan skredtypen ut frå klassifikasjonen i Figur 2-2 endre seg frå utløysingsområdet til både skredløpet og utløpsområdet. I eit varslingsperspektiv er utløysinga i fokus, så i dette fagmiljøet blir skreda gjerne klassifisert etter skredtypen i utløysingsområdet (pers.kom. Sund, M., 2016). Medan i eit perspektiv av vegtilsyn og vedlikehald, er skredklassifiseringar i størst grad prega av skredmassane på vegen (pers. kom. Colleuille, H., 11.11.2016).



Figur 2-9: Skredmassane frå 19. mai 2010 ved Herranes, Alta kommune kan tolkast som våtsnøskred, sjølv om det med stort sannsyn blei utløyst som sørpeskred (Tveit, 2011). Foto: Halvor Pettersen.

2.3 Identifisering av fare for sørpeskred

Sørpeskredfare er knytt til sannsynet for at sørpeskred skal inntreffe. For at fare for sørpeskred skal bli vurdert må snødekke kunne lagre tilstrekkeleg mengd vatn. Mindre enn 0,5 meter tjukt snødekke er ifylgje erfaring for lite til at snødekke kan lagre tilstrekkelege vassmengder. Medan ved mindre snø vil snødekket smelte for raskt til at nok snø er att for sørpeskredutløysing (Vegdirektoratet, 2014). Dess mindre vassstilførsel di meir tel eigenskapane til snødekket (Jaedicke et al., 2013).

Fareteikn som er observerbare og betyr mest for stabiliteten av snødekke for sørpeskred er ifylgje Hestnes (1998), Hestnes og Bakkehøi (2004):

1. Vedvarande eller auke i regn, temperatur og vind.
2. Store mengder av vassstilførsel frå regn og/eller snøsmelting.
3. Vassoppsamling i snødekket.
4. Vassmetta snø i kanalar, gjerne med drenering oppå snøen.
5. Bekkar som riv med seg snø.
6. Små sørpeskred i dreneringskanalar.

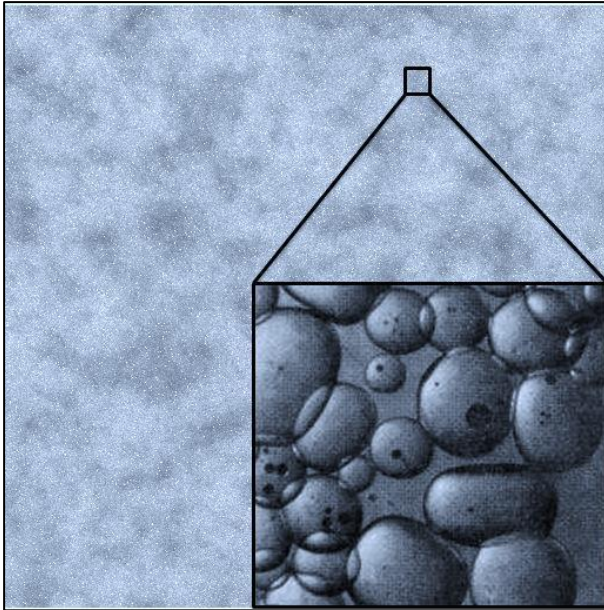
7. Sørpeskred observert i regionen.

Utan nokon av desse indikatorane er det vanlegvis ikkje anlegg for sørpeskred. Atterhald er om drenering vert hindra, om snøfylde kanalar får ekstra vasstilførsel eller særskilt utsette terrengforhold (Hestnes, 1998, Hestnes og Bakkehøi, 2004). For å halde oppsyn med vassfluktuasjonen på utsette stadar kan ein plassere trykkgivarar (Hestnes, 1998).

2.3.1 Snødekke

Snødekke med liten kohesjon er mest utsett for sørpeskred, og gjeld dermed nysnø og grovkorna snø. Nysnø er snøtypen som treng minst vasstilførsel for å danne sørpeskred. Stabile snødekke som er mindre utsett for sørpeskred har finkorna snø, er kompakte eller har islag. Islag er stabile sjølv ved vassmetting. Gunstige forhold for store sørpeskred er grovkorna snødekke med begerkrystallar ved bakken. Likevel kan store sørpeskred bli utløyst i lagdelt snødekke, om vasstilførsel er stor nok (Hestnes, 1998)

Turt og vått snødekke har vanlegvis eigenvekt på mellom 100-350 kg/m², der isfraksjonen i seg sjølv har eigenvekt på 900 kg/m². Noko som viser til at ein stor del av snødekket består av luft lokalisert i poreroma (McClung og Schaerer, 2006). Sørpe er vassmetta snø med nesten fråverande berekapasitet, der tettheit er nær 1000 kg/m³. Observasjonar av snødekke med blå-grå farge indikerer sørpe (Figur 2-10) (Hestnes, 1985). Av dei tre komponentane snø, vatn og luft i snødekke, inneheld sørpe minimalt med luft, og er grunnen til den høge tettheita (McClung og Schaerer, 2006).



Figur 2-10: Sørpe illustrert på både makro- og mikronivå. Utsnittet syner runde snøkorn med vatn som fyl poreroma i tillegg til små (svarte) luftbobler (Modifisert frå McClung og Schaerer (2006)).

Auka vassopphoping i snødekket fører til endra innhald i poreroma, der vatn tek plassen til lufta. Snødekket har eit fenikulert regime ved 0-8% flytande vassmengd av bulk volumet, pendulert regime ved 8-15 %, og sørpe over ca. 15% (Figur 2-10) (McClung og Schaerer, 2006).

Allereie tidleg vinter er dei hydrometeorologiske forholda avgjerande for sårbarheita til snødekket, så det er ei røff tilnærming å berre studere forholda like før utløysing (Jaedicke et al., 2013). Utan eit favoriserande snødekke vil sørpeskred vanlegvis ikkje førekome, sjølv om ekstrem vasstilførsel likevel kan løyse ut sørpeskred (Hestnes, 1998).

2.3.2 Meteorologi

Dei viktigaste meteorologiske forholda for sørpeskred er: Nedbør, vind, luftfuktigheit, temperatur og stråling. Kontrollerande faktorar er mengd og varigheita av tilførsle av energi frå atmosfæren til snødekket (Hestnes, 1998)

Gjennom tilbakekalkulasjon av 80 sørpeskredhendingar estimerte Hestnes et al. (1994) kor stor del av vasstilførsla som kom frå ulike kjelder. Ved varmfrontpassasje kom frå 5 - 45% av vasstilførsla frå smeltevatn, medan regn i dei fleste tilfelle bidrog mindre enn 5% av den totale vasstilførsla. Regn bidrog derimot i mykje større grad ved vårløysingar med så mykje som

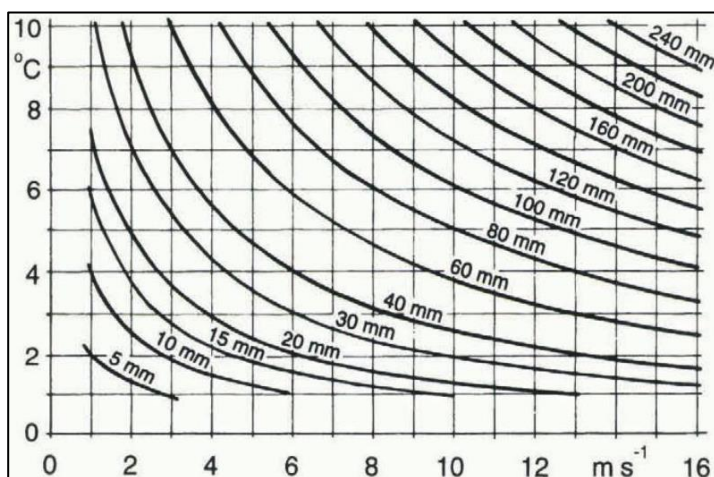
65%. Og i same situasjon medverka netto stråling med 20-50% av energibudsjettet mellom atmosfæren og snødekket (Hestnes et al., 1994, Hestnes, 1998).

Netto stråling og turbulent varmeutveksling er ein av hovudfaktorane for våte snøskred, og kan vere det for sørpeskred også då sørpeskreda våren 2013 oppsto dei dagane med høgst netto stråling snøsesongen 2012/2013. Stråling og turbulent varmeutveksling tek ikkje snøsmeltinga frå HBV-modellen omsyn til, og er difor underestimert (Jaedicke et al., 2013).

Varigheita til regn og snøsmelting før utløyising blei av Hestnes (1998) observert til å vere 5-36 timar i samband med varmfront om vinteren. Vidare for vårløysingssituasjonar blei lengre periodar frå 5-16 dagar med smelting i forkant registrert, og ved nokre høver var den mest intense perioden kortare enn 24 timar (Hestnes et al., 1994, Hestnes, 1998).

Nedbør i form av regn, og intensiteten er vesentleg for sørpeskredsituasjonar med varmfrontpassasje. Tidleg til midtvinter er den vanlegaste tida for intense periodar med regn, og er gjerne ein avgjerande faktor for utløyising (Jaedicke et al., 2013).

Snøsmelting per døgn som ein funksjon av vind og temperatur ved relativ luftfuktigheit på 100% er gitt i Figur 2-11. Der er det tydeleg at vinden er avgjerande for produksjon av snøsmelting og dermed vasstilførsel til snødekket.



Figur 2-11: Snøsmelting per døgn, gitt som ein funksjon ut frå vind og temperatur ved 100% relativ luftfuktigheit (Hestnes, 1998).

Ved ein tenkt vintersituasjon med ein passerande varmfront på 6° C og ein laber bris tilsvarande 10 m/s, blir snøsmeltinga heile 100 mm. Medan snøsmeltinga ved ein vårløysingssituasjon med døgnmiddeltemperatur på 8 grader og laber bris på 6 m/s, gir om lag

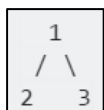
80 mm. Ofte vil det ikkje vere relativ luftfuktigheit på 100 %, sidan det er ved slike forhold skodde og skyer blir danna.

Ut ifrå vêrforholda ved fem sørpeskredhendingar ved delte Jaedicke et al. (2013) sørpeskreda inn i to grupper, godvêrs- og dårlegvêrs sørpeskred. Hendingar med godvêr har klar himmel og er berre relatert til snøsmelting, medan hovudårsaka til dårlegvêrshendingane er regn (Jaedicke et al., 2013).

2.4 Klassifikasjonstremetoden

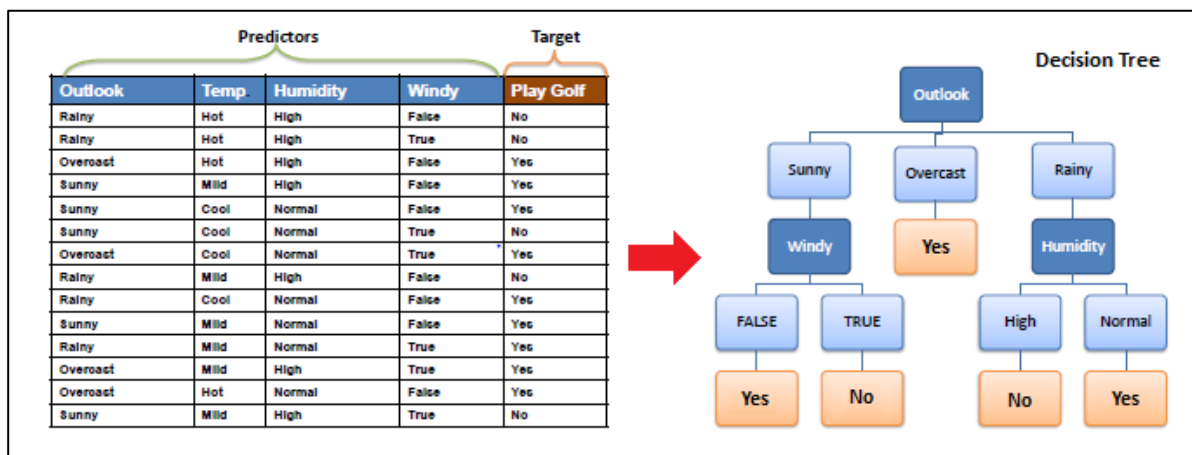
Målet med klassifikasjonstre er å byggje opp kunstig intelligens som kjenner igjen mønster som kan føresjå responsen på grunnlag av prediktorar (Dell-Inc., 2013). Klassifikasjonstre blir trenta til å klassifisere observasjonar i kategoriske responsar basert på anten kontinuerlege eller kategoriske prediktorar (Duda et al., 2000). Så klassifikasjonstre er ein predikativ metode brukt innanfor statistikk som kan behandle store mengder data på kort tid, samtidig med innsyn i korleis data blir predikert, og gir resultat som er relativt enkle å tolke (Mathworks, Hendrikx et al., 2005). Ein annan fordel med klassifikasjonstre i høve andre statistiske teknikkar er at klassifiseringsanalysen tilnærma er uavhengig av datadistribusjon til variablane, og uteliggjarar blir isolert vekk. Ei ulempe med klassifikasjonstre er det tidkrevjande valet av optimal trestørrelse, dersom dette blir gjort manuelt (Breiman et al., 1984).

Mønsteret som predikerer responsen blir visuelt framstilt gjennom ein trestruktur med avgjerder, greiner og lauvnodar (Figur 2-12). Trestrukturen kan på norsk kallast avgjerdstre (eng. decision tree), og deler observasjonane i datasett frå kvarandre til nye deldatasett basert på avgjerder, som vidare i oppgåva vert namngitt splittar. Når det til blir snakk om tersklar frå klassifikasjonstrea mot slutten av resultat og i diskusjonen blir splittar omtala som kriterier i tersklane. Det finst fleire typar metodar for oppbygging av avgjerdstre, men denne oppgåva tek berre føre seg CART (Classification And Regression Tree)-metoden.



Figur 2-12: Prinsippskisse av klassifikasjonstre. Nr. 1 er rotnoden (splitt), linjer mellom tala er greiner, medan nr. 2 og 3 er lauvnodar. Nodar er fellesnamnet for knutepunkta 1, 2 og 3.

Datasetta nytta til klassifikasjonstre-analyse er matriser med ein kolonne til kvar av prediktorvariablane og responsvariabelen, og kvar rad representerer ein observasjon av variablane (Figur 2-13).



Figur 2-13: Prinsippskisse av klassifikasjonstre produsert frå ein datamatrise (Sayad).

Klassifikasjonstre-analysen evaluerer prediktorvariablane med omsyn til responsvariabelen, og identifiserer terskelverdiar mellom dei viktigaste prediktorvariablane. I fyrste splitt (rotnoden) vert terskelverdi representert for den prediktorvariabelen som i størst grad forklarar variasjon i responsvariabelen. Dei to nye deldatasetta kan vidare bli splitta for å få nye deldatasett med mindre variasjon mellom responsklassane. Når vidare splitting ikkje fører til mindre variasjon i responsen, terminerer (stoppar) splittinga. Kvar lauvnode får klassifisert respons ut frå den overrepresenterte responsklassen i deldatasettet (Breiman et al., 1984, Duda et al., 2000, Stokland et al., 2008).

Når observasjonane i eit deldatasett berre har ein respons, er deldatasettet reint (pure), og på den grunn kan splittinga terminere, men oftast blir ikkje deldatasett reine, så det er vanleg at kvart deldatasett inneheld ulike responsar (impure). Difor vil analysen etter kvar oppsplitting, måtte avgjer om den skal godta ureinheita (impurity) og terminere greina i ein lauvnode, eller søkje vidare etter prediktoreigenskapar med verdiar som kan utvide treet til stadig reinare delsett. Analysen terminerer splittinga når det anten ikkje er oppnåeleg med reinare deldatasett, eller at brukaren har sett førehandsvalde grenser (Duda et al., 2000).

Oppbygginga av klassifikasjonstre gjennom CART-metoden, har fire måtar å måle ureinheita til deldatasettet ved ein node (Duda et al., 2000):

1. Entropy impurity
2. Variance impurity
3. Gini impurity
4. Misclassifikasjon impurity.

Teori

Desse vert nytta som splitt-kriterium, der variabel og terskelverdi av denne blir valt ut frå kva som gir minst målt ureinheit. I denne oppgåva vert det fokusert på ein variant av Gini impurity som er standardvalet i klassifikasjonstre-funksjon i Matlab, *fitctree*. Denne varianten heiter Gini's Diversity Index, der denne Gini indeksen er gitt ved (Mathworks):

$$1 - \sum_i p^2(i) \quad (1)$$

der summen er observasjonane av i responsklassar ved noden, $p(i)$ er andelen av observasjonane i deldatasettet med responsklasse i . I tilfelle ved berre ei responsklasse ved noden, altså ein rein node er Gini indeksen 0, medan ved fleire responsklassar representert i deldatasettet ved noden blir indeksen positiv, der høgare tal representerer ein meir urein (impure) node (Mathworks).

Dersom klassifikasjonstre blir bygd til at kvar node (deldatasett) har minst muleg ureinheit, kan treet bli stort, med lange rekkjer av splittar mellom rotnoden og lauvnoden. Dette fører til at nye observasjonar med data som går gjennom klassifikasjonstreet må gjennom mange splittar (filtreringar) for å få predikert respons (Duda et al., 2000).

Når datasettet som er nytta til å trene (byggje opp) klassifikasjonstreet har den minste oppnåelege ureinheit ved lauvnodane, er klassifikasjonstreet vanlegvis overtilpassa (overfitted). Treet vil dermed i liten grad predikere korrekt respons for nye datasett. I motsetning, dersom klassifikasjonstreet ikkje splittar treningsdatasettet nok, vil ureinheit i lauvnodane vere unødig stor, og i dette tilfelle også yte dårleg for nye data (Duda et al., 2000). Så ein søker etter enkle klassifikasjonstre, med færrest muleg splittar utan at det i for stor grad går på kostnad av prestasjonen (Duda et al., 2000).

Det finst fleire framgangsmåtar for å endre utstrekkinga til klassifikasjonstrea, og desse er nyttige som verkty for å finne optimal trestørrelse. Tre måtar er: 1. Maksimalt tal splittar, 2. Minimumstal for observasjonar ved kvar node, 3. Beskjere (prune), som er å la klassifikasjonstre byggje seg ut til maksimal utstrekking, og deretter beskjere (Duda et al., 2000).

For å finne optimal størrelse på klassifikasjonstrea kan trea bli validert ved å la nye observasjonar bli testa gjennom klassifiseringane (splittane), og størrelsen kan bli valt ut frå kva grad responsen til nye observasjonar blir predikert korrekt (Breiman et al., 1984).

2.5 Kryssvalidering av klassifikasjonstre

Ein vanleg nytta valideringsmetode er kryssvalidering som undersøker i kva grad klassifikasjonstre vil kunne predikere korrekt respons for nye observasjonar. Ofte er tilgjenge på observasjonar avgrensa, og det vil vere avgjerande for klassifikasjonstreet å nytte flest muleg av observasjonane til trening, for ein ikkje har tid til å vente på nye observasjonar. Så kryssvalidering er eit (internt) estimat av kor godt klassifikasjonstre kan predikere nye observasjonar (Breiman et al., 1984).

Løysinga er å nytte tilgjengelege observasjonar både til trening og testing av klassifikasjonstreet. Kryssvalidering fordeler observasjonar i folds (delar), der talet (N) på folds er brukardefinert. Algoritmen er å nytte N - 1 folds til trening og subtrahend-folden til testing. Iterativt vert kvar fold bytta ut og nytta som testdatasett, og iterasjonen stoppar når kvar fold ein gong har vore testdatasett. Så til saman vert det bygd like mange klassifikasjonstre som talet på folds (Breiman et al., 1984).

I kor stor grad det validerte klassifikasjonstreet predikerer korrekt responsklasse til testdatasetta vert summert i ein confusion matrix (Tabell 2-1). Denne presenterer kor mange av kvar av responsklasse som blir predikert korrekt og feil.

Tabell 2-1: Confusion matrix som inkluderer eit døme på klassifisering av observasjonar.

True class	0	23339	0
	1	49	10
		0	1
		Predicted class	

Nøyaktigheit er eit vanleg omgrep angående styrken til predikative modellar (Breiman et al., 1984), men i tilfelle som i Tabell 2-1 med stor ubalanse i registrert klasse (true class), vil nøyaktigheita presentere at modellen predikerer korrekt 99,8 % av observasjonane. Noko som særleg ikkje kan brukast som mål for kor godt modellen predikerer registrert klasse 1 (Tabell 2-1).

For å kunne snakke på ein universell måte om kor godt eit klassifikasjonstre predikerer responsen til datasett, er fagtermene true positive rate (TPR), true negativ rate (TNR), false positive rate (FPR) som også vert kalla falsk alarm, false negative rate (FNR) og positive predicted value (PPV) ofte nytta (Markham). Desse fagtermene er utleda i Tabell 2-2 under.

Tabell 2-2: Omgrep ofte nytta i samanheng med kor godt eit klassifikasjonstre kan predikere responsen til nye datasett.

Eksempeldøgn	Observert respons	Predikert respons	Fagterm	Fagterm uttrykt ved rate
døgn 1	1	1	True Positive (TP)	True Positive Rate = $TP / (TP + FN)$
døgn 2	0	0	True Negative (TN)	True Negative Rate = $TN / (TN + FP)$
døgn 3	0	1	False Positive (FP)	False Positive Rate = $FP / (FP + TN)$
døgn 4	1	0	False Negative (FN)	False Negative Rate = $FN / (FN + TP)$

Den optimale trestørrelsen kan bli valt manuelt ved å velje trestørrelsen som gir høgst verdiar av TPR og TNR, medan lågast av FPR og FNR (Breiman et al., 1984). Det finst også eit uttal av regelbaserte metodar som med meir eller mindre likt prinsipp finn den optimale trestørrelsen. Kvar metode vil gi noko ulikt svar, men Breiman et al. (1984) skriv godt både den manuelle forklart ovanfor og om er eitt-standardavvik-regelen (1 SE rule). Regelen går ut på at optimal trestørrelse er treet med færrest splittar, med like liten feilklassifiseringsrate som treet med minst feilklassifiseringsrate pluss eitt standardavvik (Hendrikx et al., 2005). Likevel viser det seg i praksis seg at manuelt val av trestørrelse kan vere betre enn regelbasert (Breiman et al., 1984).

Val av trestørrelse kan etter kryssvalidering både bli gjort ved å manuelt velje trestørrelsen som gir lavast feilklassifiseringsrate, eller gjennom ein regel med namn eitt-standardavvik-regelen (1 SE rule) (Breiman et al., 1984). Ein regelen som går ut på at optimal trestørrelse er treet med færrest splittar, med like liten feilklassifiseringsrate (misclassification rate) som treet med minst feilklassifiseringsrate, pluss eitt standardavvik (Hendrikx et al., 2005). Feilklassifiseringsraten er kort samanfatta forventa risiko til klassifiseringa ($(FPR + FNR) / (TPR + FPR + TNR + FNR)$). Likevel viser det seg i praksis seg at manuelle val av trestørrelse kan vere betre enn alle regelbaserte metodar (Breiman et al., 1984).

3 Datagrunnlag

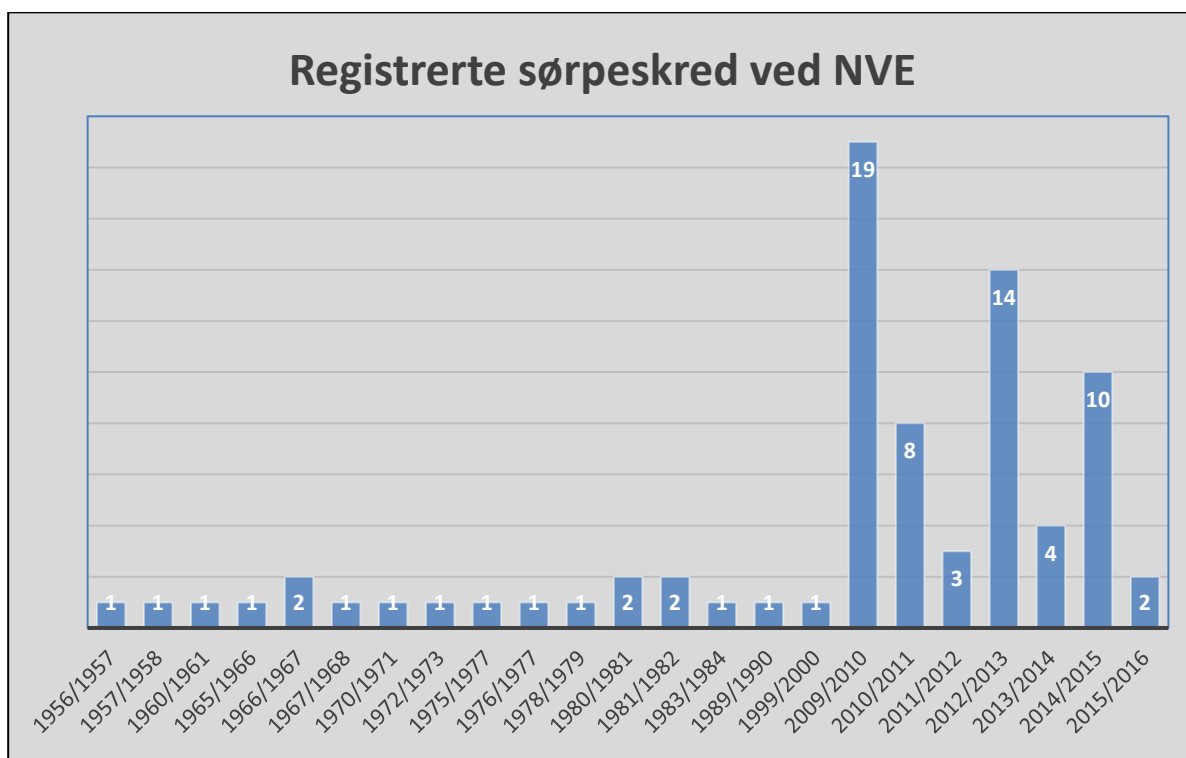
3.1 Sørpeskredregister frå NVE

Dei siste åra, spesielt frå 2015 har NVE arbeidd med å identifisere, kvalitetssikre og registrere sørpeskred i Noreg. Dette for å få eit større og sikrare datagrunnlag til nytte for analysar for jordskredvarslinga. Sørpeskredregisteret går like langt tilbake som data i xGeo (1957), på grunn av at analysar for jordskredvarslinga tek føre seg hydrometeorologiske variablar frå xGeo.

I denne oppgåva er sørpeskredregisteret frå NVE nytta slik det stod fram per. februar 2016 fanst det ikkje eit tilgjengeleg register som var eigna til vidare databehandling. Sjølv om sørpeskred var registrert på RegObs.no og i nasjonal skreddatabase, har ikkje desse registreringane blitt kontrollert for korrekt skredtype.

Sidan feilregistreringar av sørpeskred er vanleg, har det vore behov for eit kvalitetssikra sørpeskredregister som også inkluderer utløysingsområdet. Dette er viktig fordi skredtypen kan endre seg undervegs i skredbanen (Figur 2-2) og forholda kan vere svært forskjellige mellom utløysingsområde og ulempepunkt. Såleis er eit truverdig sørpeskredregister viktig for truverdig analyse til nytte for varsling av nye sørpeskred. Kvalitetssikringa av sørpeskred viste at Statens vegvesen sine innrapporterte sørpeskred forståeleg nok fokuserer på ulempepunkt ved infrastruktur, men er lite nøyaktig i skildring og lokalisering av utløysingsområde.

Til saman inneheldt registeret 79 sørpeskred. Frå 1957 til 2009 er det registrert 19 sørpeskred, medan 60 er registrert i perioden 2010 til 2015 (Figur 3-1). Det er ein stor auke i 2009/2010, som er grunna ein vêr- og snøsituasjon i mai 2010. Lokalitetane for skreda er i hovudsak Vestlandet, Midt-Noreg og Nord-Noreg, med nokre få hendingar i nordre del av Austlandet. Størstedelen av dei registrerte sørpeskreda er lokalisert i nærleiken til vegar, og hatt påverknad for samferdsla.



Figur 3-1: Auken i tal registrerte sørpeskred sidan 2009/2010 kjem tydeleg fram. Årstala er inndelt etter hydrologisk år, med start 1. september.

3.2 Hydrometeorologiske data frå xGeo

xGeo er eit internettverktøy (www.xgeo.no) med informasjon om mellom anna hydrometeorologiske variablar i kartplan og tid. Det er altså eit visuelt topografisk kart med terrengmodell (DEM) med oppløysinga 1*1 km (1 km²). Terrengmodellen heiter GTOPO 30 og er re-projisert til UTM sone 33 (WGS84). Høgda til kvar gridcelle er oppgitt, og er den gjennomsnittlege høgda til terrenget i pixelområdet.

Data går tilbake til 01.09.1957 og er til ei kvar tid prognostisert 9 dagar fram i tid (NVE et al.). Kvar gridcelle på 1*1 km har éin variabelverdi for kvar av dei hydrometeorologiske variablane. Variablane har ei tidsoppløysing på 24 timar, der dette døgnet strekkjer seg frå kl.07.00 (UTC+1) til kl. 06.59 (UTC+1) (vintertid) (Engeset, 2013). Så til saman kan ein hente ut eit mangfald av variabelverdier som per 2016 er frå om lag 21 500 døgn.

Dei hydrometeorologiske variablane gir til saman informasjon om vêr, snø og jord. *Vêrdata* er døgnedbør og døgnmiddeltemperatur. *Snødata* fortel om snømengde, -djupne og -tilstand,

Datagrunnlag

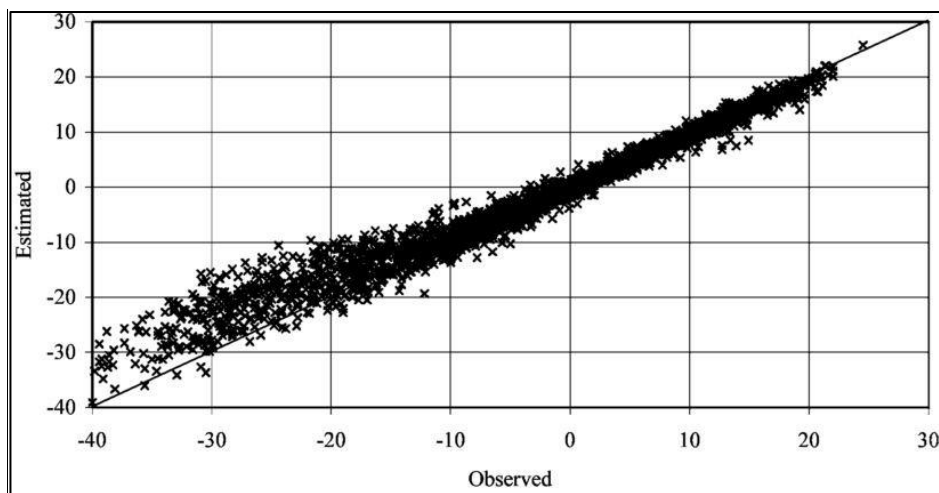
nysnø, smelting og alder med meir. *Jorddata* fortel om teledjupn, vassmettingsgrad i bakken, vasstilførsel, vasskapasitet og grunnvasstilstand.

Drifta av xGeo er eit samarbeid mellom Meteorologisk institutt som har vêrstasjonar med leveranse av vêrdata, NVE som utarbeider snø- og jorddata, Statens Vegvesen, Jernbaneverket og Kartverket (NVE c).

Av dei mange hydrometeorologiske variablane i xGeo, er eit utval på 11 variablar presentert og forklart nedanfor.

3.2.1 Gjennomsnittleg døgntemperatur

Datagrunnlaget for middeltemperaturen vist i xGeo.no kjem per 2010 frå om lag 230 målestasjonar (Engeset, 2013). Desse punktmålingane nyttast til interpolasjon av temperatur til alle gridceller i xGeo. Stasjonane er plasserte i ulik høgd over havet. Dette vert korrigert for ved «De-trending», der alle målingane vert simulert til temperatur ved havnivå. Deretter vert temperaturar for heile Noreg interpolert gjennom metoden Residual Kriging (Mohr, 2008). Ei interpolasjonsmetode som viser seg å prestere tilstrekkeleg (Figur 3-2) (Tveito et al., 2005).



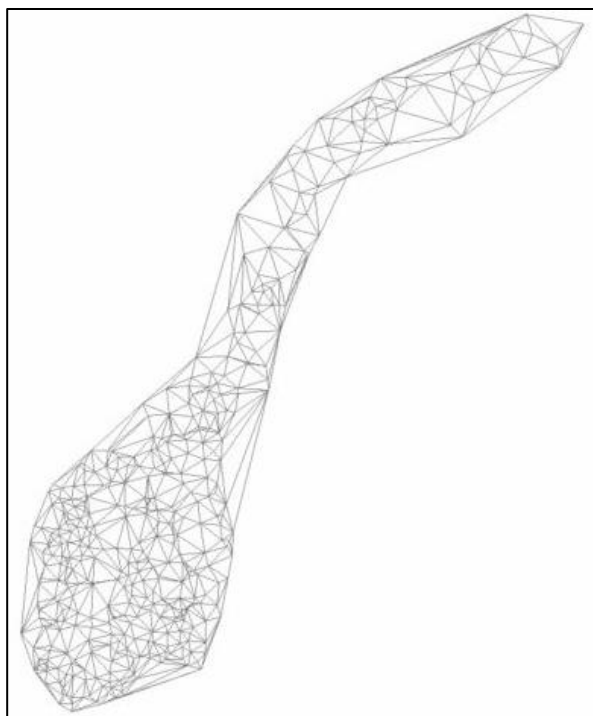
Figur 3-2: Validering av interpolasjonsmetoden residual Kriging ved Karasjokk i Nord-Noreg. Observert temperatur [°C] er plotta mot estimert temperatur [°C] ved residual Kriging (Tveito et al., 2005)

3.2.2 Døgnedbør og nysnø

Døgnedbør er akkumulert nedbør over 24 timar frå om lag 400 målestasjonar per 2010. Data vert korrigert for nedbørstap på grunn av vind, snødrev, fordamping, (kondensasjon) og nedbørstype (Engeset, 2015). Det vert brukt ein større korreksjonsfaktor for snø enn regn, sidan stasjonane misser større mengd av snøen enn regnet. For kvar 100 meter vertikalstigning vert det lagt til ei nedbørsauke på 10 % under 1000 moh, og 5 % over 1000 moh. Nedbørsmengda vert interpolert mellom stasjonane ved trianguleringsmetoden (Figur 3-3) (Mohr, 2008).

Trianguleringsmetoden definerer trianglar som ikkje overlappar mellom stasjonane. Bakdelen ved bruk av trianguleringsmetoden er at den ikkje kan ekstrapolere. Noko som fører til at stadar ved landegrensa kan få lange interpolasjonsavstandar, og dermed stor usikkerheit. Interpolasjonane vert vektlagt ut frå interpolasjonsavstand, og lange triangelsider (>350 km) vert dermed mindre vektlagt, enn kortare triangelsider (Mohr, 2008).

Nysnødjupne [cm] er oppgitt gjennom variabelen «nysnødybde» i xGeo.no, og er estimert gjennom temperaturtersklar og døgnedbør.



Figur 3-3: Geografisk illustrasjon av trianglar i trianguleringsmetoden (Mohr, 2008).

3.2.3 Snødjupne, snøvassekvivalent, snøtilstand, snøsmelting

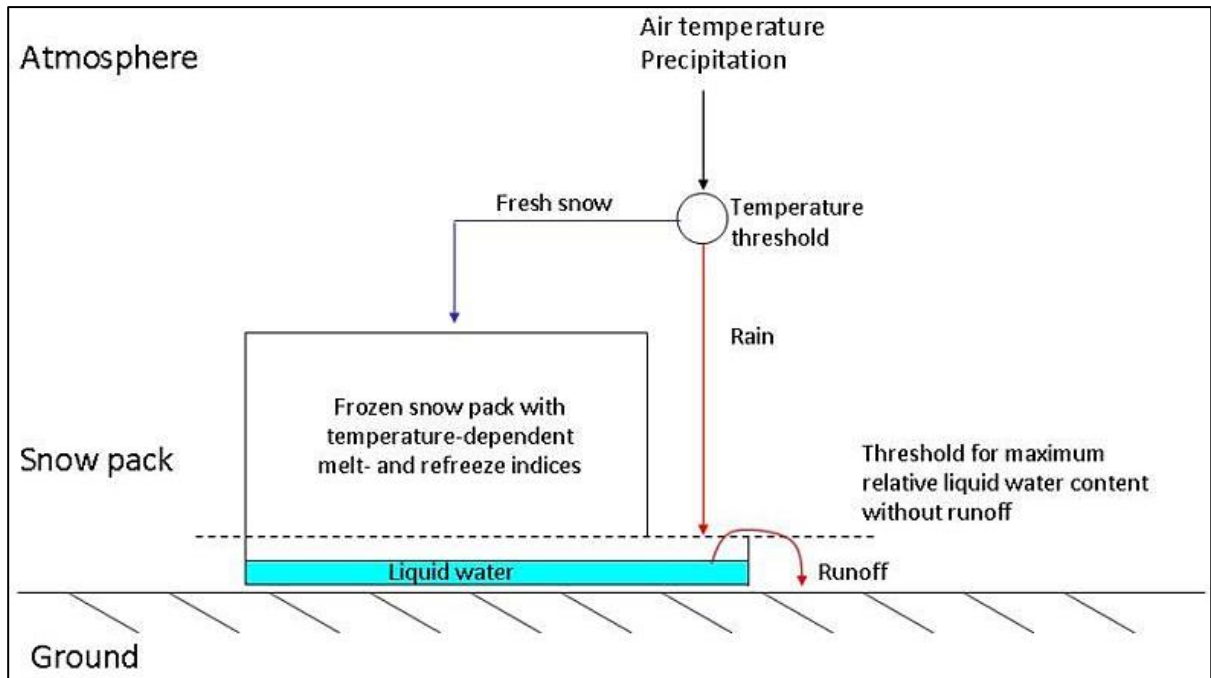
Snømengdene (snødjupne, snøvassekvivalent) i xGeo går ut frå seNoreg-snømodellen, som mellom anna er estimert gjennom nedbør og graddagsmodellen. Graddagsmodellen er ein enkel modell basert på same rutine som i HBV-modellen, og er ei forenkla framstilling av dei hydrologiske prosessane i naturen (NVE b, NVE c). Inndata i graddagsmodellen er nedbør og temperatur, men også dag på året spelar inn (Engeset og Tveito og Alfnes og et al., 2004).

Proporsjonen mellom snøvassekvivalens [mm] (SWE) og snødjupne [mm] (SD) i snømodellen i xGeo er avhengig av algoritmar som bereknar snøkompaksjon og tettheit på grunnlag av tid og vêr. Endring i snødjupna vert kalkulert i tre steg: 1. Snøsmelting sidan sist berekning, 2. Tettheit av nysnø, og fortetting av gamal snø på grunn av vekta av nysnø sidan sist berekning. 3. Gradvis fortetting av heile snødekket. Tettheit, ρ til snødekket er gitt ved:

$$\rho = \frac{SWE}{SD} \quad (2)$$

Snøsmelting oppstår ved døgnmiddeltemperatur over 0°C. Mengd av snøsmelting avheng av ulike faktorar: Ein sesongvarierende faktor er sol-innstrålinga som varierer med tid på året, faktor for breddegrad, skogfaktor (over/under tregrensa). Snøsmeltinga er avgrensa av tilgangen av is og fritt vatn i snødekket (Saloranta, 2012), og terskelen mellom snø og regn er 0,5 °C (Engeset og Tveito og Udnæs og et al., 2004, Saloranta, 2012)

Variabelen «snøtilstand» representerer estimert innhald av fritt vatn i snødekket, og går ut frå at snødekket maksimalt kan innehalde 10 % fritt vatn (Saloranta, 2012). Snøtilstand syner mellom 0 % og 10 % ei oppdeling i ulike tre delar: Tørr 0-2,9 %, fuktig 3-9 % og våt 9- 10 %. Vasstilførsla kjem frå regn og snøsmelting. I tilfelle snøen inneheld 10 % fritt vatn, vil ytterlegare tilført fritt vatn bli representert i variabelen «regn og snøsmelting» som i praksis tyder avrenning (Figur 3-4) (Engeset, 2015).



Figur 3-4: Illustrasjon av seNorge snømodellen som simulerer nedbørstype snømengde, snøtilstand, snøsmelting og avrenning (Engeset, 2015).

3.2.4 Regn og snøsmelting

Som tidlegare nemnt må snøen innehalde 10 % fritt vatn for å få regn og snøsmelting. Regn og snøsmelting er summen av avrenning siste 24-timane fram til kl. 07 (UTC+1) den datoen som er oppgitt. Ved snøfrie forhold eller ved snødekke med 10 % fritt vatn, viser denne variabelen tilsvarande mengde som regnedbøren (Figur 3-4).

3.2.5 Teledjup

Infiltrasjonsevna til jorda vert sterkt redusert ved tele i jorda, og fører til at det meste av vasstilførsla renn av som overflatevatn (Myhre, 2009). Teledjupet i xGeo.no er simulert med HBV-modellen (NVE b, NVE c). Teledjup er ein usikker variabel, som er svært sensitiv på lokale forhold som jordas samansetning (av til dømes sand, grus, leire), vassinnhald og vegetasjon (pers.kom. Colleuille, H., 11.11.2016).

3.2.6 Vasstilførsel 3 døgn

Variabelen vasstilførsel 3 døgn framstiller simulert tilførsel av vatn til jorda frå avrenning (regn og snøsmelting). Variabelen har summen av vasstilførselen dei siste 72 timane fram til

Datagrunnlag

kl.07 (UTC+1) den oppgitte datoen, og er summen av vasstilførselen i prosent av gjennomsnittleg årleg vasstilførsel for åra 1981-2010 (NVE c).

3.2.7 Vassmettingsgrad i bakken

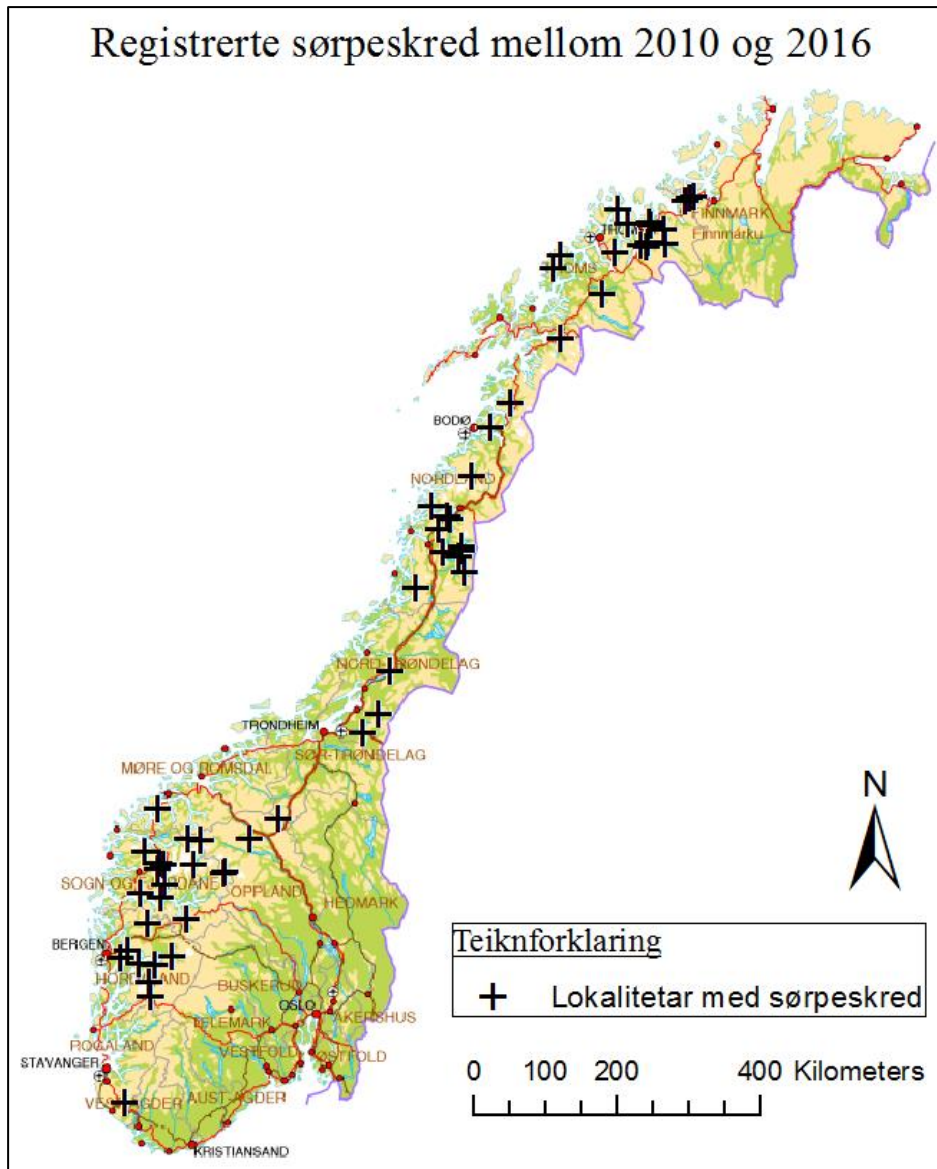
Vassmettingsgrad i bakken er simulert, og er oppgitt i prosent av simulert vassmetta forhold (NVE c). Simulert vassmetta forhold svarer til det maksimale simulerte vasslageret i perioden 1981-2010 gjennom bruk av HBV-modellen (NVE c).

4 Metode

4.1 Sørpeskredhendingar

60 sørpeskred er henta ut frå sørpeskredregisteret til NVE. Desse er frå perioden mellom 2010 og 2015. Eitt av dei 60 sørpeskreda hadde ikkje noko estimert snødjupne (SD) ved utløysingsområdet, trass at bildekjelde i registeret synte snø i utløysingsområdet. Sidan manglande estimert snø ville kunne gi ein uheldig effekt for analysen, og indikere at sørpeskred kan gå utan snø, er dette sørpeskredet ikkje teke med i data. Så 59 sørpeskred utløyst ved 58 ulike lokalitetar blei nytta i analysen (Figur 4-1).

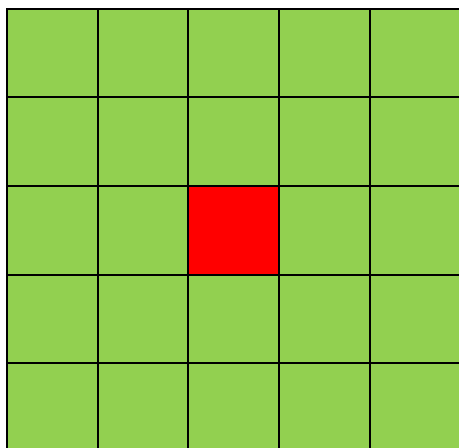
Perioden 2010 til 2016 har mange fleire registrerte sørpeskred enn tidlegare år, og grunnen til dette kan mellom anna vere at det er utløyst fleire sørpeskred i denne perioden enn tidlegare, eller at informasjonsauken dei siste åra har ført til større informasjonsdistribusjon av skredhendingar. Analysen (kapittel 4.4) i denne oppgåva avheng av god informasjonsdistribusjon av skredhendingar, og med andre ord at så mange som råd av utløyste sørpeskred har kome med i registeret. Så utvalde seks-årsperiode var den sikraste for i størst grad tilfredsstillende behovet til analysen.



Figur 4-1: Lokaliteten til kvart av dei 59 registrerte sørpeskred i perioden 2010-2016.

4.2 Hydrometeorologiske variablar

Sørpeskredhendingane er registert med koordinat for utløysingsområdet, og ligg i ei av dei 1 km * 1 km store gridcellene i xGeo.no. Desse gridcellene har informasjon om middelhøgda innanfor gridcella, og variabelverdiane er tilknytt denne (kapittel 3.2). Så middelhøgda og difor også variabelverdiane vil i større eller mindre grad vere ulik frå høgda til utløysingsområdet. Det har vist seg at variabelverdiane som oftast har liten endring ved inntil nokre kilometer sidevegs forflytting. Så om høgdeskilnaden har vore meir enn ca. 100 meter, er variabelverdiar trekt ut frå eit inntil 5 km * 5 km stort område rundt utløysingsområdet si gridcelle (Figur 4-2).



Figur 4-2: Raud celle i midten gridcella som inneheld eit utløysingsområde. Grøne celler syner områdeavgrønsing for uttak av variabelverdjar.

Utløysingstidspunkt for sørpeskreda er avgjerande for at dei hydrometeorologiske variablane skal kunne vere så korrekte som muleg. Av 59 sørpeskred i oppgåva er 83 % registrert med omtrentlege klokkeslett, medan 17 % utan, men desse har under NVE sitt registreringsarbeid fått tildelt døgn ut frå sannsynleg tidspunkt, og tidspunkt i forhold til forskyvde døgn i xGeo (kapittel 3.2).

4.2.1 Variablar med tidsseriar frå xGeo

Av alle hydrometeorologiske variablane i xGeo er 11 utvalt på grunnlag av relevans for utløysing av sørpeskred (kapittel 2.2). Desse er presentert i Tabell 4-1 og forklart i kapittel 3.23.2.

For variablane frå xGeo er det henta ut variabelverdjar frå perioden 01.01.2010 til 14.02.2016. Denne perioden representerte tidsseriar med 2236 døgnobservasjonar (vidare kalla døgn) per lokalitet. Så kvart av desse døgn fekk tileigna variabelverdjar. Vidare vart dei 58 variabeltidsseriane frå kvar lokalitet slege saman til eitt stort datasett, *Noregdata* på 129688 døgn.

58 skredlokalitetar med i gjennomsnitt har eitt døgn med skred (skreddøgn) per lokalitet, var det forholds messig mange døgn utan skred (ikkje-skreddøgn). Tidsseriane inneheldt også ikkje-skreddøgn med variabelverdjar som det ifylgje både teorien (kapittel 2.2), og dei 59 sørpeskreda frå registeret, ikkje går sørpeskred. Dette var døgn med døgnmiddeltemperatur under frysepunktet, og døgn utan snø ($T < 0^{\circ}\text{C}$ & $SD = 0$). Desse døgn vart eliminert frå det

Metode

vidare arbeidet, og førte til ein variasjon i døgntalet mellom lokalitetane. Gjennomsnittleg var det igjen 397 døgn per lokalitet, og til saman 23398 døgn.

Vidare døgneliminering basert på terskelverdiar vart forsøkt, men viste seg ikkje å vere effektivt. Noko som er grunna skreddøgna sine svært store variasjonar i dei hydrometeorologiske variablane (kapittel 5.1.1). Så ubalansen i tal skreddøgn og ikkje-skreddøgn vart ståande.

4.2.2 Estimering av nye variablar med tidsseriar

Analysing av tilhøva like før utløyning er ei sparsam tilnærming for å forklare utløyning av sørpeskred (kapittel 2.3.1). Sidan dei ti variablane frå xGeo berre inneheldt informasjon om sjølve skreddøgnet, ville det vere grunnlag for å estimere nye variablar som også inneheldt informasjon om dei føregåande døgna. Så sju variablar som tok føre seg akkumulasjonen i variabelverdiar både tre og seks døgn inntil skredutløyningane vart estimert, og lagt til i variabeltidsseriane (Tabell 4-1).

Då det ikkje var tilgjengeleg ein eksplisitt variabel for regn frå xGeo, vart døgna variabeltidsserien snøsmelting (SS) trekt frå døgna i variabeltidsserien til regn og snøsmelting (RS). Dermed hadde analysen også tilgjengeleg ein regnvariabel (R), men ved nokre døgn hadde dei negativ verdi, men også elles viste variabelen regn (R) lite truverd. Grunnen er at sidan variabelen regn og snøsmelting (RS) i praksis viser avrenning frå snødekket, vil det oppstå periodar med både regn og snøsmelting, utan at dette vert framstilt. For når snøen ikkje er våt nok (snøtilstand (ST) < 99 %), blir det ikkje simulert avrenning.

I eit perspektiv av utløyning av sørpeskred er det av større interesse med ein variabel med direkte estimat av vassmengda tilført snødekket, enn avrenning som er eit indirekte mål på dette (kapittel 3.2.4). For å løyse dette vart fleire nye variablar estimert eller trekt ut frå eksisterande i xGeo. Ein variabel som blei estimert i dette studiet var ny regnvariabel, regn (RR), som er estimert ut frå gjennomsnittleg døgntemperatur (T) og nedbør (DN) (Tabell 4-1), med ein meir nyansert temperaturskel mellom nedbør som snø og regn enn det xGeo opererer med (kapittel 3.2.3). Grunnen for ein meir nyansert overgang er at det vanlegvis ikkje er ein temperaturmessig brå overgang mellom snø og regn i naturen, men glidande. Så for estimeringa blei det nytta ei øvre grense for fråvær av regn på null gradar [°C], med ein lineær overgang frå ikkje noko regn ved null gradar, til berre regn ved ein grad. Deretter vart den nye regnvariabelen (RR) summert med snøsmelting (SS), og blei til ein ny variabel for regn og

snøsmelting (RRSS) (Tabell 4-1). For positive daggrader (PDD) vart gjennomsnittleg døgntemperatur over 0 °C summert for dei seks føregåande døgn.

Tabell 4-1: 21 variablar til analysen. Variablane som ikkje har spesifisert tidsrom, har variabelverdi oppgitt per døgn.

Variablar til analysen	Opphav
1. Døgnedbør, (<i>DN</i>) [mm]	xGeo
2. Gjennomsnittleg døgntemperatur, (<i>T</i>) [°C]	xGeo
3. Snøsmelting, (<i>SS</i>) [mm]	xGeo
4. Regn og snøsmelting, (<i>RS</i>) [mm]	xGeo
5. Snøvassekivalens, (<i>SWE</i>) [mm]	xGeo
6. Snødjupne, (<i>SD</i>) [cm]	xGeo
7. Nysnødjupne, (<i>NSD</i>) [cm]	xGeo
8. Snøtilstand, (<i>ST</i>) [%]	xGeo
9. Teledjupne, (<i>TD</i>) [mm]	xGeo
10. Vassmettingsgrad i bakken, (<i>VMB</i>) [%]	xGeo
11. Vasstilførsel til bakken siste tre døgn av årsnormal, (<i>VT3</i>) [%]	xGeo
12. Døgnedbør siste tre døgn, (<i>DN3</i>) [mm]	Sum av DN-variabelen
13. Regn og snøsmelting siste tre døgn, (<i>RS3</i>) [mm]	Sum av RS-variabelen
14. Positive daggradar (<i>PDD</i>) [ingen måleining]	Sum av T-variabelen
15. Nysnødjupne siste seks døgn, (<i>NSD6</i>) [cm]	Sum av NSD-variabelen
16. Regn, (<i>R</i>) [mm]	Variabelen SS trekt frå RS
17. Snøsmelting siste tre døgn, (<i>SS3</i>) [mm]	Sum av SS-variabelen
18. Regn, (<i>RR</i>) [mm]	Sjølvestimert i dette studiet
19. Regn siste tre døgn, (<i>RR3</i>)	Sum av RR
20. Regn og snøsmelting, (<i>RRSS</i>) [mm]	Slått saman RR- og SS-variabelen
21. Regn og snøsmelting siste tre døgn, (<i>RRSS3</i>) [mm]	Sum av RRSS

4.3 Dataoppdeling

For å undersøkje om sørpeskred har ulike forhold ved utløyning avhengig av landsdel er tidsseriane som representerer skredlokalitetar i Nord-Noreg skilt frå Sør-Noreg. Desse

Metode

datasetta er namngitt *Nord-Noregdata* og *Sør-Noregdata* (Tabell 4-2). Skiljet den geografiske grensa for datasetta er mellom fylka Nordland og Nord-Trøndelag.

Sørpeskredsituasjonar kan vidare delast inn i to kategoriar. Desse er sørpeskred utløyst under godvêr og under dårleg vêr (Jaedicke et al., 2013). I periodar med lite regn og høg inngåande stråling underestimerer HBV-modellen vasstilførsla i variabelen snøsmelting (SS) i xGeo (Jaedicke et al., 2013). Difor har det vore problematisk å skilje skreddøgn ved godvêr frå dei med dårleg vêr (vidare kalla regnvêr). Så uthentinga av skredlokalitetar frå Noregdata til *Godvêrsdata* (Tabell 4-2) var basert på individuelle vurderingar for kvart skreddøgn. Den individuelle vurderinga var basert på gransking av bakgrunnskjeldene (t.d. bilete og nyheitsartiklar) til kvart sørpeskred registrert i NVE sitt sørpeskredregister. Ved dei utvalde lokalitetane vart alle ikkje-skreddøgn teke med i *Godvêrsdata*.

Tidsseriane frå skredlokalitetar som har hatt skreddøgn utløyst under regnvêr er henta frå Noregdata og plassert i *Regnvêrsdata* (Tabell 4-2). Utpeiking av skreddøgn som kvalifiserte til *Regnvêrsdata* kunne gjerast med variabelterskelverdi. Denne vart sett til at skreddøgn skulle ha regn tre siste døgn (RR3) på minst 19 mm. Også i utarbeidinga av *Regnvêrsdata* vart kjeldene til sørpeskredregistreringane granska. Ein annan variabel eller høgare variabelterskelverdi for RR3 ville i mindre grad skilje ut sørpeskreda utløyst under regnvêr. Lågare variabelterskelverdi ville inkludere sørpeskred, der regn har hatt lite påverknad for utløysinga. Verdt å nemne er at to skreddøgn i mai 2010 som også er godvêrskred, kom med i *Regnvêrsdata*, der både snøsmelting og regn har vore utslagsgivande for skredutløysing. For lokalitetane som innfridde vilkåra til *Regnvêrsdata*, vart berre ikkje-skreddøgn som også innfridde teke med i *Regnvêrsdata*.

Tabell 4-2: Fylgjande fem datasett blir analysert i oppgåva. *Nord-Noregdata*, *Sør-Noregdata*, *Godvêrsdata* og *Regnvêrsdata* er avleidd frå Noregdata.

Datasett	Skreddøgn	Ikkje-skreddøgn
Noregdata	59	23339
Nord-Noregdata	31	10438
Sør-Noregdata	28	10057
Godvêrsdata	25	7931
Regnvêrsdata	37	6814

4.4 Klassifikasjonstre-analysen

Davis et al. (1999), Hendrikx et al. (2005), Cepeda et al. (2012), Hendrikx (2014) har brukt klassifikasjonstre til nytte for skredvarsling. Dei har alle nytta tidsseriar av hydrometeorologiske variablar for å skilje mellom forholda når det har gått skred og ikkje med formål å danne grunnlag for skredvarsling.

For å identifisere terskelverdiar for dei viktigaste variablane blei fyrst alle klassifikasjonstrea bygd ut til maksimal utstrekking med reinast mogleg lauvnodar. Desse vart sett på som overtilpassa, men blei nytta som undersøkingsverktøy for eventuelle nye samanhengar, og er ei vanleg tilnærming (Davis et al., 1999, Hendrikx et al., 2005).

Framgangsmåtane nytta for å endre utstrekkinga til klassifikasjonstrea er beskjerjing (pruning) og fastsetjing av maksimalt tal splittar (kapittel 2.4). Grunnen for metoden med minimumstal for observasjonar ved kvar node ikkje vart nytta, var for få observasjonar i lauvnodane til klassifikasjonstrea, og gjorde det difor vanskeleg å setje noko minimumstal.

Vidare oppstod det problem ved beskjerjing då det viste seg at kryssvalideringsfunksjonen (crossval) i Matlab ikkje let seg overstyre til å kryssvalidere noko anna trestørrelse enn klassifikasjonstreet med maksimal utstrekking. Så for å justere størrelsen til klassifikasjonstrea har analysen i oppgåva nytta metoden fastsetjing av størrelse til klassifikasjonstrea på grunnlag av eit maksimalt tal splittar.

Optimal størrelse på klassifikasjonstrea for skredvarslinga er enkle kombinasjonar av variablar som kan nyttast i praksis og har fysisk mening. Altså om skreddøgn vert klassifisert på grunnlag av temperatur i mellom eit intervall, er det grunn til å tru at klassifikasjonstreet er overtilpassa.

For å søkje etter den optimal størrelsen til klassifikasjonstre vart både eitt-standardavvik-regelen og manuelle vurderingar nytta (kapittel 2.5). Eitt-standardavvik-regelen føreslo automatisk den optimale trestørrelsen. Medan dei manuelle vurderingane tok omsyn til både eit sørpeskredfagleg og praktisk perspektiv på splittane i dei ulike størrelsane, i tillegg til i kor stor grad kryssvalideringa estimerte at dei ulike trestørrelsane kunne predikere nye skreddøgn. Sistnemnde punkt var på grunnlag av prestasjonen, der størrelsen av både TPR- og PPV-verdiane vart sett i samanheng. Omgrepa prestasjon og prestere vart nytta om kvarandre og uttrykkjer verdiane og samspelet mellom TPR og PPV (kapittel 2.5).

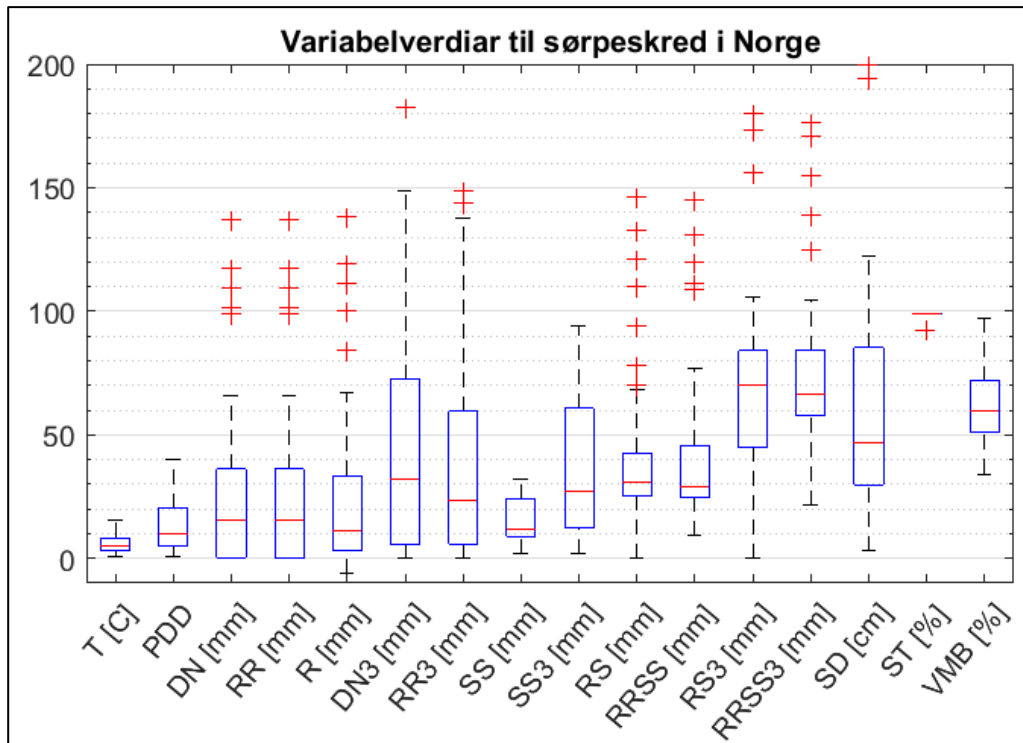
5 Resultat

5.1 Deskriptiv analyse

Hydrometeorologiske variabelverdier ved utløyning av sørpeskred i Noreg varierer mykje (Figur 5-1). Difor er det i dei påfølgjande delkapitla sett nærare på ulike landsdelar og vêrtilhøve for å avdekke breidda i variabelverdiane (Tabell 4-1), verditettheiter og samanhengar og ulikskapar mellom datasett.

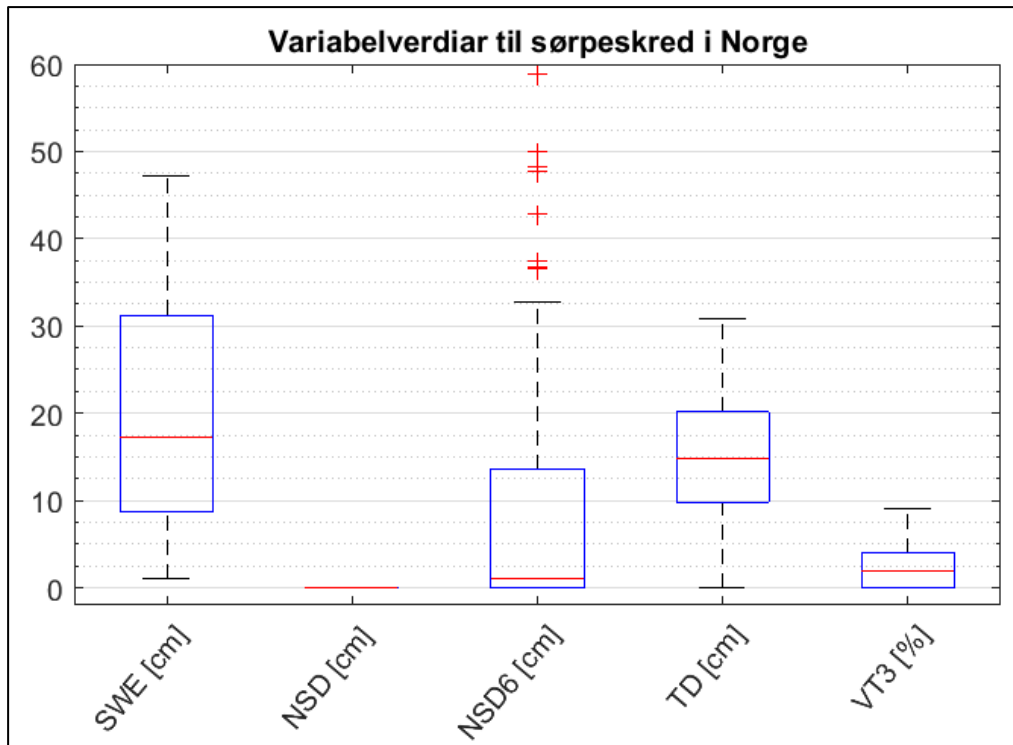
5.1.1 Skreddøgn i Noreg

Det er 59 skreddøgn kategorisert som Noregdata. Fleire skreddøgn i Noreg har variabelverdier på null og gjeld variablane døgnedbør (DN), regn (RR og R), døgnedbør siste tre døgn (DN3), regn siste tre døgn (RR3), regn og snøsmelting (RS), regn og snøsmelting siste tre døgn (RS3) (Figur 5-1). Regn (R) har ved nokre skreddøgn negativ verdi. Snøsmeltinga (SS) er på sitt lågaste på 3 mm. 25 % av skreddøgna har mindre enn ~ 9 mm snøsmelting, og 75 % under ~ 24 mm (~ er brukt for cirka). Medianen til snøsmelting ligg på ~ 12 mm, medan medianen til snøsmelting siste tre døgn (SS3) er ~ 27 mm. Ved kombinasjonen av regn og snøsmelting (RS og RRSS) er medianverdien på om lag 30 mm. Snødjupne (SD) varierer mellom ~ 5 cm til 200 cm, der 25 % av skreddøgna har mindre enn 30 cm, og ein median på om lag 50 cm. Skreddøgna har (utanom eitt) snøtilstand (ST) på 99 %. I tillegg har alle skreddøgn meir enn 21 mm regn og snøsmelting tre siste døgn (RRSS3), og 50 % av skreddøgna har mellom 3 °C og 8 °C med ein median på 5 °C (Figur 5-1).



Figur 5-1: Kvar boks representerer variabelverdi ved 59 skreddøgn i Noreg. Variablane RR3, DN3, RS3 og RRSS3 har alle to uteliggjarar mellom 200mm og 300 mm. Boksane si nedre avgrensing er 25. persentilen, og øvre avgrensing er 75. persentilen. Raud horisontal linje i boksane er medianen. Ekstremverdiar er utanfor boksane på stipla vertikallinje, og strekkjer seg til avgrensande horisontal linje. Meir perifert enn ekstremverdiane er uteliggjarar plotta (+).

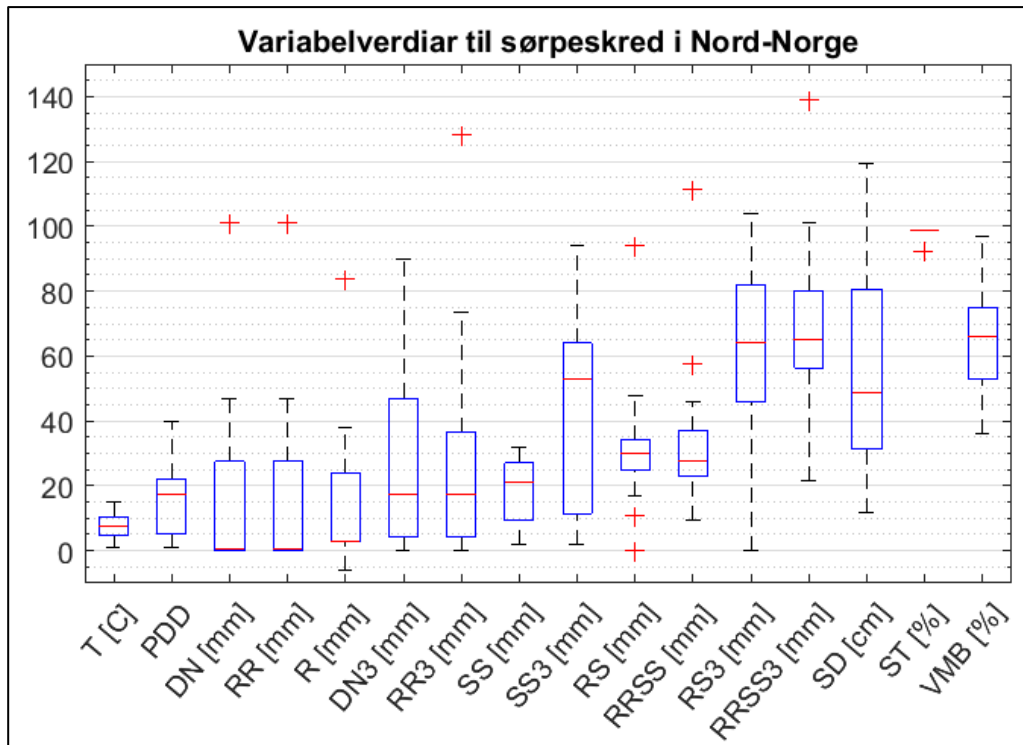
Snøvassekvalens (SWE) er i 50 % av skreddøgn mellom 80 mm og 310 mm (Figur 5-2). Nysnødjupne siste døgn (NSD) er ved alle skreddøgn null, medan nysnø siste seks døgn (NSD6) varierer frå null til ein median på ~ 1 cm, og 75 % av skreddøgn har under ~ 13 cm. Minste verdiane av teledjup (TD) er null, og 75 % av sørpeskreda har gått ved mindre tele enn 20 cm. Alle skreddøgn har mindre enn ~ 9 % vassstilførsel siste tre døgn (VT3), og tre fjerdedelar av sørpeskreda har under ~ 4 % (Figur 5-2).



Figur 5-2: Kvar boks representerer variabelverdi ved 59 skreddøgn i Noreg. Snøvasssekivalens (SWE) og teledjupne (TD) er for framstillinga i plottet med andre variablar konvertert frå millimeter til centimeter. SWE har to uteliggjarar som ikkje er med i grafen, og desse har variabelverdi mellom 70 og 90 cm.

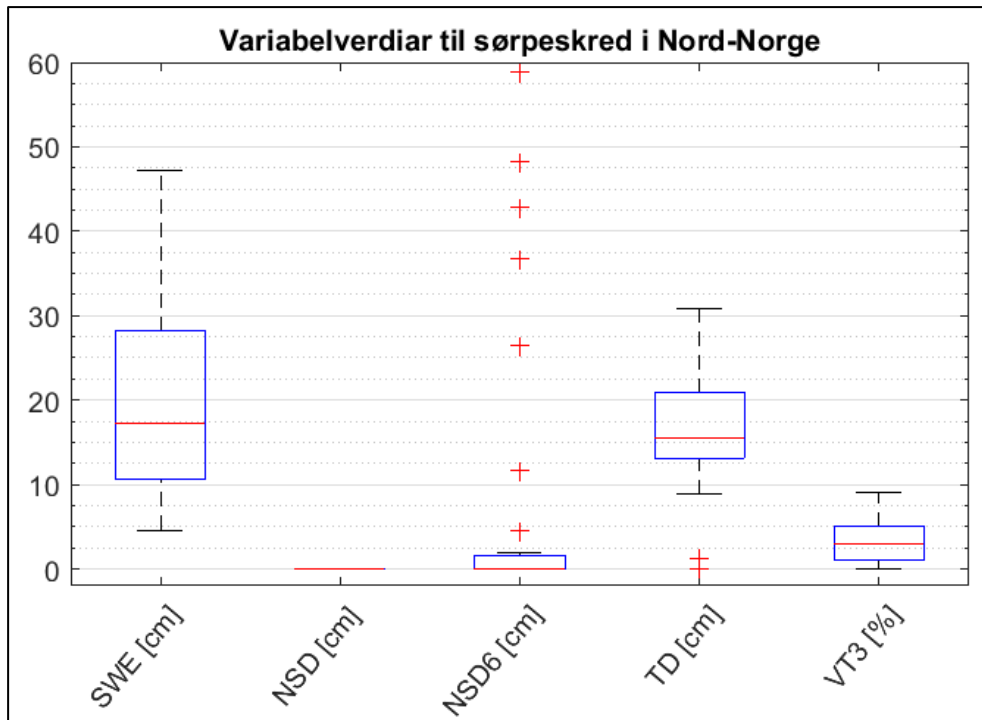
5.1.2 Skreddøgn i Nord-Noreg

Det er 31 skreddøgn som kan kategoriserast som Nord-Noregdata. Skreddøgna i Nord-Noreg har regn (RR) med ein median på ~ 1 mm, medan over tre siste døgn er medianen for regn (RR3) på ~ 18 mm (Figur 5-3). 25. og 75. persentilen til snøsmelting (SS) er nokså lik Noreg, medan medianen i Nord-Noreg er høgare med ~ 21 mm. Også medianen til snøsmelting siste tre døgn (SS3) er verdt å trekkje fram med median på ~ 53 mm. Medianverdi av regn og snøsmelting (RS og RRSS) er om lag 30 mm. Minste snødjupne (SD) i Nord-Noreg er på ~ 12 cm, medan 75 prosent av skreddøgna har større snødjupne enn ~ 32 cm.



Figur 5-3: Kvar boks representerer variabelverdi ved 31 skreddøgn i Nord-Noreg. Døgnetbør tre siste døgn (DN3) [mm] og snødjupne (SD) [cm] har kvar sine uteliggjarar mellom 150 og 200 som ikkje viser i grafen.

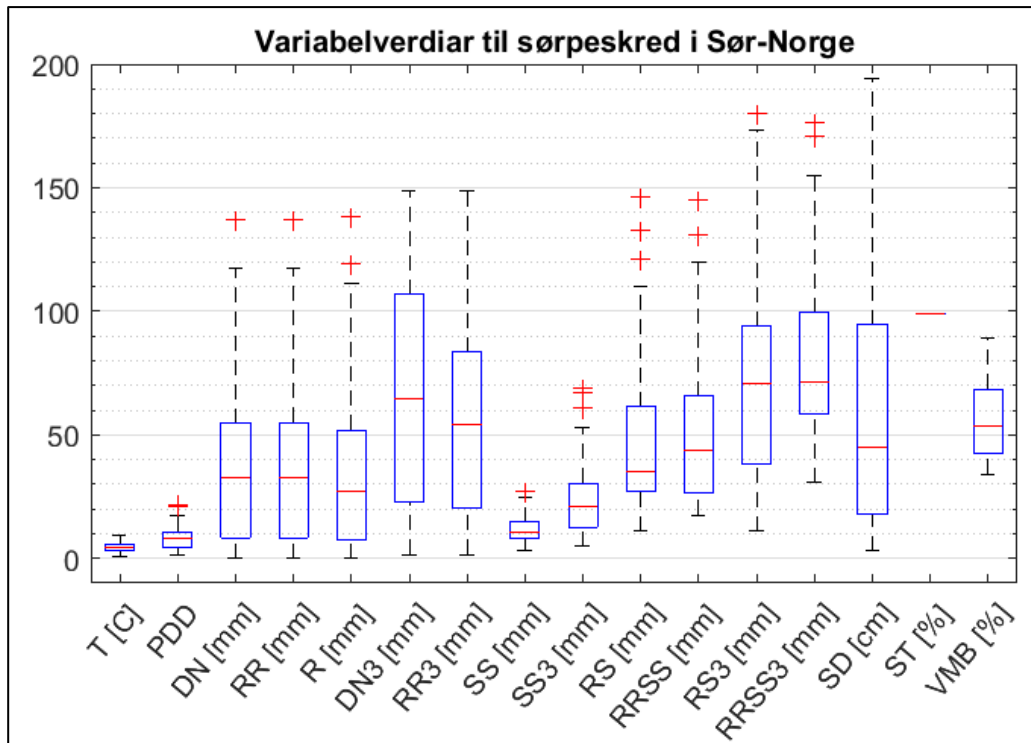
Berre uteliggjarar av skreddøgn har nysnødjupne siste seks døgn (NSD6) over ~ 2 cm (Figur 5-4). Alle skreddøgn utanom to har over ~ 9 cm teledjup (TD), medan 75 % av skreddøgna har mindre teledjup enn ~ 21 cm.



Figur 5-4: Kvar boks representerer variabelverdi ved 31 skreddøgn i Nord-Noreg. SWE har ein uteliggjar som ikkje er med i grafen, med verdi ~ 80 cm.

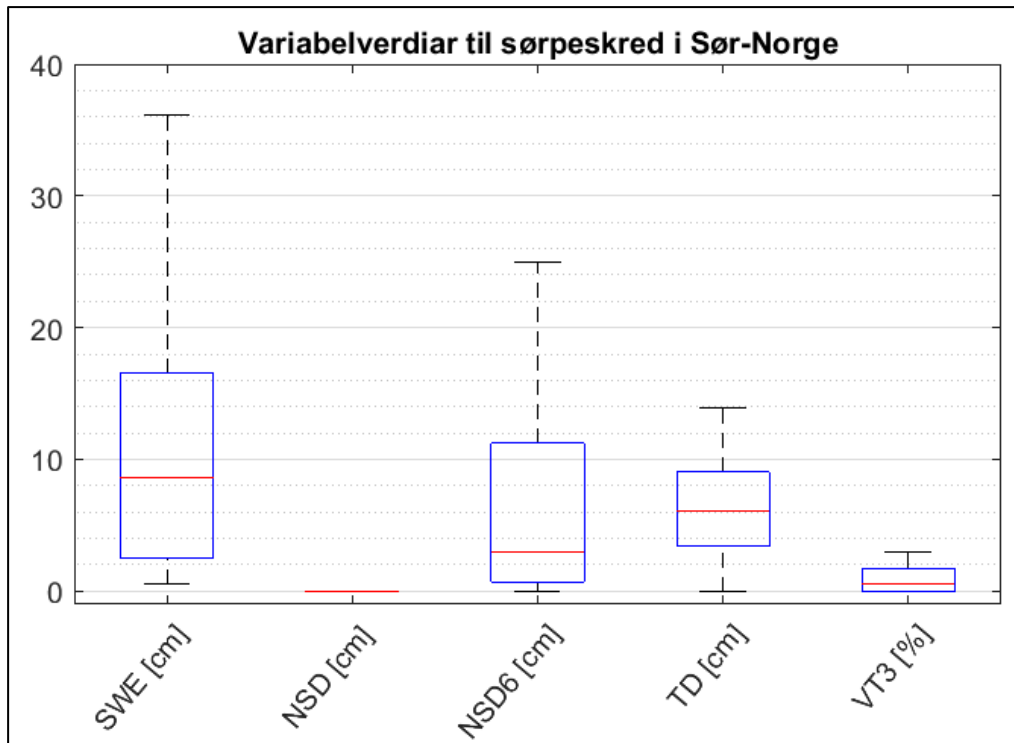
5.1.3 Skreddøgn i Sør-Noreg

Det er 28 skreddøgn som kan kategoriserast som Sør-Noregdata. I Sør-Noreg er medianen av regn (RR) på ~ 33 mm, og 75 prosent over 8 mm (Figur 5-5). Medianen av regn siste tre døgn (RR3) er på ~ 55 mm. Snøsmelting (SS) har ein medianverdi på ~ 10 mm, der 50 % av skreddøgna har mellom ~ 8 mm og ~ 15 mm snøsmelting. 25 % av skreddøgna har snøsmelting siste tre døgn (SS3) under ~ 13 mm, medan 75 % har under ~ 30 mm. Medianen til snøsmelting er ved ~ 21 mm. Snødjupne (SD) er i 75 % av skreddøgna under 95 cm, og 25 % har mindre enn 18 cm snødjupne (Figur 5-5).



Figur 5-5: Kvar boks representerer variabelverdi ved 28 skreddøgn frå Sør-Noreg. Utanfor y-aksen i grafen er det uteliggjarar av DN3, RR3, RS3, RRSS3 med variabelverdier mellom 200 og 300.

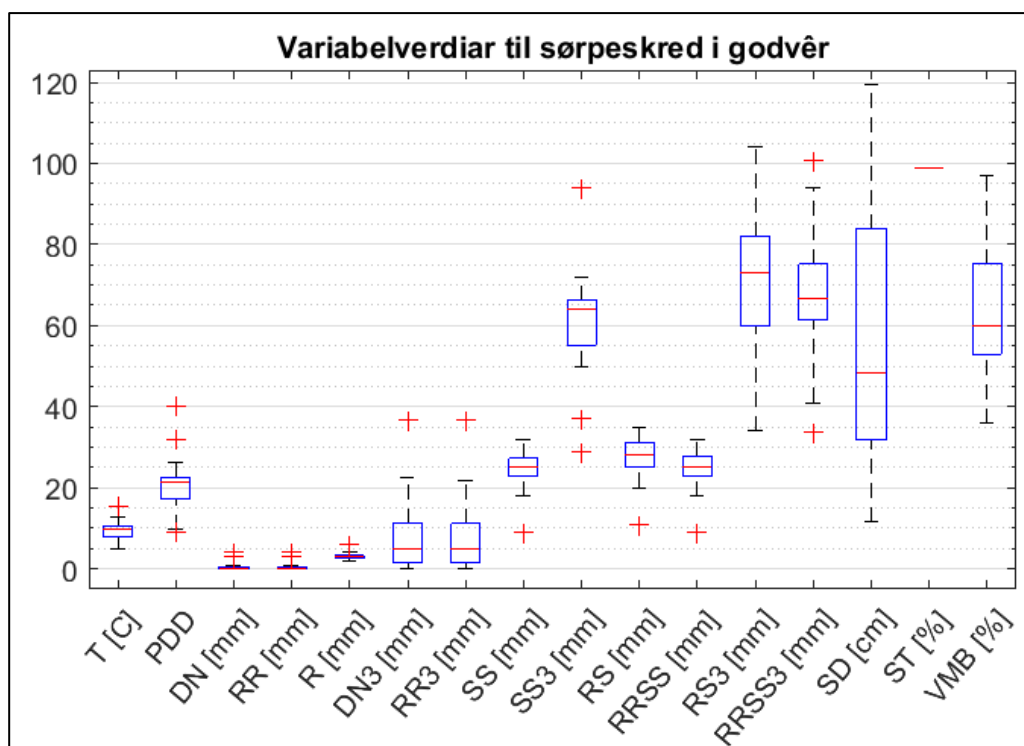
Snøvassekvaliteten (SWE) er i 50 % av skreddøgn mellom ~ 2 og ~ 16 cm med ein median på ~ 8 cm (Figur 5-6). Nysnødjupna siste seks døgn (NSD6) har ein median på ~ 3 cm, og 75 % under ~ 12 cm. Medianen til teledjupna (TD) er på 6 cm, der 50 % av skreddøgn har mellom ~ 4 og 9 cm teledjupne (Figur 5-6).



Figur 5-6: Kvar boks representerer variabelverdi ved 28 skreddøgn frå Sør-Noreg.

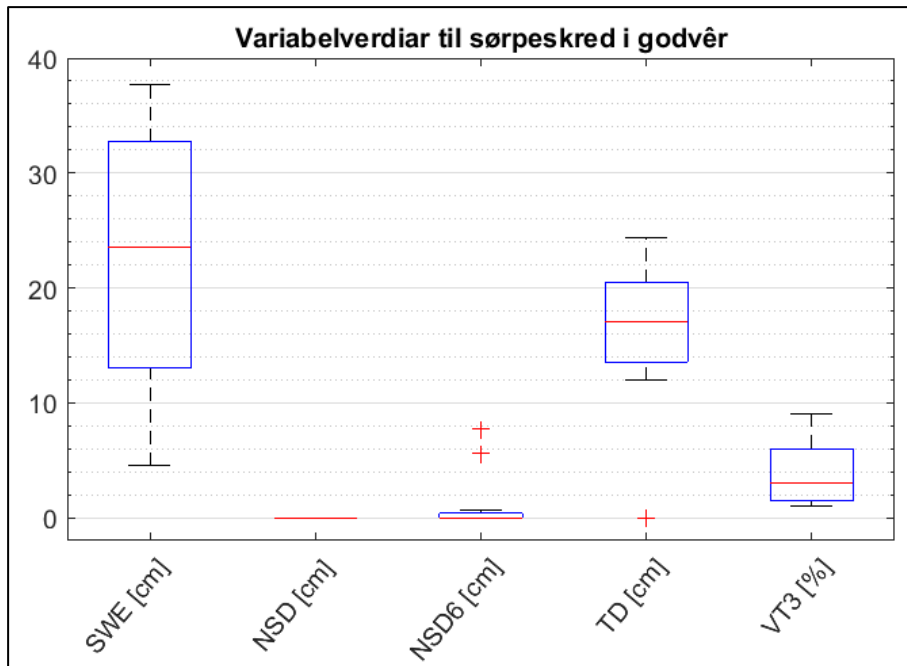
5.1.4 Skreddøgn ved godvêr

Det er 25 skreddøgn som kan kategoriserast som Godvêrsdata. Døgnmiddeltemperaturen (T) er ved 50 % av skreddøgna mellom ~ 8 og ~ 10 °C med median på 10 °C (Figur 5-7). 50 % av positive daggrader er mellom ~ 17 og ~ 22, med ein median på ~ 21. Skreddøgna har ikkje regn (RR) med unntak av to uteliggjarar som har ~ 4 mm. Regn siste tre døgn (RR3) har median på 5 mm. Snøsmeltinga (SS) er i 50 % av skreddøgna konsentrert mellom ~ 23 og 27 mm med ein median på 25 mm. Over siste tre døgn er snøsmeltinga (SS3) i 50 % av tilfella mellom 55 og ~ 61 mm, med median ved 64 mm. Og medianen til regn og snøsmelting (RS) er ~ 28 mm, medan medianen for regn og snøsmelting siste tre døgn (RS3) er ~ 73 mm. 50 % av skreddøgna har snødjupne (SD) mellom ~ 32 og ~ 84 cm.



Figur 5-7: Kvar boks representerer variabelverdi ved 25 skreddøgn i godvêr.

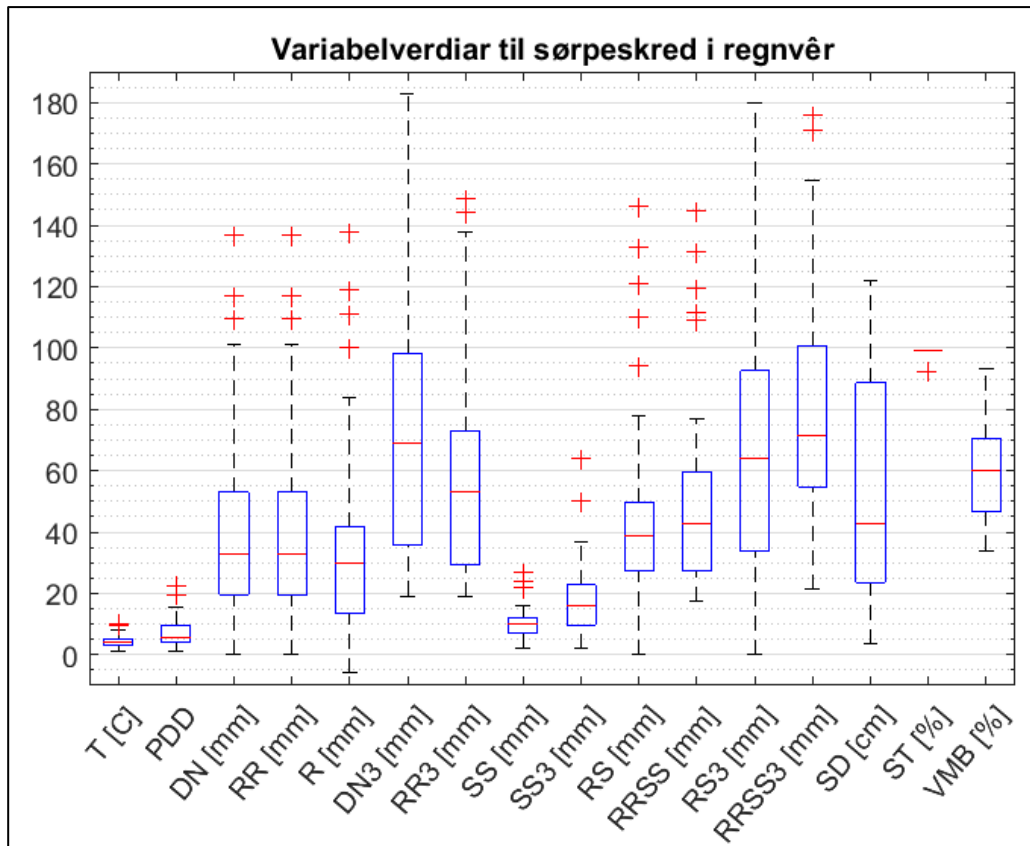
Snøvassekvivalens (SWE) har median på ~ 24 cm (Figur 5-8). Nysnødjupne siste seks døgn (NSD6) er ved alle utanom to skreddøgn på ~ 0 cm. 75 % av skreddøgn har over ~ 14 cm teledjup (TD), med median på 17 cm. Medianen til vasstilførsel siste tre døgn av årleg middelerdi (VT3) er 3 %.



Figur 5-8: Kvar boks representerer variabelverdi ved 25 skreddøgn i godvêr. SWE har ein uteliggjar med variabelverdi ved 200 cm som ikkje er med i grafen.

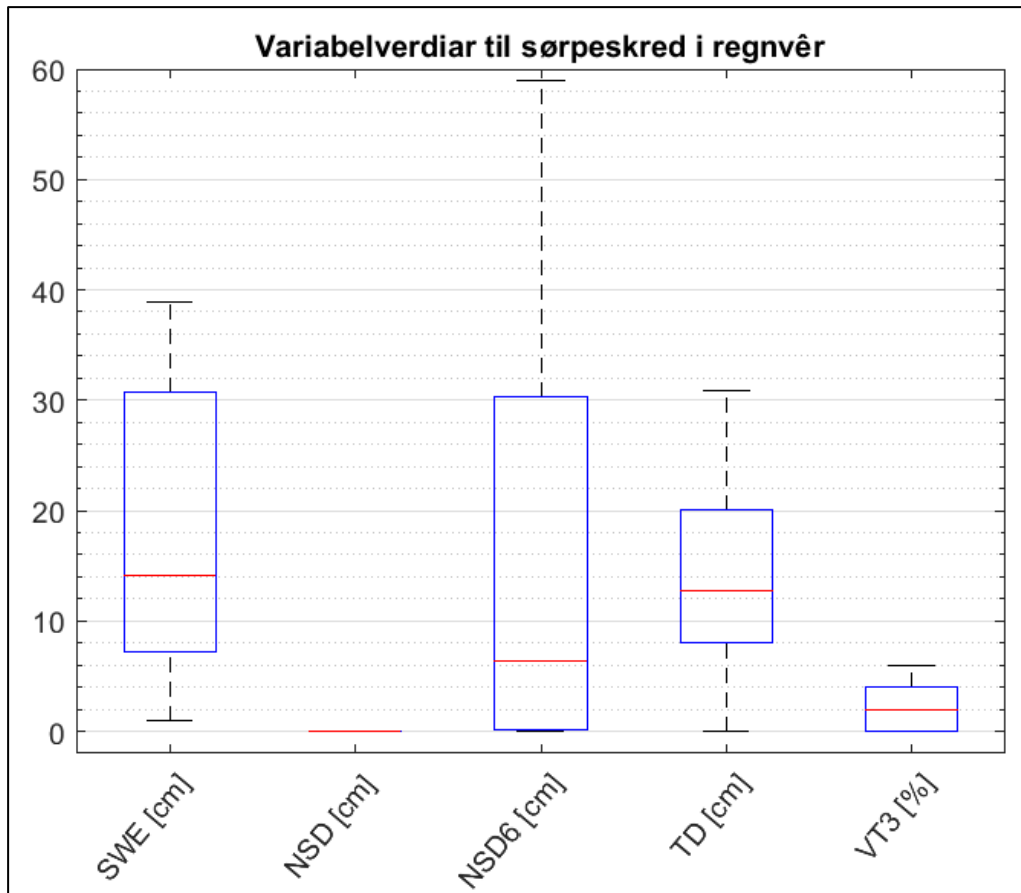
5.1.5 Skreddøgn ved regnvêr

Det er 37 skreddøgn som kan kategoriserast under Regnvêrsdata. Døgnmiddeltemperaturen (T) er ved 50 % av skreddøgna i regnvêr mellom ~ 3 og 5 °C, der medianen er 4 °C (Figur 5-9). 50 % av skreddøgna har positive daggrader på mellom ~ 4 og ~ 10, med ein median på ~ 5. Regn (RR) er ved 50 % av skreddøgna mellom ~ 20 og ~ 53 mm, der 25 % har meir enn ~ 53 mm regn. Medianen for regn (RR) er median på ~ 33 mm. Siste tre døgn er regnmengda (RR3) til samanlikning i 50 % av skreddøgna mellom 30 og ~ 73 mm, med median på ~ 53 mm. Snøsmeltinga (SS) er på mellom ~ 7 og ~ 12 mm. Medianen for snøsmeltinga er på 10 mm. Over tre døgn smeltar det snø (SS3) med ein median på 16 mm, der 50 % av skreddøgna har SS3 mellom ~ 10 og 23 mm. 50 % av skreddøgna har regn og snøsmelting (RS) mellom ~ 27 og 50 mm. Medianen for regn og snøsmelting er 39 mm. Medan regn og snøsmelting over tre døgn (RS3) er ved 50 % av skreddøgna mellom 34 og 93 mm. 25 % av skreddøgna har under ~ 24 cm snødjupne (SD), 50 % har mellom ~ 24 og 90 cm, med ein median plassert ved ~ 43 cm.



Figur 5-9: Kvar boks representerer variabelverdi ved 37 skreddøgn i regnvêr. DN3 [mm], RR3 [mm], RS3 [mm], RRSS3 [mm] har kvar to uteliggjarar med variabelverdi mellom 250 og 300.

Snøvassekvalens (SWE) er mellom ~ 7 og ~ 31 cm i 50 % av skreddøgn, med ein median ved 14 cm (Figur 5-10). Nysnødjupne siste seks døgn strekkjer seg ved skreddøgn i 50 % av tilfella mellom 0 og 30 cm, med ein median på ~ 6 cm. 75 % av skreddøgn har større teledjupne (TD) enn 8 cm, der medianen er ved ~ 15 mm. Vasstilsørsle siste tre døgn (VT3) har ein median for regnvêr på 2 %.



Figur 5-10: Kvar boks representerer variabelverdi ved 37 skreddøgn i regnvêr. SWE har to uteliggjarar mellom 72 cm og 83 cm.

5.2 Klassifikasjonstre og kryssvalidering av trea.

Analyseresultata med Klassifikasjonstrea som kjem fram resultata har vore nytta med 21 prediktorvariablar (Tabell 4-1). I kvart delkapittel vert fyrst overtilpassa tre med validering presentert. Deretter optimalt tre med validering, og til slutt metodisk undersøkelse av sensitiviteten til valideringsmetoden.

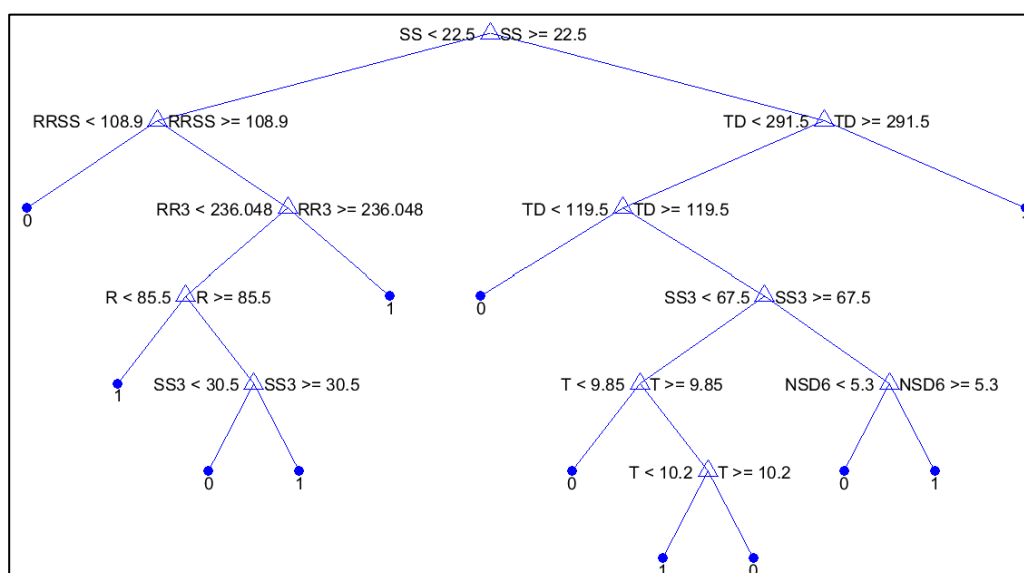
Bruk av alle 21 tilgjengelege variablane som inndata til klassifikasjonsanalysen, gav klassifikasjonstre med høgst prestasjon. Analysen vart også utført med eit utval av variablar med mindre korrelasjon til kvarandre som inndata, men dette gav så svak prestasjon, at det ikkje er teke med i resultata.

5.2.1 Noregtre

59 skreddøgn og 23339 ikkje-skreddøgn

Klassifikasjonstreet for Noregdata blei bygd ut til maksimal størrelse, eit tre med 48 splittar som fordelte 28 av 59 skreddøgn i lauvnodar klassifisert som skreddøgn, som også inkluderte fire ikkje-skreddøgn. Utan validering fordelte dette store klassifikasjonstreet 48 % av skreddøgna korrekt. Likevel var det eit overtal på 88 % av døgn fordelt som skreddøgn som også var registrert i den klassen. Tal som utan validering er over-optimistiske. Då dette er eit stort tre, så dei fleste forgreiningane er så lange at det er uinteressant, sjølv for å visuelt granske samanhengar og skilnaden mellom skreddøgn og ikkje-skreddøgn. Difor er det presentert eit tre av Noregdata som er bygd ut i avgrensa omfang (Figur 5-11), og er vidare nytta til å finne ein trestørrelse for predikativt føremål.

Det undersøkende klassifikasjonstreet har til saman 11 splittar, og er vurdert til å vere overtilpassa til treningsdata, men nyttig for visuelt å granske samanhengar i treningsdata (Figur 5-11).



Figur 5-11: Overtilpassa klassifikasjonstre for data frå Noreg. Talet på forgreiningar er avgrensa med maksimalt tal splittar (MNS) = 20. Likevel stoppa splittinga på 11 splittar. 0 betyr klassifisering som ikkje-skreddøgn, medan 1 betyr skreddøgn.

Det overtilpassa klassifikasjonstreet (Figur 5-11) fordelte korrekt 10 av 59 skreddøgn, medan alle ikkje-skreddøgn blei korrekt fordelt (Tabell 5-1).

Resultat

Tabell 5-1: Confusion matrix som syner kor godt klassifikasjonstreet (Figur 5-11) fordeler døgna mellom skreddøgn (1) og ikkje-skreddøgn (0). O = observasjonar, og MNS = maskimalt tal splittar.

O = 23398	MNS = 20	No validation
True class 0	23339	0
1	49	10
	0	1
	Predicted class	

Kryssvalideringa av det overtilpassa klassifikasjonstreet (Figur 5-11) er framstilt gjennom confusion matrix, og i tillegg er fem verdiar utleia frå confusion matrix, TPR, FNR, TNR, FPR og PPV (Tabell 5-2). Den fyrste, men ikkje alltid korrekte tilnærminga for kor godt ei klassifisering presterer er nøyaktigheita. Nøyaktigheita til kryssvalidering av det overtilpassa klassifikasjonstreet fortel kor mange døgna av totalen som er predikert korrekt. Tala frå begge confusion matrix (Tabell 5-2) gir ein nøyaktigheit på 0,997 av 1, altså at 99,7 % av døgna blir korrekt predikert.

Kryssvalideringa med N-fold = 10, viser at ingen skreddøgn vil kunne predikerast med klassifikasjonstreet, medan 23331 av 23398 ikkje-skreddøgn (TNR = 0,997) vert predikert korrekt. Dei resterande åtte ikkje-skreddøgn vert predikert som skreddøgn (FPR = 0,0003) og er falske alarmer. Då ingen skreddøgn er korrekt predikert, er PPV null.

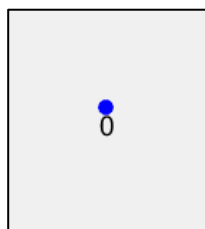
Den andre kryssvalideringa med N-fold = 50 (Tabell 5-2), viser at Noregstreet kan predikere korrekt skreddøgn (TPR) med raten 0,07, medan 23324 av 23398 ikkje-skreddøgn er predikert korrekt (FPR = 0,0006). Raten for kor stor del av predikerte skreddøgn som er korrekt (PPV) er på 0,21.

Tabell 5-2: Disse to confusion matrix'ane presenterer prestasjonen til klassifikasjonstreet (Figur 5-11) med 10- og 50-folds kryssvalidering, og 20 som maximum number of splits

O = 23398	MNS = 20	N-fold = 10					
True class 0	23331	8	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	59	0					
Predicted class	0	1					
			0,00	1,00	0,9997	0,0003	0,00

O = 23398	MNS = 20	N-fold = 50					
True class 0	23324	15	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	55	4					
Predicted class	0	1					
			0,07	0,93	0,9994	0,0006	0,21

For at klassifikasjonstre skal kunne nyttast predikativt og ikkje berre til fordeling av døgn mellom responsklassane i treningsdata er det søkt etter eit generelt tre. For predikasjon av nye skreddøgn med eitt-standardavvik-regelen og med 20-folds kryssvalidering er ein optimal trestørrelse på ein lauvnode. Denne klassifiserer alle døgna i Noregdata til ikkje-skreddøgn (Figur 5-12).



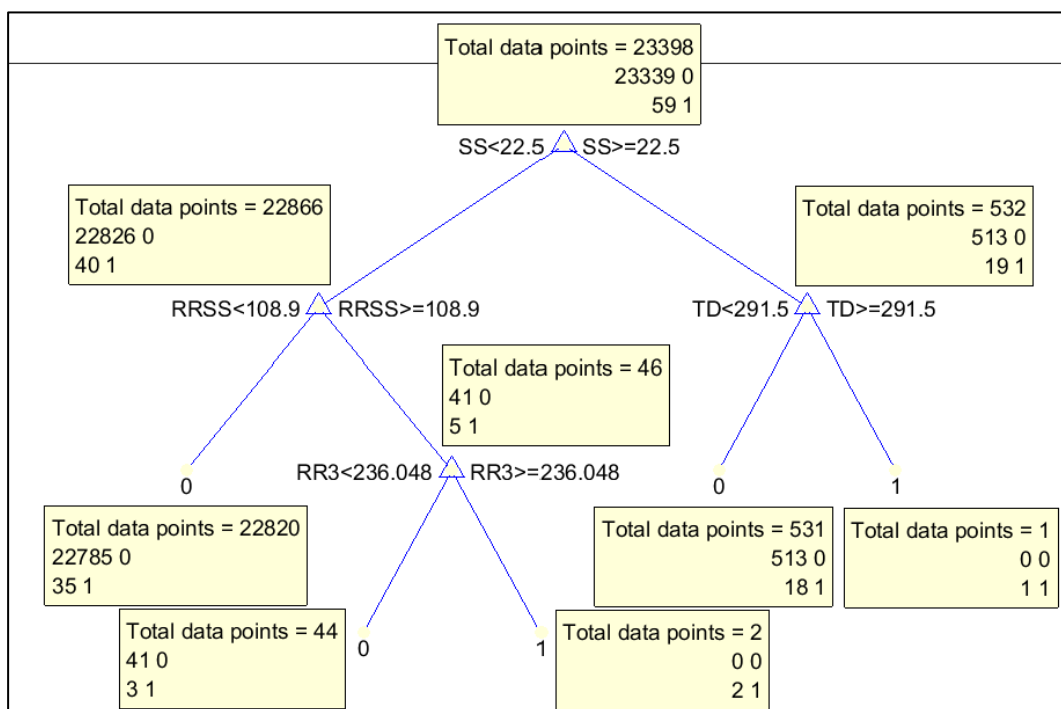
Figur 5-12: Eitt-standardavvik-regelen angir dette som den optimale trestørrelsen for Noregdata.

Ut frå det utforskande klassifikasjonstreet (Figur 5-11), gir ei fagleg subjektiv vurdering av optimal størrelse for predikativt bruk (kapittel 4.4), eit tre med til saman fire splittar (Figur 5-13). Lengste forgreining har tre splittar, medan kortaste har to.

Rotnoden splittar Noregdata i to på grunnlag av prediktorvariabelen snøsmelting (SS) (Figur 5-13). Datasettet med til saman 23398 flest ikkje-skreddøgn vert delt inn 22866 flest ikkje skreddøgn som har mindre enn 23 mm snøsmelting, medan 532 flest ikkje-skreddøgn har 23

Resultat

mm eller meir snøsmelting. Desse 532 døgn vert splitta på bakgrunn av teledjup (TD) 291 mm. Eit skreddøgn har større teledjup (eller lik 291 mm, men dette vert vidare ikkje nemnd då variablane er estimert og dermed ikkje heilt nøyaktige) og blir ei skreddøgnklassifisering, medan mindre enn TD 291 mm har 531 flest ikkje-skreddøgn, og terminerer som lauvnode klassifisert ikkje-skreddøgn. Tilbake til dei 22866 flest ikkje-skreddøgn vert desse splitta på grunnlag av regn og snøsmelting siste døgn (RRSS), der 22820 flest ikkje-skreddøgn har mindre enn 109 mm RRSS. 46 flest ikkje-skreddøgn har meir enn 109 mm RRSS, som vidare vert splitta på grunnlag av regn over tre døgn (RR3). 44 flest ikkje-skreddøgn som har mindre RR3 enn 236 mm terminerer i lauvnode med responsklassen ikkje-skreddøgn. Derimot terminerer 2 døgn med meir enn RR3 236 mm i lauvnode klassifisert som skreddøgn.



Figur 5-13: Noregstre. Klassifisering av døgn i Noreg. Bygd ved maksimalt tal splittar (MNS) på 4.

Kryssvalideringane av Noregstre (Figur 5-11) gir to confusion matrix'ar (Tabell 5-3). Den fyrste kryssvalideringa er gjort med N-fold = 10, og andre med N-fold = 50. Ingen av dei viser nokon korrekt predikerte skreddøgn, som gir TPR = 0. Fyrste kryssvalidering gav eit predikert skreddøgn som er predikert feil (FPR = 0), medan 50-folds andre gav tre (FPR ~ 0).

Til samanlikning mellom Noregtre og det overtilpassa treet (Figur 5-11), viser 50-folds kryssvalideringa av det overtilpassa treet TPR på $\sim 0,07$, medan kryssvalidering av Noregtre gir TPR = 0.

Tabell 5-3: To confusion matrix'ar som presenterer prestasjonen til klassifikasjonstreet (Figur 5-13) med 10- og 50-folds kryssvalidering og 4 som maksimalt tal splittar (MNS).

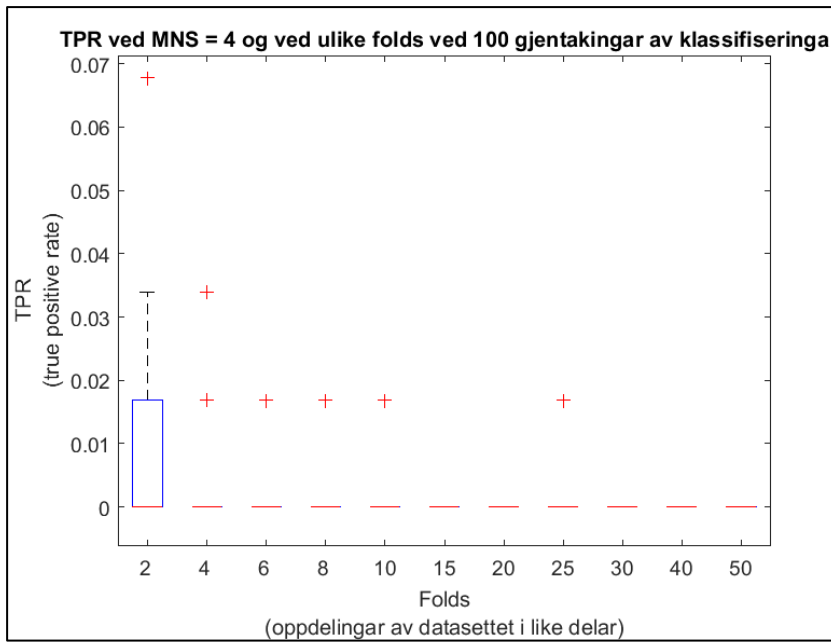
O = 23398	MNS = 4	N-fold = 10					
True class 0	23338	1	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	59	0					
		0					
		1					
		Predicted class					

O = 23398	MNS = 4	N-fold = 50					
True class 0	23336	3	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	59	0					
		0					
		1					
		Predicted class					

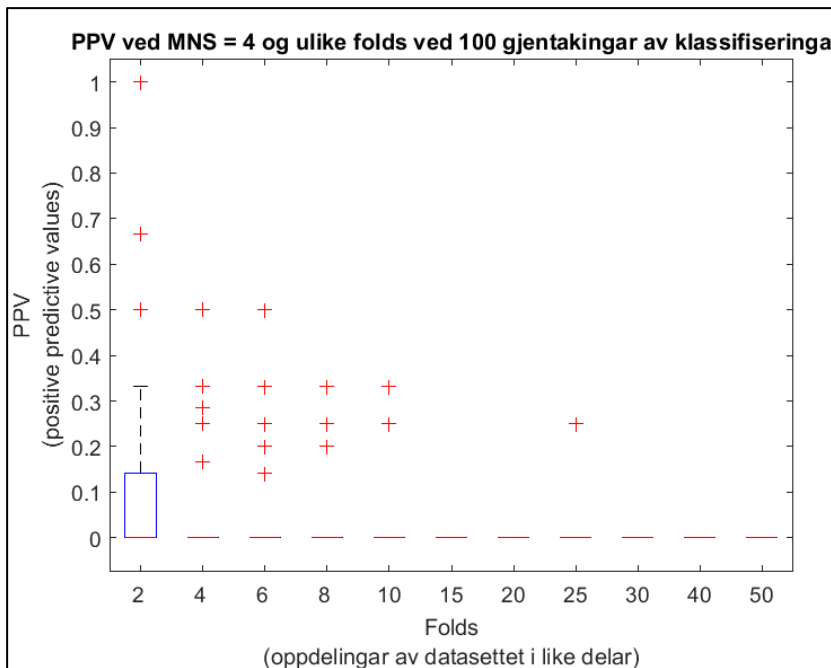
Gjentekne kryssvalideringar av eit og same klassifikasjonstre viste ulike resultat. Difor er denne variasjonen presentert i boxplot (Figur 5-14 og Figur 5-15). Kryssvalideringane er utført på klassifikasjonstre bygd opp frå Noregdata med fire som maksimalt tal splittar (tilsvarande som Noregtre). Kryssvalidering med 100 gonger gjentaksintervall for ulikt tal N-folds viser at TPR- og PPV-verdien er marginalt større for lågast N-fold verdi.

TPR-verdien har ein median mellom alle N-folds kryssvalidering på null (Figur 5-14). TPR varierer ved 2-folds, medan 4- til 50-folds har lite variasjon med få uteliggjarar. 2-folds har TPR mellom 0 og $\sim 0,2$ med median på 0. Variasjonen i PPV-verdien (Figur 5-15) liknar variasjonen i TPR. Dette tyder på at nokre av dei 100 gjentekne kryssvalideringane berre har eit marginalt tal korrekt klassifiserte skreddøgn.

Resultat



Figur 5-14: Boxplot syner variasjonen i TPR ved gjentakinger av kryssvalideringa av Noregre med størrelse MNS = 4, og ved ulike folds i denne kryssvalideringa.

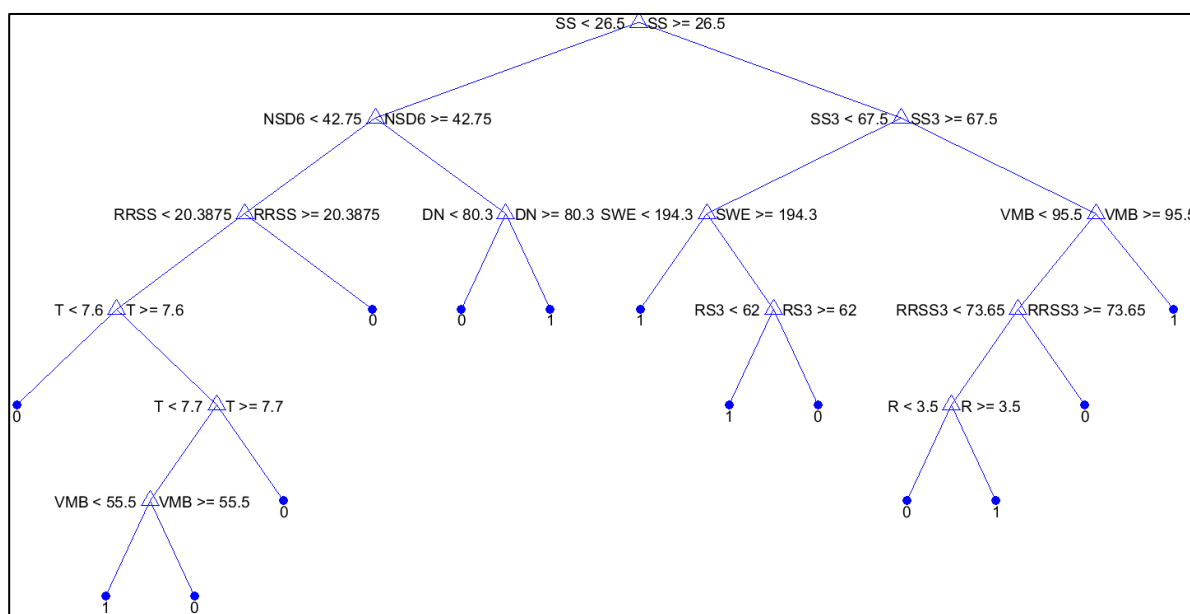


Figur 5-15: Boxplot syner variasjonen i PPV ved gjentakinger av kryssvalideringa av Noreg klassifikasjonstreet med størrelse MNS = 4, og ved ulike folds i denne kryssvalideringa.

5.2.2 Nord-Noregtre

31 skreddøgn og 10438 ikkje-skreddøgn.

Klassifikasjonstreet som klassifiserer Nord-Noregdata med maksimal utstrekning har 30 splittar. Eit stort tre som fordeler korrekt 19 skreddøgn. Sidan eit slikt tre er langt større enn eit potensielt predikativt tre, er størrelsen redusert, men ikkje meir enn at treet enno er overtilpassa treningsdata. Det nye klassifikasjonstreet fekk eit tak på 17 splittar (MNS), men stoppa i praksis ved 13 splittar (Figur 5-16). Grunnen til at også dette klassifikasjonstreet blei sett på som overtilpassa er forgreininga til venstre i Figur 5-16, der mellom anna døgn blir klassifisert på bakgrunn av om dei har ein gjennomsnittleg temperatur siste døgn (T) på akkurat 7,6 °C.



Figur 5-16: Overtilpassa klassifikasjonstre bygd med data frå Nord-Noreg.

Det overtilpassa klassifikasjonstreet (Figur 5-16) fordeler 14 døgn av Nord-Noregdata som skreddøgn, der 12 av desse også er observert som skreddøgn, medan to er feilfordelt og i røynda ikkje-skreddøgn (Tabell 5-4). 19 skreddøgn er fordelt i klassen ikkje-skreddøgn.

Resultat

Tabell 5-4: Confusion matrix som syner kor godt det overtilpassa treet (Figur 5-16) fordeler døgna mellom responsklassane.

O = 10469		MNS = 17	No validation
True class	0	10436	2
	1	19	12
		0	1
		Predicted class	

10-folds kryssvalidering av det overtilpassa klassifikasjonstreet for Nord-Noreg (Figur 5-16) viser at det vil kunne predikere 19 skreddøgn, der 4 av desse er korrekte (Tabell 5-5). Noko som gir PPV på 0,21. Fire korrekt predikerte skreddøgn av dei totale 31 gir TPR på 0,13.

25-folds kryssvalidering viser predikasjon av 14 skreddøgn, der 7 er korrekte, og gir PPV på 0,21 (Tabell 5-5). Av totalt 31 skreddøgn utgjer 7 ein TPR på 0,23.

Tabell 5-5: To confusion matrix'ar som presenterer prestasjonen til klassifikasjonstreet (Figur 5-16) med 10- og 50-folds kryssvalidering og 17 som maximum number of splits.

O = 10469		MNS = 17	N-fold = 10					
True class	0	10423	15					
	1	27	4					
		0	1					
		Predicted class		TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
				0,13	0,87	0,9986	0,0014	0,21

O = 10469		MNS = 17	N-fold = 25					
True class	0	10431	7					
	1	24	7					
		0	1					
		Predicted class		TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
				0,23	0,77	0,9993	0,0007	0,50

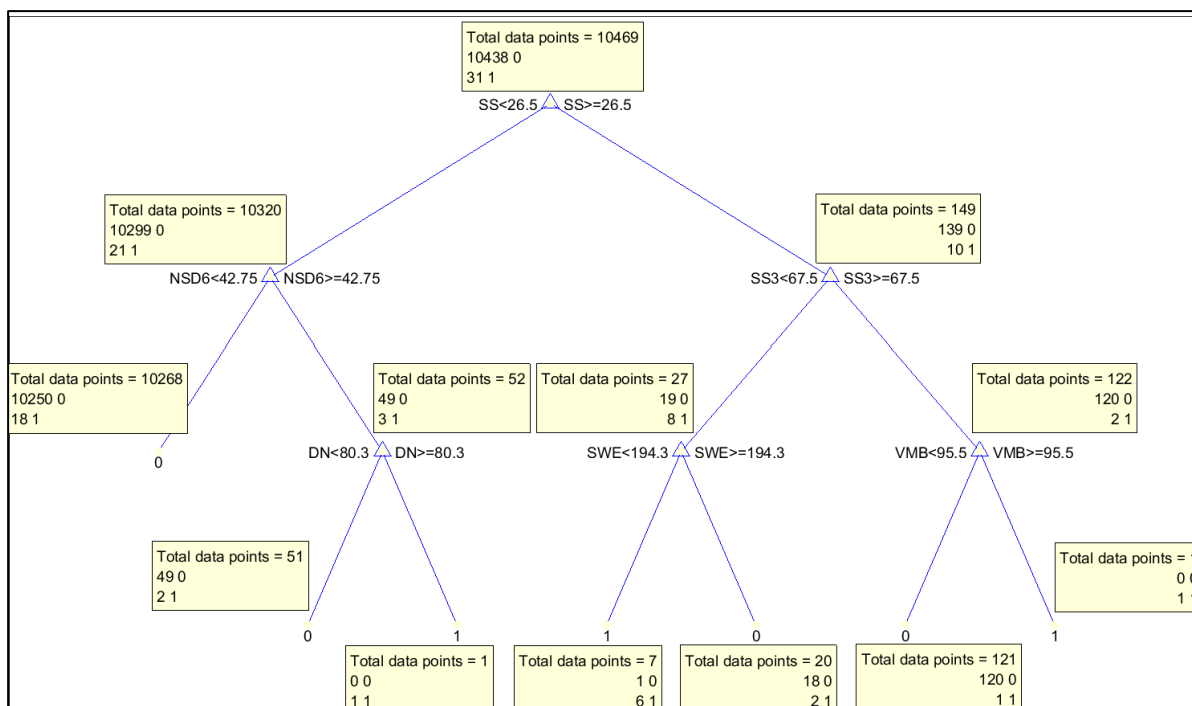
Ved utføring av eitt-standardavvik-regelen for å finne optimal trestørrelse, vart det presentert ein størrelse på ein node klassifisert som ikkje-skreddøgn.

Ved reduksjon av størrelsen til det utforskande overtilpassa klassifikasjonstree (Figur 5-16), gir ei fagleg subjektivt vurdering av optimal størrelse for predikativt bruk (kapittel 4.4), eit tre

med til saman seks splittar (Figur 5-17). Lengste forgreining har tre splittar, medan kortaste har to.

Rotnoden splittar Nord-Noregdata med 10469 døgn i to basert på prediktorvariabelen snøsmelting (Figur 5-17). 149 flest ikkje-skreddøgn har meir enn 27 mm snøsmelting, medan 10320 også flest ikkje-skreddøgn har meir enn 27 mm snøsmelting. Dei sistnemnde døgna vert vidare splitta gjennom variabelen summen av nysnø siste seks døgn (NSD6). Ein stor del av døgna (10268) har mindre enn 43 cm NSD6, og terminerer i lauvnode klassifisert som ikkje-skreddøgn. 52 døgn med overtal ikkje-skreddøgn har meir enn 43 cm NSD6. Desse vert vidare splitta gjennom døgnedbør (DN). 51 flest ikkje-skreddøgn har mindre enn 80 mm DN, og klassifiserer desse som ikkje-skreddøgn. Eit skreddøgn har meir DN enn 80 mm, og blir ei skreddøgnklassifisering.

Tilbake til dei 149 døgna, som berre har vore gjennom ein splitt, så har 122 flest ikkje-skreddøgn meir enn 68 mm sum snøsmelting siste tre døgn (SS3), medan 27 flest ikkje-skreddøgn har mindre SS3 (Figur 5-17). Mellom dei sistnemnde 27 døgna har 20 flest ikkje-skreddøgn meir enn 194 mm snøvassekvalens (SWE), medan 7 flest skreddøgn har mindre. Dei 122 døgna med meir SS3 enn 68 mm vert vidare splitta på grunnlag av 96 % vassmettingsgrad i bakken. Eit skreddøgn har meir, og vert klassifisert som skreddøgn, medan 121 flest ikkje-skreddøgn terminerer også og vert klassifisert som ikkje-skreddøgn.



Figur 5-17: Nord-Noregtr. Predikativ klassifikasjonstrestørrelse for Nord-Noregdata. Ein kan minimere treet ved MNS = 4, men då får ein berre forgreininga som endar i SWE grein-indikasjonen. Ved bygge treet opp til MNS = 7, som i dette treet, får ein fleire indikasjonar.

Confusion matrix (Tabell 5-6) syner både 10- og 20-folds kryssvalidering, der begge har korrekt predikering for seks av totalt 31 skreddøgn, som gir TPR på 0,19. 10-folds kryssvalideringa predikerer 10 skreddøgn. Då seks av desse er korrekte vert PPV 0,6. 25-folds kryssvalideringa har seks korrekte predikerte skreddøgn av totalt ni, som gir PPV på ~ 0,7.

Tabell 5-6: To confusion matrix'ar som presenterer prestasjonen til klassifikasjonstreet (Figur 5-17) med 10- og 25-folds kryssvalidering og 7 som tak for tal splittar (MNS).

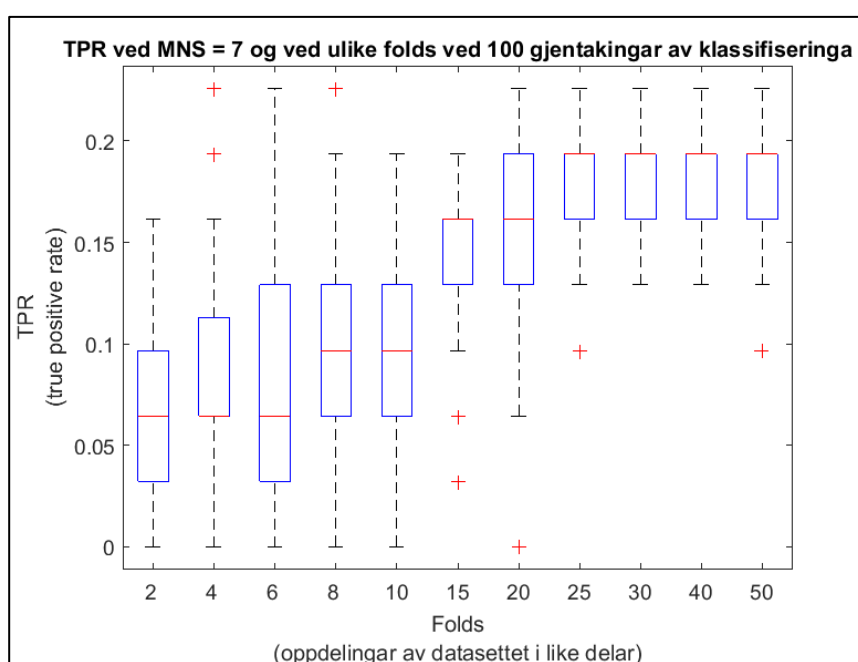
O = 10469	MNS = 7	N-fold = 10															
True class 0	10434	4	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TPR</th> <th>FNR</th> <th>TNR</th> <th>FPR</th> <th>PPV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,19</td> <td>0,81</td> <td>0,9996</td> <td>0,0004</td> <td>0,60</td> </tr> </tbody> </table>	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV	0,19	0,81	0,9996	0,0004	0,60				
TPR	FNR	TNR		FPR	PPV												
0,19	0,81	0,9996		0,0004	0,60												
1	25	6															
Predicted class		0	1														

O = 10469	MNS = 7	N-fold = 25															
True class 0	10435	3	<table border="1"> <thead> <tr> <th>TPR</th> <th>FNR</th> <th>TNR</th> <th>FPR</th> <th>PPV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,19</td> <td>0,81</td> <td>0,9997</td> <td>0,0003</td> <td>0,67</td> </tr> </tbody> </table>	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV	0,19	0,81	0,9997	0,0003	0,67				
TPR	FNR	TNR		FPR	PPV												
0,19	0,81	0,9997		0,0003	0,67												
1	25	6															
Predicted class		0	1														

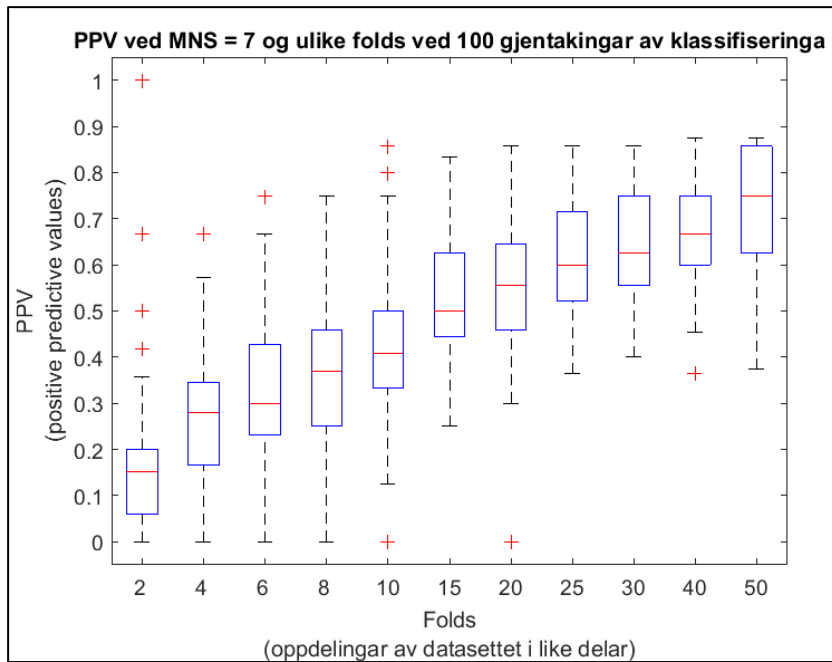
Kryssvalideringa av klassifikasjonstre bygd opp frå Nord-Noregdata med MNS på 7 viser stor endring i forventa prestasjon mellom talet av N-folds kryssvalidering (Figur 5-18 og Figur 5-19). Boxplot (Figur 5-18) viser ein stabil medianverdi av TPR frå 2- og 6-folds kryssvalidering på $\sim 0,06$, men mellom 6- til 25-folds kryssvalidering aukar TPR til $\sim 0,2$. Frå 25- til 50-folds er medianverdien den same. Variasjonen i TPR-verdiane er relativt stor, men varierer mindre frå 25-folds og høgare.

Medianverdien til PPV syner ein jamn auke frå 2- til 50-folds (Figur 5-19). Frå PPV-median på $\sim 0,15$ ved 2-folds til $\sim 0,4$ ved 10-folds med maksimum ved 50-folds på $\sim 0,8$. PPV-variasjonen aukar frå 2-folds til 8-folds, minkar opp til 40-folds, og aukar ved 50-folds.

Kryssvalideringa viser høgare PPV-verdi for Noregtre enn for det overtilpassa klassifikasjonstreet (Figur 5-16), og er hovudsakleg på grunn av at Noregtre har om lag like mange korrekt predikerte skreddøgn, samtidig med færre falske alarmer, enn det overtilpassa klassifikasjonstreet.



Figur 5-18: Boxplot syner variasjonen i TPR ved gjentakingar av kryssvalideringa av Nord-Noreg klassifikasjonstreet med størrelse MNS = 7, og ved ulike folds i denne kryssvalideringa.



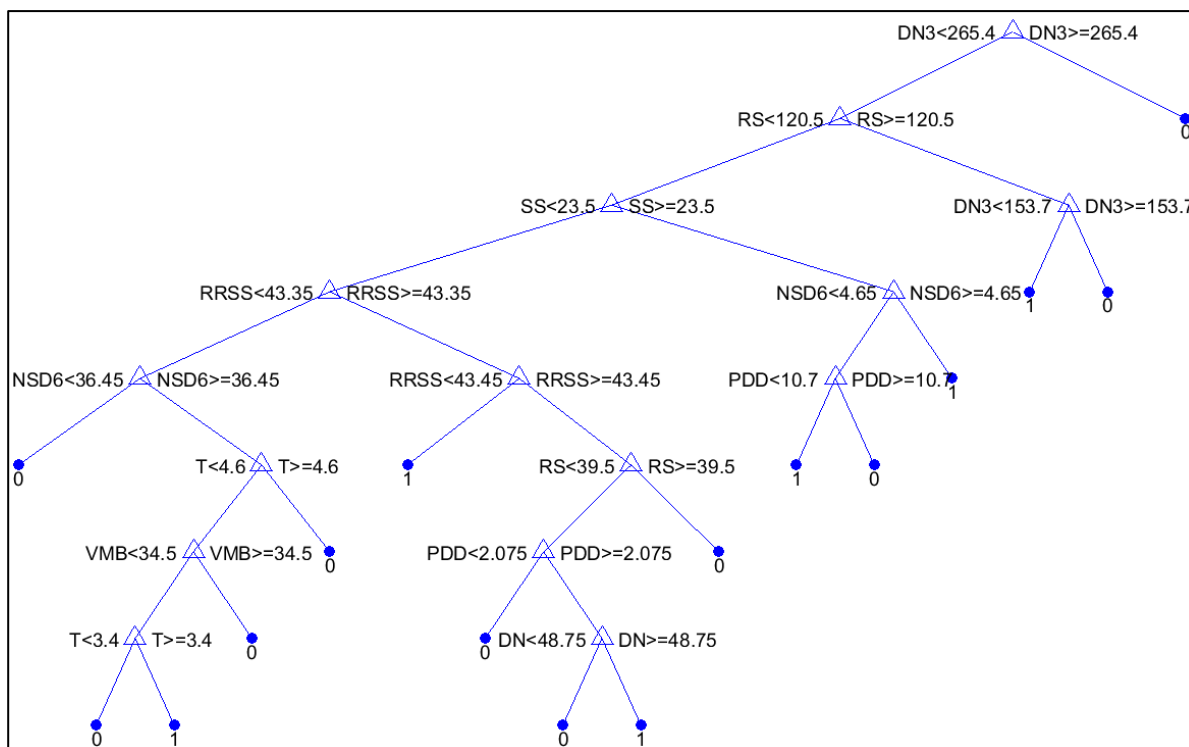
Figur 5-19: Boxplot syner variasjonen i PPV ved gjentakinger av kryssvalidering av Nord-Noreg klassifikasjonstre med størrelse MNS = 7, og for ulike folds i denne kryssvalideringa.

5.2.3 Sør-Noregtre

28 skreddøgn og 10057 ikkje-skreddøgn

Ved maksimal utbygging av klassifikasjonstre for Sør-Noregdata, fekk treet i alt 27 splittar, som fordelte 15 av 28 skreddøgn korrekt, medan også tre ikkje-skreddøgn var klassifisert som skreddøgn. Og er tal som gir TPR på 53,6 %, og PPV til 83,3 %. På grunn av at dei lengste forgreiningane har for mange splittar til å kunne nyttast i ein varslingsamanheng har treet vorte utbygd med avgrensa omfang.

Fyrste avgrensing av klassifikasjonstørrelse er synt som eit tre med 15 splittar (Figur 5-20). Splittar som klassifiserer skreddøgn ut frå temperatur (T) mellom 3,4 °C og 4,6 °C, og mengde av regn og snøsmelting (RRSS) på ~ 43 mm tyder på at treet er overtilpassa treningsdata.



Figur 5-20: Overtilpassa klassifikasjonstre som representerer data frå Sør-Noreg. Bygd med eit tak på 20 splittar (MNS), men splittinga stoppa ved 15 splittar.

Tabell 5-7: Confusion matrix som syner kor godt det overtilpassa klassifikasjonstreet frå Sør-Noreg fordeler døgna mellom responsklassane.

O = 10085	MNS = 20	No validation
True class 0	10054	3
1	17	11
	0	1
	Predicted class	

10-folds kryssvalidering av klassifikasjonstreet med 15 splittar syner at eit av 28 skreddøgn vert predikert som korrekt (Tabell 5-8). TPR er då 0,04. Medan det er predikert 14 skreddøgn. Noko som gir PPV på 0,07.

20-folds kryssvalidering av tilsvarende klassifikasjonstreet viser at to av 28 skreddøgn vert korrekt predikert, TPR på 0,07 (Tabell 5-8). Til saman er det predikert 15 skreddøgn. Då to av dei 15 skreddøgn er korrekt predikert gir det ein PPV på 0,13.

Resultat

Tabell 5-8: To confusion matrix'ar som presenterer prestasjonen til klassifikasjonstreet (Figur 5-20) med 10- og 20-folds kryssvalidering og 20 som tak for største splittalet (MNS).

O = 10085	MNS = 20	N-fold = 10					
True class 0	10044	13	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	27	1					
Predicted class	0	1					
			0,04	0,96	0,9987	0,0013	0,07

O = 10085	MNS = 20	N-fold = 20					
True class 0	10044	13	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	26	2					
Predicted class	0	1					
			0,07	0,93	0,9987	0,0013	0,13

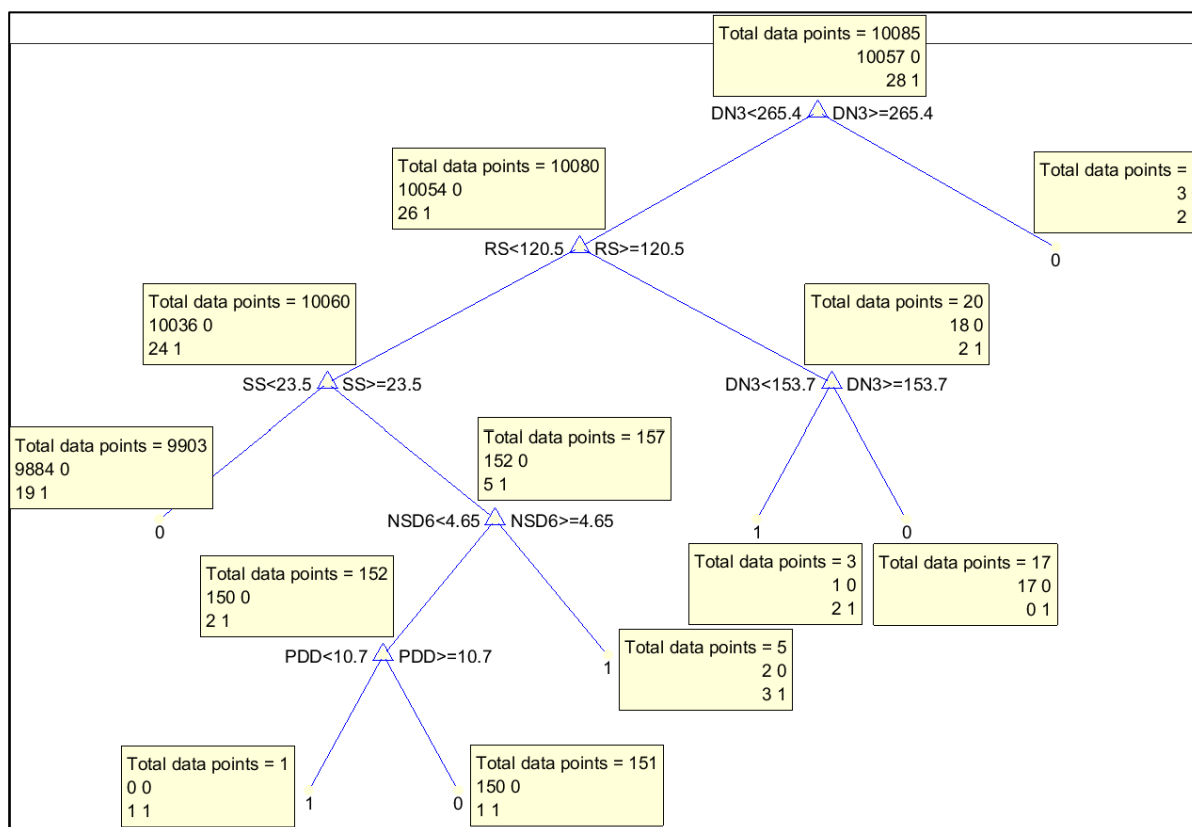
Ved å utføre eitt-standardavvik-regelen for å anbefale trestørrelsen gav også denne for Sør-Noreg eit klassifikasjonstre på ein node. Denne noden klassifiserer alle døgner som ikkje-skreddøgner.

For å unngå eit overtilpassa klassifikasjonstre er størrelsen på klassifikasjonstreet bygd med Sør-Noregdata manuelt valt avgrensa med eit tak på sju splittar, noko som resulterte i eit klassifikasjonstre med seks splittar (Figur 5-21).

Rotnoden (Figur 5-21) splittar 10085 døgner i Sør-Noreg i to deler basert på prediktorvariabelen sum av nedbør tre siste døgner (DN3). Fem flest ikkje-skreddøgner har meir enn 265 mm DN3. Sjølv om det er overtal av ikkje-skreddøgner, er det likevel to skreddøgner som har meir enn 265 mm DN3. 10080 flest ikkje-skreddøgner har mindre enn 265 mm DN3, og vert vidare splitta basert på regn og snøsmelting (RS). 20 flest ikkje-skreddøgner har større RS enn 121 mm, der desse igjen er splitta gjennom DN3. 3 flest skreddøgner har mindre enn 154 mm DN3 og terminerer som lauvnode klassifisert som skreddøgner. Medan meir enn 154 mm DN3 har 17 berre ikkje-skreddøgner vert naturlegvis terminert, og får ein lauvnode klassifisert som ikkje-skreddøgner.

Tilbake til splitten på RS ~ 121 mm, så er det 10060 døgner som har lågare enn denne RS-verdien (Figur 5-21). Desse døgna vert splitta vidare på grunnlag av snøsmelting (SS). 9903 flest ikkje-skreddøgner (som inkluderer 19 skreddøgner) har mindre enn 24 mm SS, og terminerer som lauvnode klassifisert som ikkje-skreddøgner. 157 flest ikkje-skreddøgner har meir enn ~ 24

mm SS, og vert ytterlegare splitta basert på sum nysnø siste seks døgn (NSD6). Fem flest skreddøgn har meir enn NSD6 enn 5 cm, og terminerer i lauvnode klassifisert som skreddøgn. Medan 152 flest ikkje-skreddøgn har mindre enn 5 mm NSD6, og blir til slutt splitta ved variabelen positive daggrader (PDD). Eit skreddøgn har mindre enn 11 PDD og vert klassifisert som skreddøgn i lauvnode, medan 151 flest ikkje-skreddøgn har meir enn 11 PDD, og terminerer også, men som ikkje-skreddøgn.



Figur 5-21: Sør-Noregre. Klassifikasjonstre laga med data frå Sør-Noreg med predikativ størrelse og kriterierekkjer.

Kryssvalidering av det predikative klassifikasjonstreet frå Sør-Noreg (Figur 5-21) resulterte i confusion matrix (Tabell 5-9). 10-folds kryssvalidering viser at eitt av 28 skreddøgn vert korrekt predikert, TPR = 0,04. Medan klassifikasjonstreet predikerer 9 skreddøgn, vil eit av desse vere korrekt, og gir ein PPV på 0,11.

20-folds kryssvalidering viser fire predikerte skreddøgn, men ingen av desse er korrekt predikert. Og gir både TPR og PPV på 0 (Tabell 5-9).

Resultat

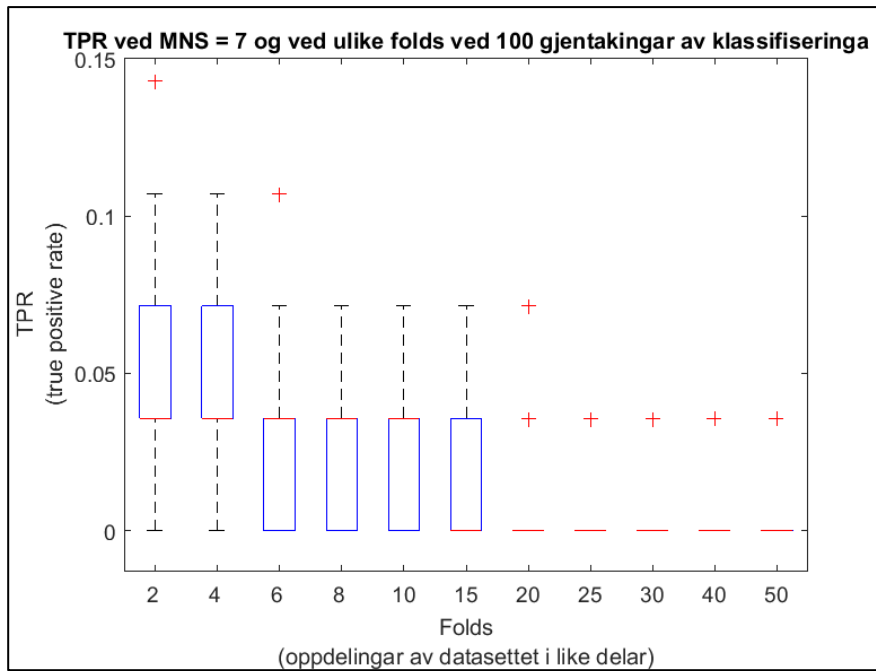
Kryssvalideringa av det overtilpassa treet viser i samanlikning med Sør-Noregtre fleire falske alarmer (Figur 5-20). Medan til trass for dei lange kriterierekkjene har det overtilpassa treet høgare prestasjon enn Sør-Noregtre (Tabell 5-8 og Tabell 5-9).

Tabell 5-9: To confusion matrix som presenterer prestasjonen til klassifikasjonstreet (Figur 5-21) med 10- og 20-folds kryssvalidering og 7 som maximum number of splits (MNS).

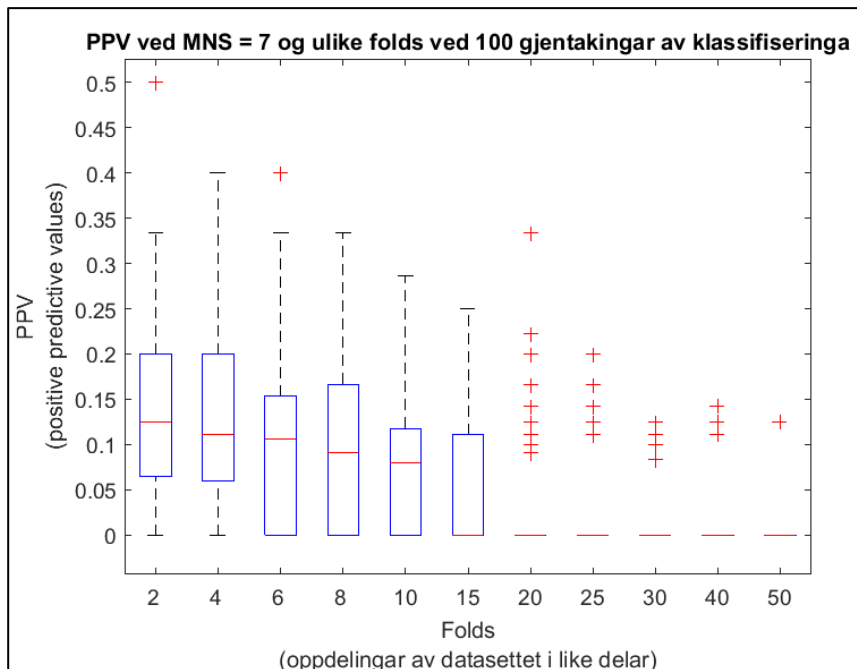
O = 10085	MNS = 7	N-fold = 10					
True class 0	10049	8	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	27	1					
Predicted class	0	1					
			0,04	0,96	0,9992	0,0008	0,11

O = 10085	MNS = 7	N-fold = 20					
True class 0	10053	4	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	28	0					
Predicted class	0	1					
			0,00	1,00	0,9996	0,0004	0,00

Boxplot syner prestasjonen ved gjentekne kryssvalideringar av det predikative klassifikasjonstreet for Sør-Noreg (Figur 5-22 og Figur 5-23). Frå 2-folds til 50-folds kryssvalidering er det ein minkande tendes i medianen både i TPR- og PPV-verdien. TPR-medianen går frå 0,04 ved 2-folds til 0 ved 50-folds, medan medianen for PPV går frå 0,11 til 0. Variasjonen for både TPR og PPV avtek også frå 2- til 50-folds kryssvalidering.



Figur 5-22: Boxplottet syner variasjonen i TPR ved gjentakinger av kryssvalidering av Sør-Noreg klassifikasjonstre med størrelse MNS = 7, og for ulike folds i denne kryssvalideringa.

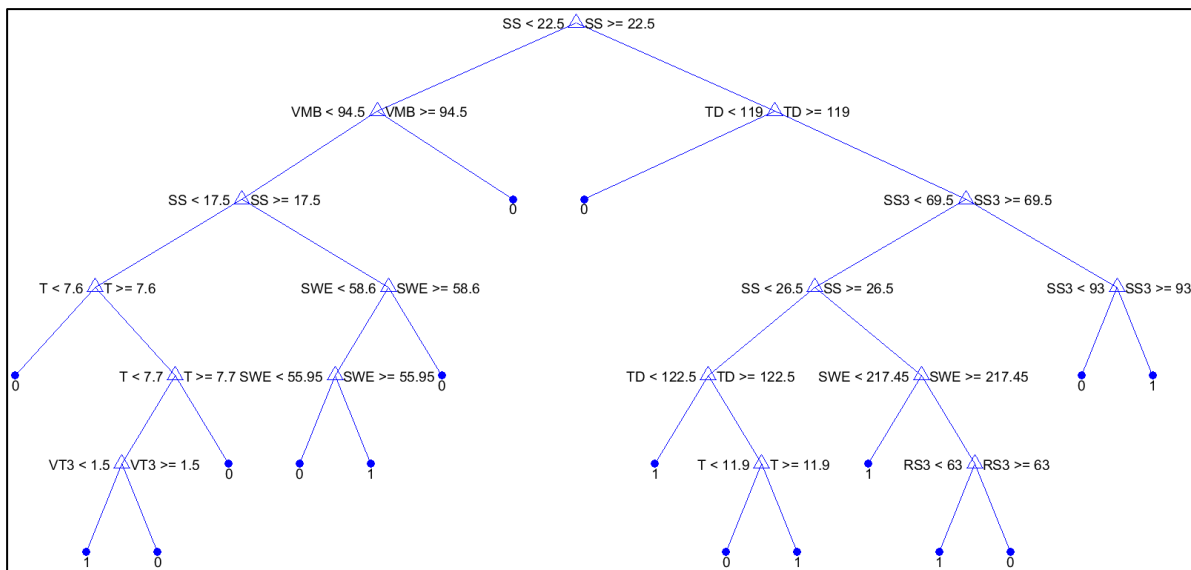


Figur 5-23: Boxplottet syner variasjonen i PPV ved gjentakinger av kryssvalidering av Sør-Noreg klassifikasjonstre med størrelse MNS = 7, og for ulike folds i denne kryssvalideringa.

5.2.4 Godvêstre

25 skreddøgn og 7931 ikkje-skreddøgn

Klassifikasjonstreet frå Godvêrsdata som er bygd til maksimal utstrekning, og brukt til utforsking av datasettet stoppa ved 16 splittar (Figur 5-24). Denne trestørrelsen er forventa å vere overtilpassa då forgreiningar til venstre (Figur 5-24) syner klassifisering av døgn ut frå ein døgnmiddeltemperatur (T) på 7,6 °C.



Figur 5-24: Klassifikasjonstreet laga ut frå Godvêrsdata, der treet er overtilpassa data. Bygd med MNS = 100, men stoppa splittinga allereie ved 16 splittar.

Det overtilpassa klassifikasjonstreet (Figur 5-24) fordeler 15 døgn korrekt som skreddøgn av totalen på 25 observerte skreddøgn (Tabell 5-10). Og av totalt 16 predikerte skreddøgn, er 15 korrekte.

Tabell 5-10: Confusion matrix som syner kor godt klassifikasjonstreet laga ut frå Godvêrsdata fordeler døgn mellom responsklassane.

O = 7956	MNS = 100	No validation
True class 0	7930	1
1	10	15
	0	1
	Predicted class	

Kryssvalidering av det overtilpassa klassifikasjonstree (Figur 5-24) med 10-folds viser at tree predikerer korrekt fire av 25 skreddøgn, ein TPR på 0,16 (Tabell 5-11). Medan det til saman er predikert 21 skreddøgn, er berre fire av desse korrekt predikert, og gir ein PPV på 0,19.

Med 20-folds kryssvalidering predikerer klassifikasjonstree korrekt seks av 25 skreddøgn, som gir ein TPR på 0,24 (Tabell 5-11). Og til saman er det predikert 20 skreddøgn, der seks av desse er korrekt predikert, og gir PPV på 0,30.

Tabell 5-11: To confusion matrix'ar som viser prestasjonen til det overtilpassa klassifikasjonstree (Figur 5-24) med 10- og 20-folds kryssvalidering og 100 som tak for tal splittar (MNS).

O = 7956	MNS = 100	N-fold = 10					
True class 0	7914	17	TPR 0,16	FNR 0,84	TNR 0,9979	FPR 0,0021	PPV 0,19
1	21	4					
	0	1					
	Predicted class						

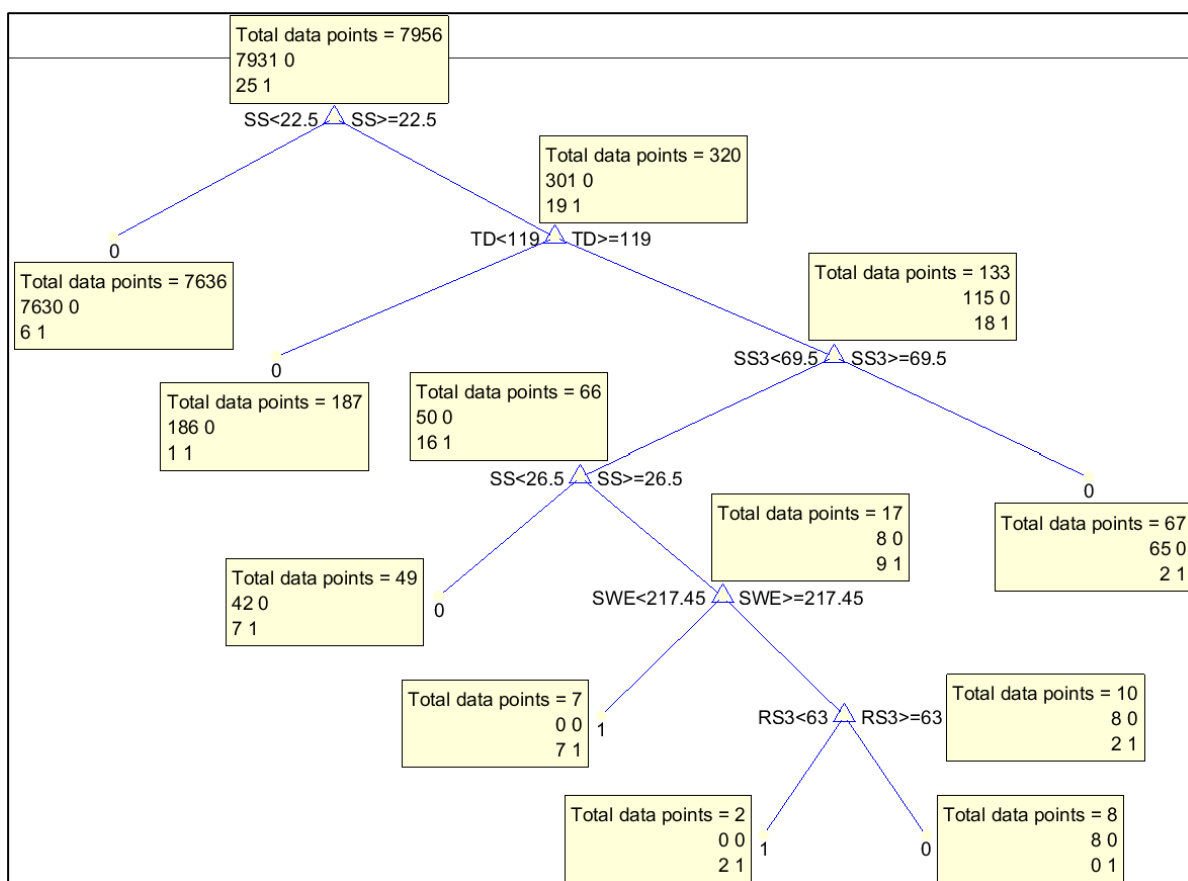
O = 7956	MNS = 100	N-fold = 20					
True class 0	7917	14	TPR 0,24	FNR 0,76	TNR 0,9982	FPR 0,0018	PPV 0,30
1	19	6					
	0	1					
	Predicted class						

Eitt-standardavvik-regelen gav i 16 av 100 køyningar (16 %) av 20-folds kryssvalideringar ein anbefalt trestørrelse på seks splittar med sju lauvodar (Figur 5-25). Medan for dei resterande 84 forsøka (84 %) vart klassifikasjonstre med berre ein lauvnode anbefalt med klassifisering av alle døgn som ikkje-skreddøgn.

Trestørrelsen som 16 % av køyringane eitt-standardavvik-regelen anbefalte har rotnode som splittar basert på variabelen snøsmelting (SS) (Figur 5-25). Splitten deler Godvêrsdata med 7630 ikkje-skreddøgn og 25 skreddøgn i to. Skiljet er sett på 23 mm, der 7636 flest ikkje-skreddøgn har mindre snøsmelting, og desse terminerer i ein lauvnode klassifisert som ikkje-skreddøgn. 320 flest ikkje-skreddøgn har meir enn 23 mm snøsmelting, og er vidare splitta basert på variabelen teledjup (TD). Der 187 flest ikkje-skreddøgn har mindre enn 119 mm TD, og terminerer i ein lauvnode klassifisert som ikkje-skreddøgn. 133 flest ikkje-skreddøgn har over 119 mm TD, og vert vidare splitta på bakgrunn av snøsmelting tre siste døgn (SS3). 67

Resultat

flest ikkje-skreddøgn med meir enn 70 mm SS3 terminerer i ein lauvnode som ikkje-skreddøgn, medan 66 flest ikkje-skreddøgn med mindre enn 70 mm SS3 vert igjen splitta vidare på grunnlag av snøsmelting (SS). 49 flest ikkje-skreddøgn med SS mindre enn 27 mm terminerer i ein lauvnode som ikkje-skreddøgn, medan 17 flest skreddøgn har meir enn 27 mm snøsmelting (SS). Desse vert vidare splitta gjennom variabelen snøvassekivalens (SWE), der 7 skreddøgn har mindre SWE enn 218 mm, og terminerer i lauvnode som skreddøgn. 10 flest ikkje-skreddøgn har høgare snøvassekivalens (SWE), og vert som siste splitten klassifisert på grunnlag av regn og snøsmelting siste tre døgn (RS3). Der to skreddøgn har mindre enn 63 mm RS3, og terminerer i lauvnode som skreddøgn, medan åtte ikkje-skreddøgn har meir enn 63 mm RS3 som då terminerer i lauvnode som ikkje-skreddøgn.



Figur 5-25: Klassifikasjonstre for datasettet godvêr, med størrelsen som eitt-standardavvik-regelen med 20-folds kryssvalidering anbefaler ved 16 % av dei 100 gjentekne køyringane av kryssvalideringar.

Hittil har dei presenterte klassifikasjonstrea vore avgrensa i størrelsen ved å avgjere maksimalt tal splittar før utføringa av klassifiseringa. Eitt-standardavvik-regelen gav berre kva grad av beskjerjing som var anbefalt, og deretter blei denne beskjerjings graden valt så

klassifikasjonstree fekk anbefalt størrelse. Ved kryssvalidering for å undersøkje prestasjonen av dette beskjerpte tree vart det oppdaga at kryssvalideringa ikkje kryssvaliderte tree som var beskore, men det maksimalt utbygde klassifikasjonstree. Dette gjorde at det ikkje var råd å validere klassifikasjonstree med størrelsen som var anbefalt frå eitt-standardavvikregelen (Figur 5-25). Confusion matrix for klassifikasjonstree i Figur 5-25 viser berre i kva grad døgn vert fordelt mellom dei to responsklassane (Tabell 5-12).

Tabell 5-12: Confusion matrix som syner kor godt klassifikasjonstree som eitt-standardavvikregelen anbefaler fordeler treningsdata mellom responsklassane (Figur 5-25).

O = 7956	Pruning level 2	No validation
True class 0	7931	0
1	17	8
	0	1
	Predicted class	

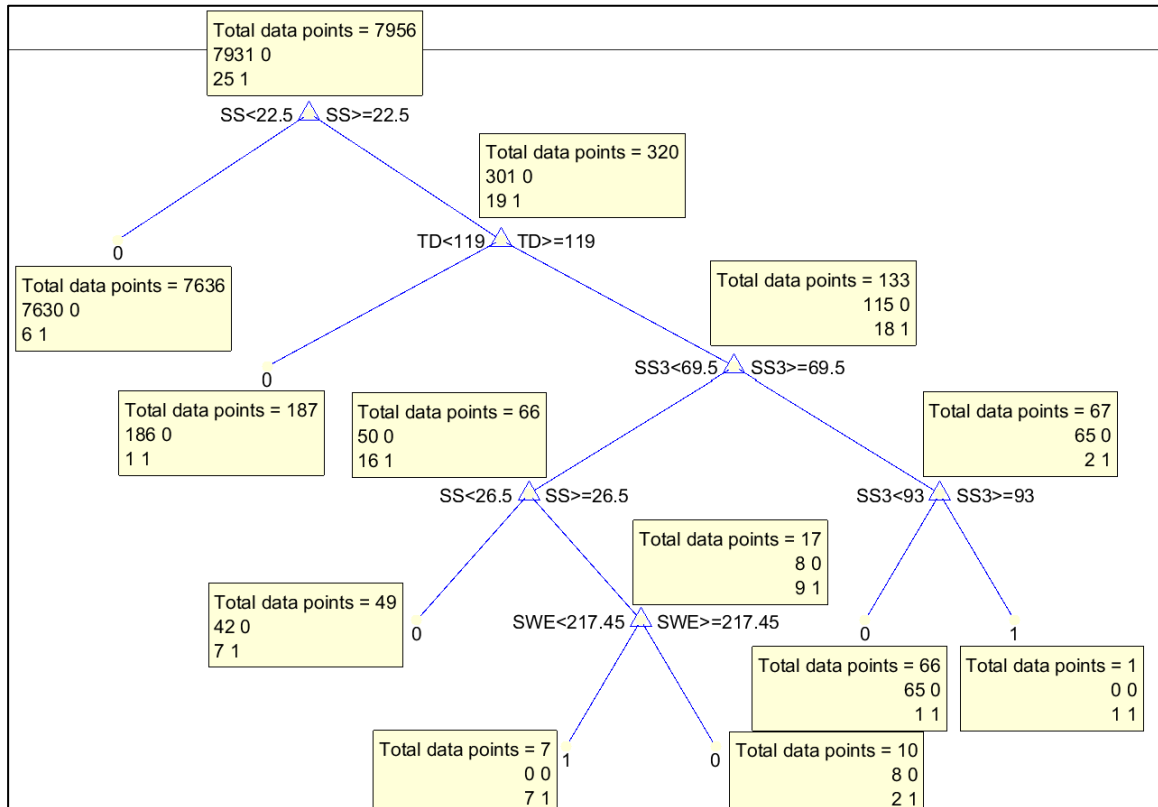
For å tileigne seg eit validert klassifikasjonstre for predikasjon av døgn med Godvêr er det bygd eit klassifikasjonstre med tilsvarande prinsipp som for dei andre datasetta. Dette er avgrensa med eit tak på 12 splittar, medan analysen bygde tree berre til 6 splittar (Figur 5-26).

Rotnoden som er fyrste splitten brukar variabelen snøsmelting (SS) til å dele Godvêrsdata med 7630 ikkje-skreddøgn og 25 skreddøgn (Figur 5-26). Skiljet er sett på 23 mm, der 7636 flest ikkje-skreddøgn har mindre snøsmelting, og desse terminerer i ein lauvnode klassifisert som ikkje-skreddøgn. 320 flest ikkje-skreddøgn har meir enn 23 mm snøsmelting, og er vidare splitta basert på variabelen teledjup (TD). Der 187 flest ikkje-skreddøgn har mindre enn 119 mm TD, og terminerer i ein lauvnode som ikkje-skreddøgn. 133 flest ikkje-skreddøgn har over 119 mm TD, og vert vidare splitta på bakgrunn av snøsmelting siste tre døgn (SS3). 67 flest ikkje-skreddøgn med meir enn 70 mm SS3 vert igjen splitta av SS3. 66 flest ikkje-skreddøgn har mindre enn 93 mm SS3, medan eitt skreddøgn har meir og terminerer som lauvnode klassifisert som skreddøgn.

Tilbake til dei tidlegare nemnde 133 flest ikkje-skreddøgna som har meir enn 119 mm TD. Av desse har 66 flest ikkje-skreddøgn mindre enn 70 mm SS3, og vert splitta vidare på grunnlag av snøsmelting (SS). 49 flest ikkje-skreddøgn med SS mindre enn 27 mm terminerer i ein lauvnode som ikkje-skreddøgn, medan 17 flest skreddøgn har høgare snøsmelting (SS). Desse 17 døgna vert splitta gjennom variabelen snøvassekivalens (SWE), der 7 skreddøgn

Resultat

har mindre SWE enn 218 mm, og terminerer i lauvnode som skreddøgn. 10 flest ikkje-skreddøgn har høgare enn 218 mm snøvasselkvivalens (SWE), og terminerer i lauvnode som ikkje-skreddøgn.



Figur 5-26: Godvêrstre. Klassifikasjonstre bygd ut frå Godvêrsdata, der størrelsen er generalisert for predikasjon. Treet er bygd med MNS = 12, medan bygginga stoppa ved seks splittar.

Kryssvalidering og tilhøyrande confusion matrix (Tabell 5-13) viser prestasjonen til det generaliserte klassifikasjonstree for godvêr (Figur 5-26). Ved 10-folds kryssvalidering predikerer klassifikasjonstree fire av 25 observerte skreddøgn korrekt, noko som gir TPR på 0,16 (Tabell 5-13). Medan sannsynet for at skreddøgn ikkje blir fanga opp av klassifikasjonstree (FNR) er 0,84. Fire korrekt predikerte skreddøgn av totalt 11 predikerte skreddøgn gir ein PPV på 0,36.

20-folds kryssvalidering gir seks korrekt predikerte skreddøgn av dei totalt 25. Som er ein TPR på 0,24 (Tabell 5-13). Då seks av 14 predikerte skreddøgn er korrekte er PPV 0,43.

For samanlikning av kryssvalideringane mellom det overtilpassa treet (Figur 5-24) og Godvêrstre (Figur 5-26), gir kryssvalideringa av Godvêrstre like mange registrerte skreddøgn

som er korrekt predikert, samstundes med færre falske alarmer. Noko som gir gjer at kryssvalideringa av Godvêrstre har høgare PPV-verdi enn den for det overtilpassa treet.

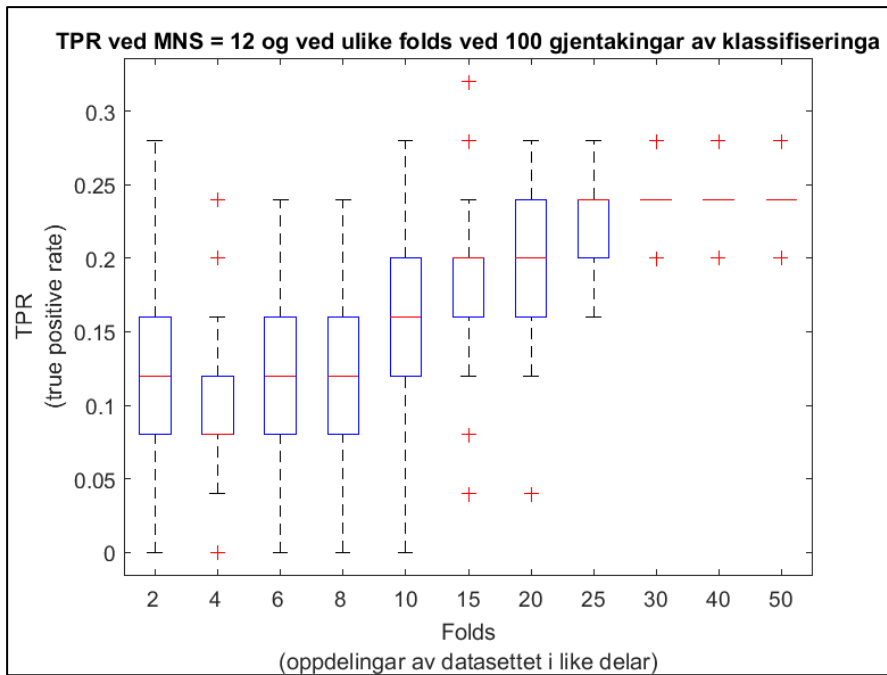
Tabell 5-13: To confusion matrix'ar som presenterer prestasjonen til klassifikasjonstreeet (Figur 5-26) med 10- og 20-folds kryssvalidering og 12 som maximum number of splits.

O = 7956	MNS = 12	N-fold = 10					
True class 0	7924	7	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	21	4					
	0	1					
	Predicted class		0,16	0,84	0,9991	0,0009	0,36

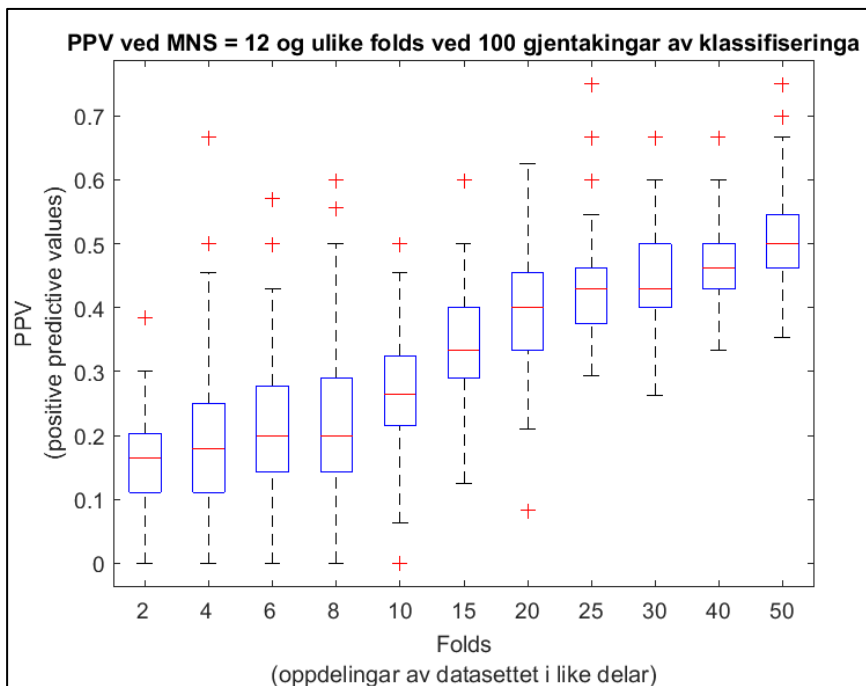
O = 7956	MNS = 12	N-fold = 20					
True class 0	7923	8	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	19	6					
	0	1					
	Predicted class		0,24	0,76	0,9990	0,0010	0,43

Boxplot av TPR viser stabil TPR-median på om lag 0,1 mellom 2- til 8-folds kryssvalidering. Medan det auke i medianen opp til 30-folds med TPR på 0,25 (Figur 5-27). Variasjonen mellom kvar kryssvalidering er størst ved lågare tal folds enn 30, medan frå 30 og oppover er det lite variasjon. PPV-verdien har ein jamn auke i medianen frå 2- til 50-folds kryssvalidering (Figur 5-28). Auken er frå ~ 0,15 til ~ 0,5.

Resultat



Figur 5-27: Boxplottet viser variasjonen i TPR ved gjentakinger av kryssvalidering av godvêr klassifikasjonstre med størrelse MNS = 12, og for ulike folds i denne kryssvalideringa.



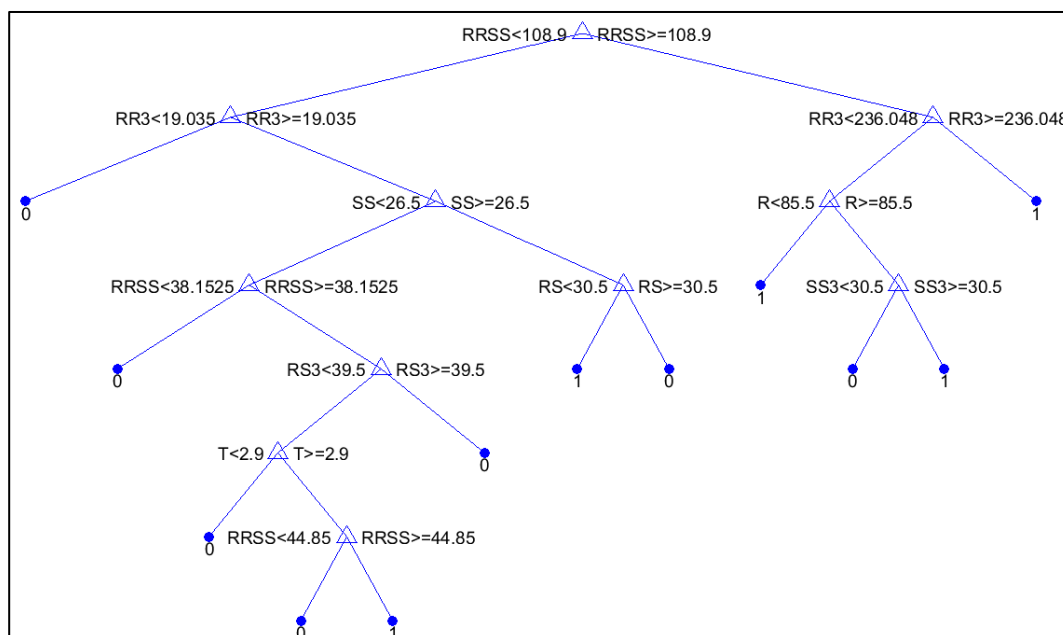
Figur 5-28: Boxplottet viser variasjonen i PPV ved gjentakinger av kryssvalidering av godvêr klassifikasjonstre med størrelse MNS = 12, og for ulike folds i denne kryssvalideringa.

5.2.5 Regnvêrstre

37 skreddøgn og 6814 ikkje-skreddøgn

Klassifikasjonstree for Regnvêrsdata med maksimal utstrekning har 37 splittar og fordeler korrekt 22 av dei totale 37 registrerte skreddøgna. Sidan det til saman er 28 døgn fordelt i lauvnodar klassifisert som skreddøgn, er seks av desse feilfordelt.

Reduksjon av trestørrelsen er utført, og denne er bygd med øvre grense på 15 splittar, men stoppa på 11 splittar (Figur 5-29). Treet er vurdert som overtilpassa på grunnlag av tre splittar på venstre halvdel av klassifikasjonstree som klassifiserer døgn til skreddøgn mellom anna på grunnlag av om regn og snøsmelting siste døgn er mellom 45 mm og 109 mm. 14 døgn er fordelt som skreddøgn, der 10 av desse er korrekt fordelt (Tabell 5-14)



Figur 5-29: Overtilpassa klassifikasjonstre bygd ut frå Regnvêrsdata med MNS = 15.

Tabell 5-14: Confusion matrix som syner korleis det overtilpassa klassifikasjonstree av Regnvêrsdata fordeler døgn mellom responsklassane.

O = 6851	MNS = 15	No validation
True class 0	6810	4
1	27	10
	0	1
	Predicted class	

Resultat

Ved kryssvalidering av det overtilpassa klassifikasjonstreet (Figur 5-29), gir kryssvalidering med 10-folds korrekt predikasjon av 1 av til saman 37 skreddøgn. Noko som gir ein TPR på 0,03 (Tabell 5-15). Medan av dei til saman 12 predikerte skreddøgna, er dermed berre eitt av desse korrekte, og gir ein PPV på 0,08.

30-folds kryssvalidering gir at klassifikasjonstreet presterer nesten identisk som 10-folds kryssvalideringa (Tabell 5-15). Skilnaden er eitt ekstra feil-predikert skreddøgn i 30-folds kryssvalideringa, og gir dermed TPR på 0,03 og PPV på 0,08.

Tabell 5-15: To confusion matrix'ar som presenterer prestasjonen til klassifikasjonstreet (Figur 5-29) med 10- og 30-folds kryssvalidering og 15 som maximum number of splits.

O = 6851	MNS = 15	N-fold = 10					
True class 0	6803	11	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	36	1					
Predicted class	0	1					
			0,03	0,97	0,9984	0,0016	0,08

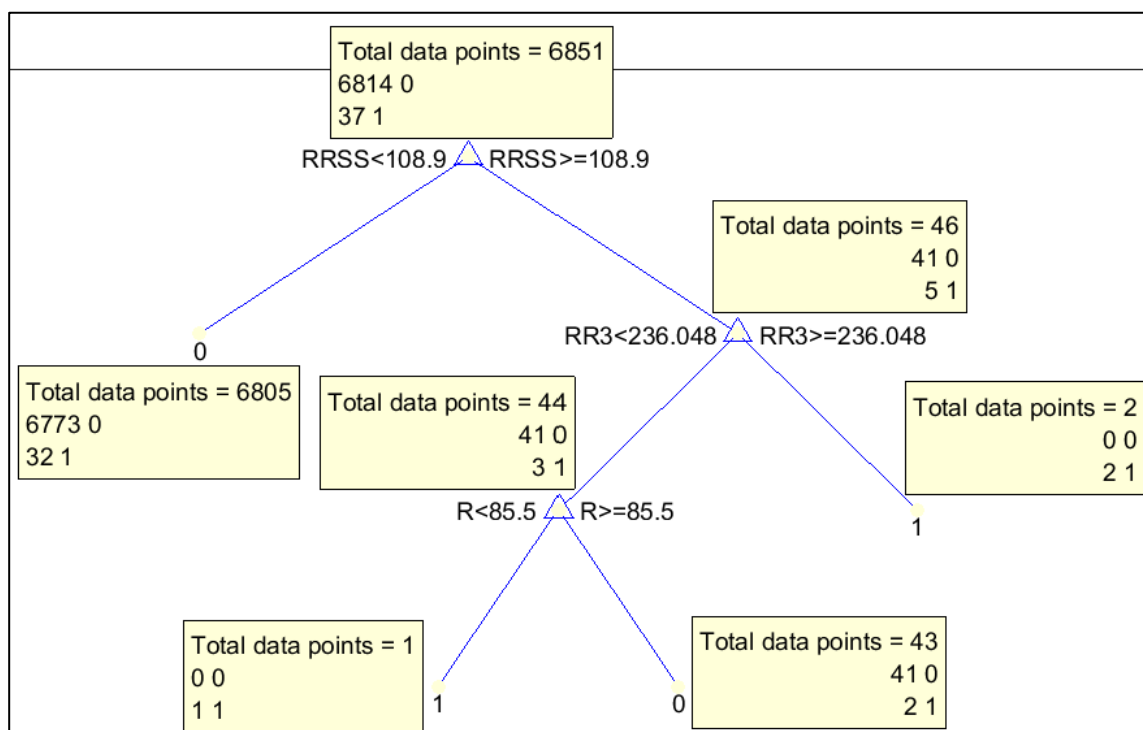
O = 6851	MNS = 15	N-fold = 30					
True class 0	6802	12	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	36	1					
Predicted class	0	1					
			0,03	0,97	0,9982	0,0018	0,08

Ved å utføre eitt-standardavvik-regelen for å anbefale trestørrelsen gav denne for Regnvêrsdata eit klassifikasjonstre på ein node, der denne noden klassifiserer alle døgn som ikkje-skreddøgn.

Klassifikasjonstreet redusert til ein størrelse som er vurdert til å vere generell nok til å nyttast predikativt er bygd med eit tak på fem splittar, og gir eit tre på tre splittar (Figur 5-30).

Rotnoden i klassifikasjonstreet med til saman tre splittar (Figur 5-30), splittar 6851 døgn basert på variabelen regn og snøsmelting siste døgn (RRSS). 6805 flest ikkje-skreddøgn har mindre enn 109 mm RRSS, og terminerer i lauvnode klassifisert som ikkje-skreddøgn. 46 flest ikkje skreddøgn har meir enn 109 mm RRSS, og vert vidare splitta ved variabelen regn tre siste døgn (RR3). To skreddøgn har meir enn 236 mm RR3 og terminerer og blir klassifisert som skreddøgn. 44 flest ikkje-skreddøgn har mindre enn 236 mm RR3, og vert som siste splitt delt

opp av regnmengde siste døgn (R). Eitt skreddøgn har mindre R enn 86 mm, og terminerer difor klassifisert som skreddøgn, medan 43 ikkje-skreddøgn har meir enn 86 mm R og terminerer i lauvnode som ikkje-skreddøgn.



Figur 5-30: Regnvêrstre. Klassifikasjonstre laga frå Regnvêrsdata med predikativ størrelse, oppbygd med MNS = 5.

Kryssvalidering med både 10- og 30-folds av Regnvêrstre viser at det ikkje presterer å predikere korrekt nokon av dei registrerte skreddøgna, som gir TPR på 0. Så 10-folds predikerer fire skreddøgn, der ingen er korrekte. Og 30-folds predikerer tre skreddøgn som heller ikkje nokon er korrekte. PPV vert difor 0 i både 10- og 30-folds kryssvalidering.

Det overtilpassa klassifikasjonstreet (Figur 5-29) kan i fylgje kryssvalideringane predikere korrekt 3 % av skreddøgna som blir registrert i regnvêr, medan for å predikere dette eine skreddøgnet vil det kunne oppstå mange falske alarmer. Så falske alarmer vil kunne utgjere heile 82 % av predikerte skreddøgn (Tabell 5-15). Til samanlikning vil Regnvêrstre kunne føre til færre falske alarmer, men heller ingen korrekt predikerte skreddøgn (Tabell 5-16).

Resultat

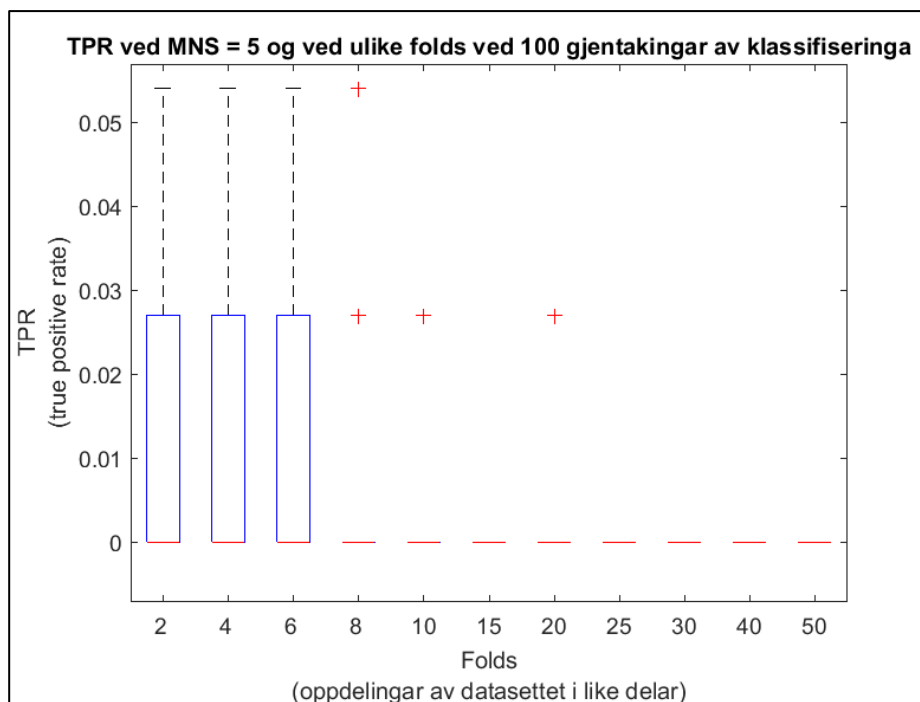
Tabell 5-16: To confusion matrix'ar som presenterer prestasjonen til Regnvêrstre (Figur 5-30) med 10- og 30-folds kryssvalidering og 5 som maximum number of splits.

O = 6851	MNS = 5	N-fold = 10					
True class 0	6810	4	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	37	0					
Predicted class	0	1					
			0,00	1,00	0,9994	0,0006	0,00

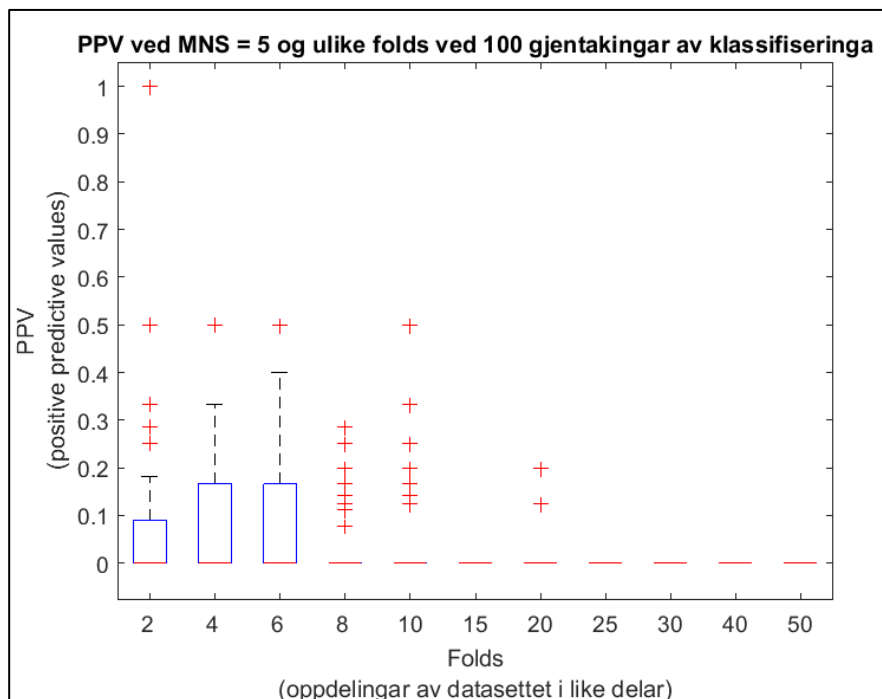
O = 6851	MNS = 5	N-fold = 30					
True class 0	6811	3	TPR	FNR	TNR	FPR	PPV
1	37	0					
Predicted class	0	1					
			0,00	1,00	0,9996	0,0004	0,00

Gjentakende kryssvalidering av Regnvêrstre viser at medianen i TPR for 100 kryssvalideringar er 0, sjølv for alle tal fold som er forsøkt (Figur 5-31). Verdt å merke seg er dei 25 % av kryssvalideringane for 2- til 6-folds som har TPR på mellom ~ 0,03 og ~ 0,05.

Ein del av PPV-verdiane er over 0 mellom 2- til 6-folds kryssvalidering (Figur 5-32). 2-folds har 75% av PPV-verdiane rundt 0,1. Medan for 4- og 6-folds er 75 % prosentgrensa for PPV mellom ~ 0,2 og ~ 0,4. Ved høgare tal folds er det berre uteliggjarar som har PPV over 0.



Figur 5-31: Boxplottet syner variasjonen i TPR ved gjentakinger av kryssvalidering av Regnvêrstre, og for ulike tal folds for kryssvalideringane.



Figur 5-32: Boxplottet syner variasjonen i PPV ved gjentakinger av kryssvalidering av Regnvêrstre, og for ulike tal folds for kryssvalideringane.

5.3 Predikasjon med klassifikasjonstre

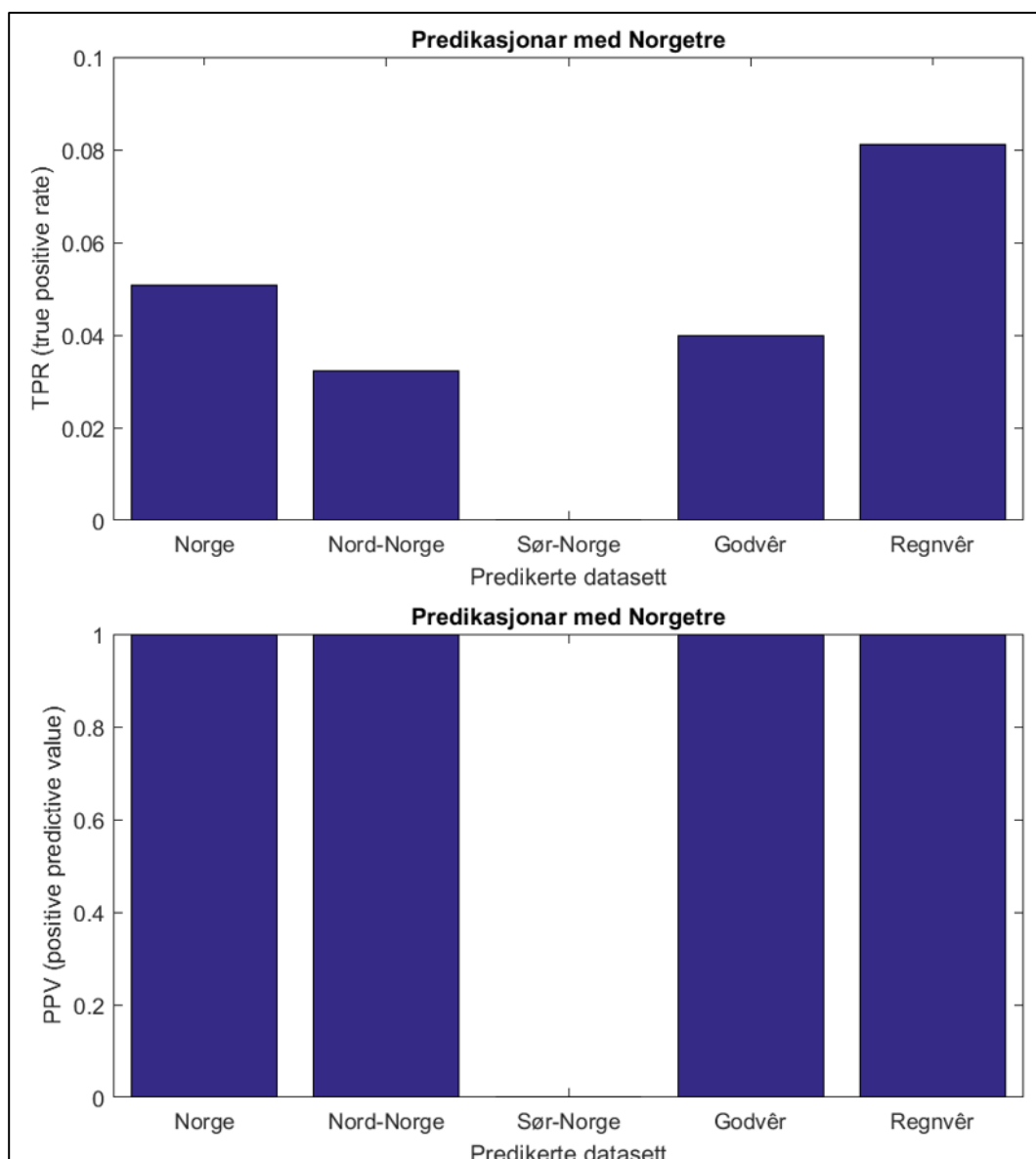
I dette delkapittelet er prestasjonen til klassifikasjonstrea testa i praksis ved å bruke klassifikasjonstrea til å predikere skreddøgn i dei ulike datasetta i oppgåva.

Det er overlapping mellom døgna i datasetta Noregdata, Godvêrsdata, og Regnvêrsdata. Berre datasetta Nord-Noreg og Sør-Noreg er utan overlapping av tilsvarande døgn mellom kvarandre.

5.3.1 Predikasjonar med Noregtre

For Noregtre har alle 59 skreddøgn vore nytta til trening. Difor blir predikasjon med Noregtre av dei fire andre datasetta som er utleia frå Noregdata eit erstatningsestimert (kapittel 2.5).

Predikasjonane med Noregtre (Figur 5-33) viser at skreddøgn som vert korrekt predikert i Nord-Noregdata, Godvêrsdata og Regnvêrsdata er dei døgna som også er opphavet til skredklassifiseringane i Noregtre. Alle skreddøgn predikert som skreddøgn for desse datasetta er korrekt predikert, då PPV er 1 (Figur 5-33, nedste del). Til forskjell predikerer Noregtre ingen skreddøgn korrekt for Sør-Noreg (TPR = 0) (Figur 5-33, øvste del).



Figur 5-33: Prestasjonen til Noregtre målt ved TPR og PPV på alle datasett i studien.

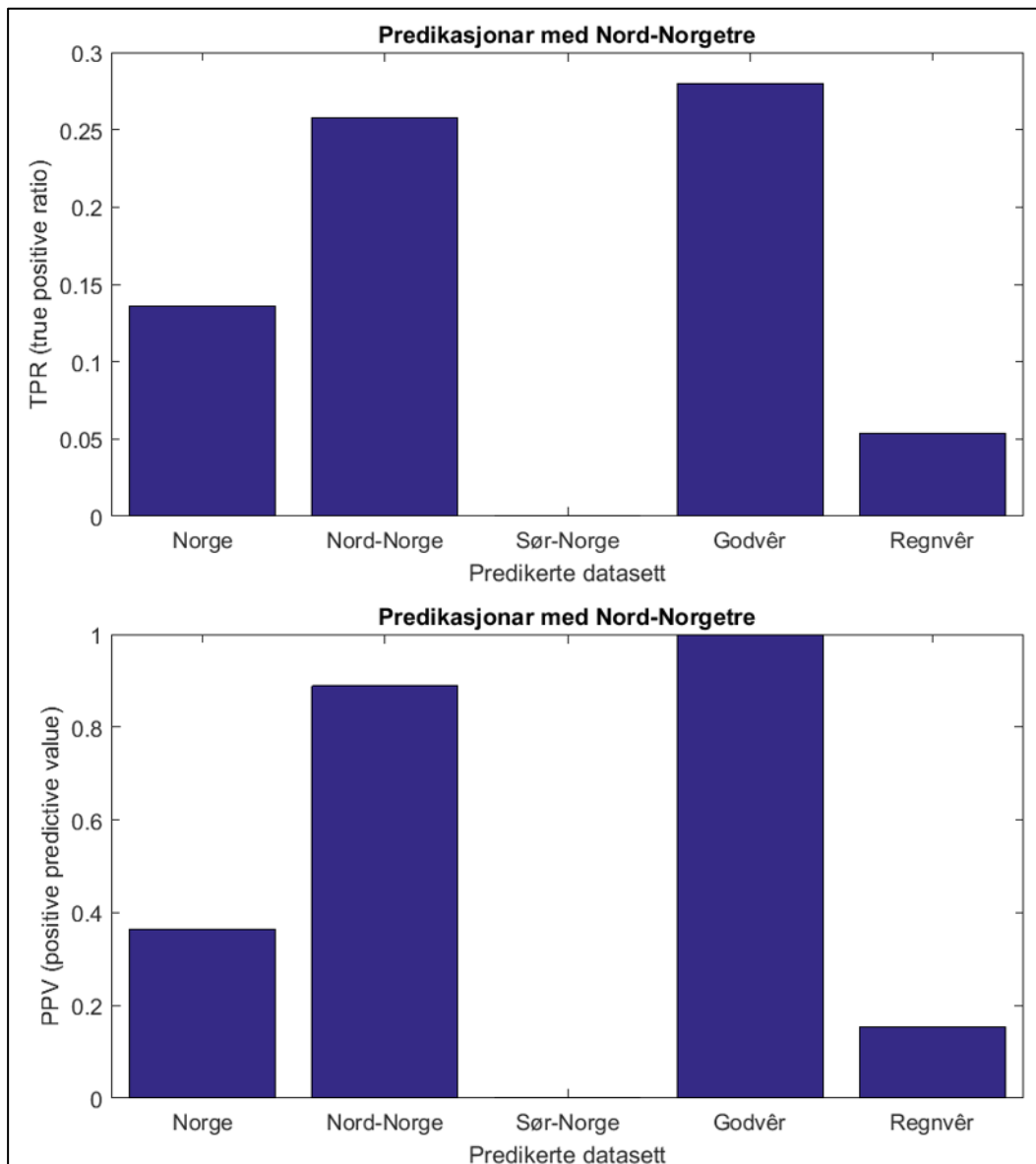
5.3.2 Predikasjoner med Nord-Noregtre

Nord-Noregtre (Figur 5-17) predikerer 14 % (TPR = 0,14) av skreddøgna i Noregdata, medan 26 % av skreddøgna i Nord-Noregdata. Begge desse vert erstatningsestimert då like data har vore nytta til både trening og testing (Figur 5-34). 38 % av døgna i Noregdata som får predikert skreddøgn er korrekte, og 90 % av døgna i Nord-Noregdata. Sistnemnde viser direkte døgna som var med på å leggje grunnlaget for splittane i Nord-Noregtre (kapittel 5.2.2, Figur 5-17).

TPR på null for Sør-Noreg betyr at Nord-Noregtre ikkje predikerer korrekt nokon av skreddøgna i Sør-Noreg (Figur 5-34). Medan det er ein betre predikasjon av Godvørsdata, der 28 % av skreddøgna vert predikert korrekt, og av alle predikerte skreddøgn er desse også

Resultat

korrekt predikert (PPV = 1). Av alle skreddøgna i Regnvêrsdata, predikerer Nord-Noregtre 5 % av desse som skreddøgn, og av totalen skreddøgn Nord-Noregtre predikerer, er ~ 20 % av desse korrekte.

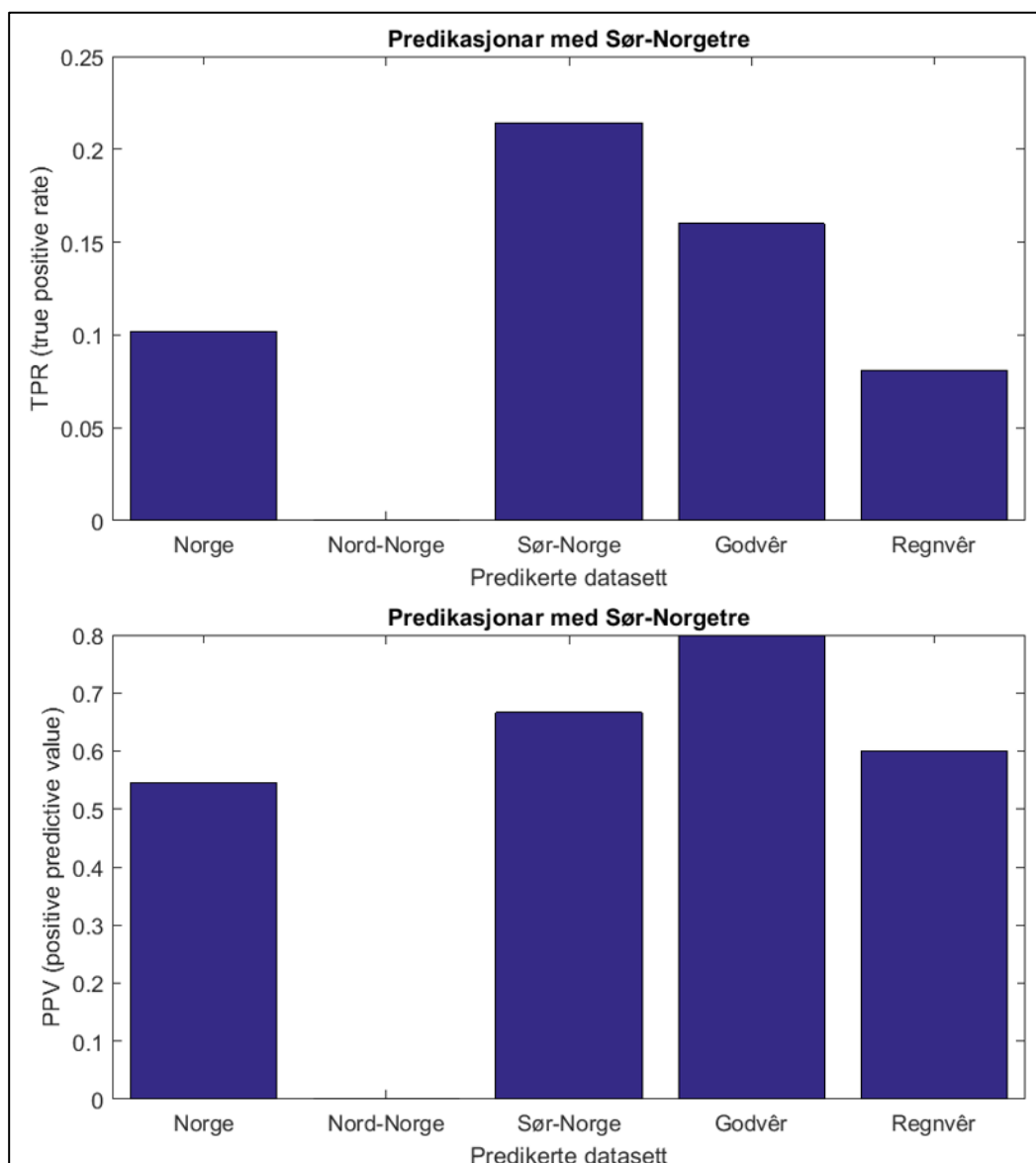


Figur 5-34: Prestasjonen av TPR og PPV til Nord-Noregtre på alle datasetta i studien.

5.3.3 Predikasjoner med Sør-Noregtre

Sør-Noregtre (Figur 5-21) predikerer 10 % av skreddøgna i Noregdata (TPR = 0,1), og PPV på ~ 0,55 viser at av alle skreddøgna som blir predikert er ~ 55% av desse korrekte (Figur 5-35). Sør-Noregtre kan ikkje predikere nokon døgn i Nord-Noreg korrekt. Medan når Sør-Noregtre predikerer Sør-Noregdata er 22 % av skreddøgna predikert korrekt, medan 67 % av alle predikerte skreddøgn er korrekt. Predikasjonen av Godvêrsdata med ein TPR på ~ 0,16 viser

at 16 % av skreddøgna var korrekt predikert, og PPV på 1 viser at alle predikasjonar av skreddøgn også var korrekte. Regnvêrsdata får færre korrekt predikerte skreddøgn med 8 %, der av alle predikerte skreddøgn er 60 % av desse korrekt predikerte.



Figur 5-35: Prestasjonen til predikasjonane med Sør-Noregtre. Øvste figur viser TPR, medan nedste PPV.

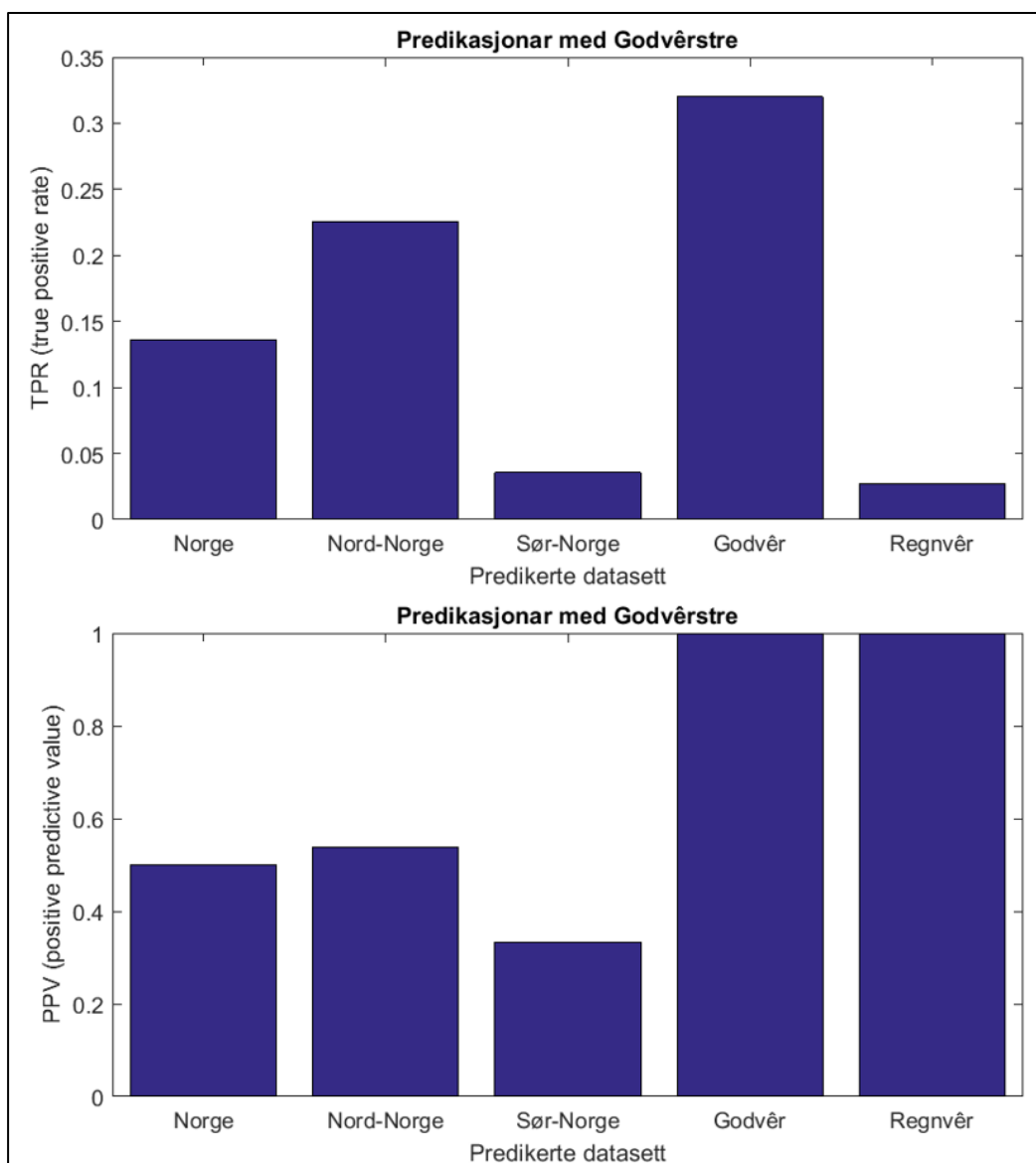
5.3.4 Predikasjonar med Godvêrstre

Godvêrstre predikerer Noregdata med ein TPR på $\sim 0,14$ som viser at 14 % av skreddøgna i Noregdata kan bli predikert med Godvêrstre. Med PPV på 0,5 er det 50 % sannsyn for at predikerte skreddøgn er korrekt predikert (Figur 5-36). For Nord-Noregdata predikerer

Resultat

Godvêrstre ~ 23 % av skreddøgna, der desse utgjør ~ 55 % alle predikerte skreddøgn, og viser til at ~ 45 % av dei predikerte skreddøgn har vore ikkje-skreddøgn.

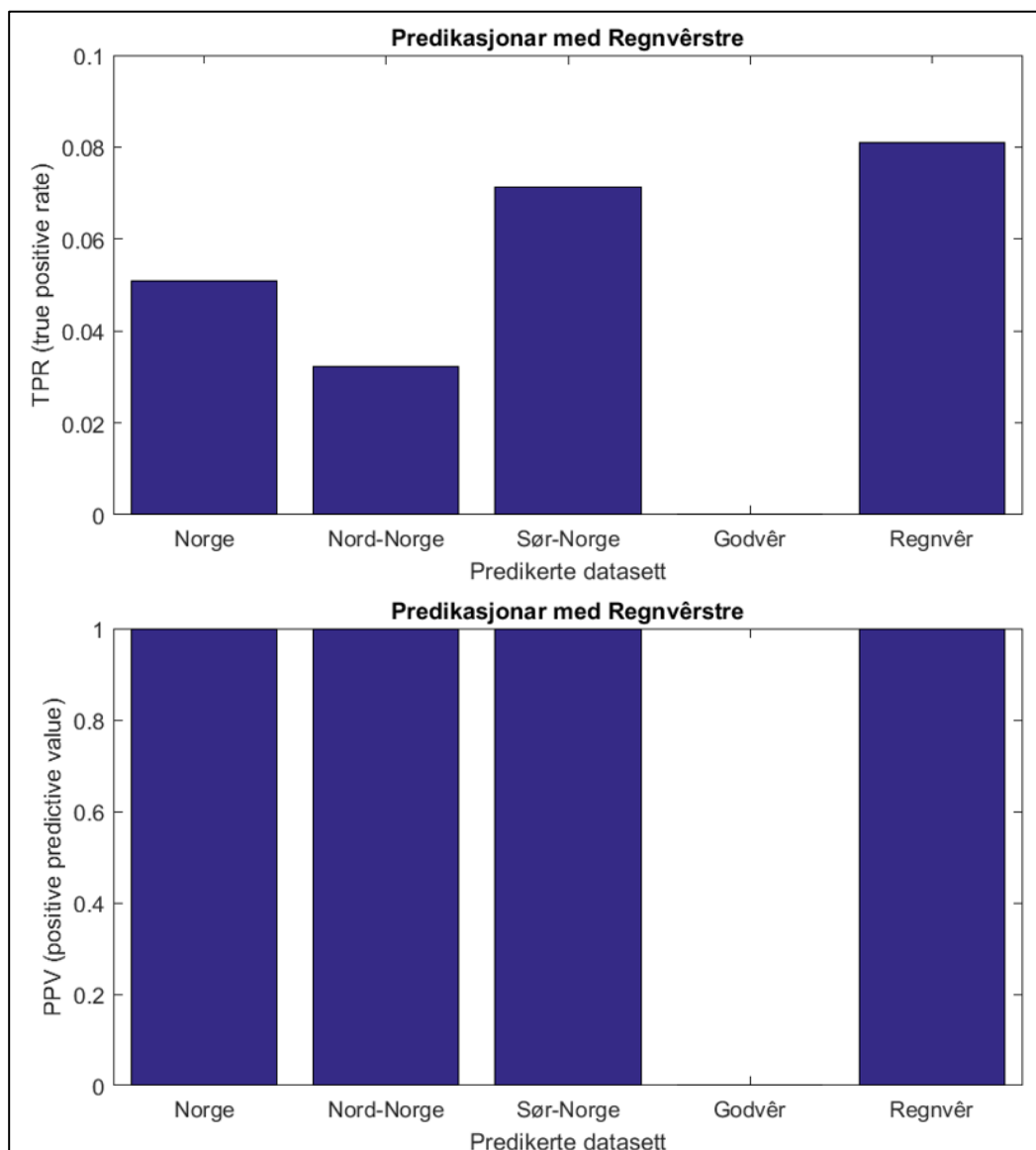
Predikasjonen av Sør-Noregdata gav ein TPR på ~ 0,04, så 4 % av skreddøgna i Sør-Noregdata vert korrekt predikert, og av alle predikerte skreddøgn er ~ 30 % av dei også skreddøgn (Figur 5-36). TPR for Godvêrsdata viser til at 30 % av skreddøgna i datasettet også er predikert som skreddøgn, og av alle skreddøgn Godvêrstre predikerer, er alle korrekt predikert (PPV = 1). Den siste predikasjonen med Godvêrstre er av Regnvêrsdata. Då viser TPR ~ 0,03, som betyr at 3 % av skreddøgna i Regnvêrsdata er predikert korrekt, og PPV på 1 viser til at alle predikasjonane av skreddøgn i Regnvêrsdata stemte.



Figur 5-36: Predikasjonar med Godvêrstre. Øvste figur syner TPR, medan nedste viser PPV.

5.3.5 Predikasjoner med Regnvêrstre

Ved predikasjon med Regnvêrstre av Noregdata vart 5 % av skreddøgna i datasettet predikert (TPR $\sim 0,05$), for Nord-Noregdata 3 %, Sør-Noregdata 7 %, God-vêrsdata 0 % og Regnvêrsdata 8 %. Alle predikasjonane av skreddøgna i datasetta stemte (PPV = 1).



Figur 5-37: Predikasjoner med Regnvêrstre. Øvste figur viser TPR, medan nedste PPV.

5.4 Tersklar frå klassifikasjonstre

12 tersklar frå klassifikasjonstrea kapittel 5.2 er trekt ut og framstilt i Tabell 5-17. Nokre av tersklane er forenkla frå originalen i klassifikasjonstrea, med grunn at kriterier kunne slåast saman og likevel gi tilsvarande praktisk betyding. To nye tersklar er laga på grunnlag av fjerning av kriterier frå andre tersklar. Desse to tersklane er ikkje validert, men vil kunne predikere fleire sørpeskred, men også gi fleire falske alarmar.

Tabell 5-17: Tersklar trekt ut frå Noregtre, Nord-Noregtre, Sør-Noregtre, Godvêrstre og Regnvêrstre i kapittel 5.2. To tersklar har kortare kriterierekkje enn opphavleg klassifikasjonstre, og har difor ikkje valideringsverdiane TPR og PPV.

Terskel	Kriterium 1	verdi	Krit. 2	verdi	Krit. 3	verdi	Krit. 4	verdi	TPR	PPV
Noreg	SS	> 23 mm	TD	> 29 cm	-	-	-	-	0 %	0 %
Noreg	SS	< 23 mm	RR	> 86 mm	RR3	> 236 mm	-	-	0 %	0 %
Nord-Noreg	SS	> 27 mm	SS3	> 68 mm	VMB	> 96 %	-	-	19 %	67 %
Nord-Noreg	SS	> 27 mm	SS3	< 68 mm	SWE	< 190 mm	-	-	19 %	67 %
Nord-Noreg	SS	< 27 mm	NSD6	> 43 cm	DN	> 80 mm	-	-	19 %	67 %
Sør-Noreg	R	> 94 mm	DN3	< 154 mm	-	-	-	-	0 %	0 %
Sør-Noreg	DN3	< 265 mm	R	< 90 mm	SS	> 24 mm	NSD6	> 5 cm	0 %	0 %
Godvêr	SS	> 23 mm	TD	> 12 cm	SS3	> 93 mm	-	-	20 %	40 %
Godvêr	SS	> 27 mm	TD	> 12 cm	SS3	< 70 mm	SWE	< 220 mm	20 %	40 %
Godvêr	SS	> 27 mm	TD	> 12 cm	SS3	< 70 mm	-	-	-	-
Regnvêr	RRSS	> 109 mm	RR3	> 236 mm	-	-	-	-	0 %	0 %
Regnvêr	RRSS	> 109 mm	-	-	-	-	-	-	-	-

Kriterium 1 vert sett på som det viktigaste i kvar terskel, medan kriterium 4 minst viktig. Kvar terskel ville ha fanga opp like mange sørpeskred med berre det fyrste kriterium, som med alle kriteria. Fleire kriterier gir færre falske alarmar, men også færre predikerte sørpeskred. Grunnen til at klassifikasjonstreaanalysen har gitt fleire kriterium i kvar terskel, er at med alle kriteria har treningsdata hatt fleire skreddøgn som har overskride terskelen enn ikkje-skreddøgn.

Tersklane som har eit nedre kriterium for snøsmelting er eigna for godvêrsørpeskred, medan tersklane med øvre kriterium for snøsmelting, eller nedre kriterium for regn vil vere eigna for

regnvêrsørpeskred. For å framstille dette på ein oversiktleg måte uavhengig av kva datasett dei kjem frå, er tersklane fordelt til to nye tabellar (Tabell 5-18 og Tabell 5-19).

Tersklane for regnvêrsørpeskred viser meir regn og snøsmelting siste døgn (RS og RRSS) enn tersklane for godvêrsørpeskred (Tabell 5-18 og Tabell 5-19).

Tabell 5-18: Generelle tersklar for godvêrsørpeskred øvst og gradvis meir spesialiserte mot spesifikke forhold nedover.

Tersklar for godvêrsørpeskred										
	Kriterium 1	verdi	Krit. 2	verdi	Krit. 3	verdi	Krit. 4	verdi	TPR	PPV
Terskel 1	SS	> 23 mm	TD	> 29 cm	-	-	-	-	0 %	0 %
Terskel 2	SS	> 27 mm	SS3	> 68 mm	VMB	> 96 %	-	-	19 %	67 %
Terskel 3	SS	> 27 mm	SS3	< 68 mm	SWE	< 190 mm	-	-	19 %	67 %
Terskel 4	SS	> 23 mm	TD	> 12 cm	SS3	> 93 mm	-	-	20 %	40 %
Terskel 5	SS	> 27 mm	TD	> 12 cm	SS3	< 70 mm	-	-	-	-
Terskel 6	SS	> 27 mm	TD	> 12 cm	SS3	< 70 mm	SWE	< 220 mm	20 %	40 %
Terskel 7	DN3	< 265 mm	R	< 90 mm	SS	> 24 mm	NSD6	> 5 cm	0 %	0 %

Tabell 5-19: Generelle tersklar for regnvêrsørpeskred øvst og gradvis meir spesialiserte mot spesifikke forhold nedover.

Tersklar for regnvêrsørpeskred								
	Kriterium 1	verdi	Krit. 2	verdi	Krit. 3	verdi	TPR	PPV
Terskel 1	RRSS	> 109 mm	-	-	-	-	-	-
Terskel 2	RRSS	> 109 mm	RR3	> 236 mm	-	-	0 %	0 %
Terskel 3	R	> 94 mm	DN3	< 154 mm	-	-	0 %	0 %
Terskel 4	SS	< 27 mm	NSD6	> 43 cm	DN	> 80 mm	19 %	67 %
Terskel 5	SS	< 23 mm	RR	> 86 mm	RR3	> 236 mm	0 %	0 %

6 Diskusjon

6.1 Usikkerheit og feilkjelder

6.1.1 Registrerte skreddøgn

Sørpeskredregisteret dekkjer sørpeskred i Noreg i perioden mellom 1. januar 2010 og 14. februar 2016. Auken i talet på årlege registrerte skred har auka siste åra (kapittel 3.1), og er truleg i stor grad grunna auka merksemd på skred, og generell auke i informasjonsdeling i samfunnet. Viktigheita av internettværktyet RegObs bør ikkje undervurderast. Sidan oppstarten 21. desember 2012 har 42 % av sørpeskreda berre RegObs som kjelde (sørpeskredregisteret til NVE). Likevel kan også klimaendringar vere delar av grunnen for at det er registrert fleire årlege. Den brå auken i tal sørpeskred 2009/2010 som var grunna ein spesiell vêr- og snøsituasjon mai 2010, utgjer 19 av dei 59 registrerte sørpeskreda (kapittel 3.1). Dette kan medføre at tersklane frå denne oppgåva er ugunstig tilpassa denne eine situasjonen.

Då dei fleste registrerte sørpeskreda anten har hatt ulempe for infrastruktur, eller vore observert i nærleiken av vegnettet, er det grunn til å tru at sørpeskred også er utløyst utan at det har kome med i registeret. Dette gjeld truleg både sørpeskred i områder som ikkje er regelmessig besøkt av menneskjer, og sørpeskred av mindre størrelsar utan interesse for folk flest.

Dersom sørpeskred er utløyst i perioden 1. januar 2010 til 14. februar 2016 på tilsvarande lokalitet som registrerte sørpeskred, og derimot ikkje kome med i registeret har det effekt på resulterande terskelverdiar. Dette kan vere ein del av forklaringa for at mange ikkje-skreddøgn med ekstreme tilhøve ikkje fører til registrerte sørpeskred. Slike tilfelle kan gjer at analysen ikkje finn dei tersklane som finst mellom dei estimerte variablane. I tillegg kan det føre til at tersklane får i ufortent dårlege prestasjon under valideringar, då det kan hende at falske alarmar i realiteten har vore korrekte predikasjonar av skreddøgn.

6.1.2 Val av dato til skreddøgn

Det er knytt usikkerheit til kva dato som er valt til skreddøgn mellom variabeldatoane, då tidsoppløysinga til variablane er på 24-timar frå kl. 07.00 til kl. 06.59 (+1 UTC). I tilfelle

skredet vart utløyst få timar inn i eit nytt døgn, har sørpeskredregisteret valt skreddøgn på føregåande dato. Dermed er det avgjerande for best representasjon, at variabelverdien i det føregåande døgn har vore den avgjerande for utløysing at sørpeskredet og ikkje det neste.

På same måte er det om skred gjekk tidleg i døgnet som valt til skreddøgn. Då er det usikkerheit i variabelen knytt kor mykje av variabelverdien som kom i dei resterande timane av døgnet.

Til samanlikning nytta studiet til Jaedicke et al. (2013) datoen for uttrekk av xGeo-variabelen regn og snøsmelting (RS) valt anten frå den datoen som sørpeskredet var utløyst, eller føregåande dato basert på kva av datoane som produserte mest regn og snøsmelting.

6.1.3 Hydrometeorologiske variablar

Dei estimerte hydrometeorologiske variablane i datasetta kan framstille verkelegheita ganske korrekt, men kan også vere misvisande. Kjeldene til feil og usikkerheit til variablane kan inndelast i inngangsdata eller innebygde modellfeil (Boje et al., 2014). Eit døme på usikkerheit knytt til inngangsdata er observert nedbør, der spesielt nedbør i byger kan bli dårleg framstilt. Særleg sidan bygenedbøren er konsentert, og det er tilfeldig om bygene treff målestasjonane. Forenklingar på verkelegheita som i modellar er innbygde modellfeil. (Boje et al., 2014). Om overgangen av nedbør i form av snø til regn ikkje har optimale terskelverdiar vil dette kunne vere ein modellfeil.

Den viktigaste feilen mellom variablane i tersklane er truleg snøsmeltingsvariabelen (SS) som er underestimert på grunn av manglande inndata som vind, luftfuktigheit og stråling (kapittel 2.3.2). Dette er truleg ei avgrensing for kor mange av sørpeskreda hydrometeorologiske tersklar kan predikere, når snøsmeltingsvariabelen ikkje er meir nøyaktig enn den er.

Underestimering av snøsmeltinga har truleg ført til at hydrometeorologiske variablar i xGeo har vist meir estimert vasstilførsel til snødekket ved regnvêrsørpeskred enn godvêrsørpeskred (Figur 5-7 og Figur 5-9). Ein skilnad som er tilsvarande i terskelverdiane (Tabell 5-18 og Tabell 5-19). I realiteten kan skilnaden vere omvendt, ettersom Hestnes et al. (1994) estimerte dette. Sørpeskred i Nord-Noreg har større vasstilførsel enn Sør-Noreg, men dette kan truleg forklarast på bakgrunn av flest godvêrsørpeskred i Nord-Noreg, og flest regnvêrsørpeskred i Sør-Noreg mellom 2010 og 2016. Ein forskjell som truleg vert utjamna over lengre periodar.

6.1.4 Utval av ikkje-skreddøgn

Ikkje-skreddøgn er overrepresentert i oppgåva sine datasett (Tabell 4-2). Dette er konsekvens av at datasetta er ei forenkla estimert framstilling av naturen som har færre skreddøgn enn ikkje-skreddøgn. Ubalanse i datasett er vanleg ved bruk av maskinlæringsteknikkar for vanskelege klassifiseringar i den verkelege verden (Maimon og Rokach, 2010). Analyse med klassifikasjonstre taklar ubalansen mellom responsklassane på ein god måte, der døgn som ikkje er avgjerande for endringar i responsen vert skilt ut i lauvnodar basert på splittar.

Likevel har det høge talet på ikkje-skreddøgn ikkje vore gunstig for å avdekke variablar sine verdiskilje mellom skreddøgn og ikkje-skreddøgn. Grunnen til dette er eit uvisst tal uoppdaga sørpeskred mellom ikkje-skreddøgna. Dette har ført til at ikkje-skreddøgn som i realiteten har vore skreddøgn er samanlikna med skreddøgna, og kan dermed ha kamouflert eigentlege skilnadar mellom skreddøgn og ikkje-skreddøgn. Noko som i andre omgang hindrar avdekking av tersklar som kan finnast mellom dei 21 hydrometeorologiske variablane i datasetta.

Dersom det var balanse mellom responsklassane, ville ikkje feilregistreringane hatt like stor ulempe. For ved færre potensielle feilregistrerte ikkje-skreddøgn, er det enklare at skreddøgn med variabelverdier som skil seg frå korrekt registrerte ikkje-skreddøgn får overtal av døgn.

Utfordringa med å få balanse mellom responsklassane er å utføre det tidseffektivt nok til at det er hensiktsmessig. Om ikkje-skreddøgn skulle vore kvalitetsskjekka like godt som skreddøgna i datasetta, ville kostnaden truleg vore større enn nytta. Mange av skreddøgna (Figur 5-1 og Figur 5-2) er utløyst under svært ulike forhold Figur 5-2, så det er problematisk filtrere ikkje-skreddøgn ut frå datasetta med utgangspunkt i variabelverdier. Til dømes, dersom alle døgn i datasetta med mindre enn 10 mm snøsmelting vert fjerna, ville det forholdsmissig bli fjerna fleire ikkje-skreddøgn enn skreddøgn. Og dersom ein større del ikkje-skreddøgna automatisk vart fjerna, ville det også bli fjerna ikkje-skreddøgn som liknar på skreddøgna, eller til og med er meir ekstreme.

Så for å unngå for stor tidsmessig kostnad av manuell kvalitetsjekk av kvart ikkje-skreddøgn, og uheldig effekt av å fjerne ikkje-skreddøgn som liknar på skreddøgna det vart godteke at datasetta inneheldt om lag 400 ikkje-skreddøgn per skreddøgn (kapittel 4.2.1).

Davis et al. (1999) brukte slik som denne oppgåva eit fleirtal av ikkje-skreddøgn i klassifikasjonstreakanalysen for å skilje døgn med skred frå døgn utan, men då med skredtypen snøskred. Eitt av datasetta til Davis et al. (1999) hadde ein total på 890 døgn, og av desse var 160 skreddøgn. Einaste kriteriet for ikkje-skreddøgn som kjem fram i artikkelen er at dei var mellom åra med registrerte skreddøgn. Terskelstudia til NVE si jordskredvarsling nytta også fleirtal av ikkje-skreddøgn til klassifikasjonstreakanalysen (pers. kom. Colleuille, H., 11.11.2016).

Hendrikx et al. (2005) gjorde det på ein annan måte, og nytta eit tilfeldig utval av ikkje-skreddøgn frå totalen av ikkje-skreddøgn for at det skulle bli balanse mellom responsklassane. Snøskreddatasett med 148 skreddøgn, og 195 ikkje-skreddøgn vart nytta til analyse med klassifikasjonstre. Ved eit slik utval er det tilfeldig om ikkje-skreddøgn som er like eller meir kanskje meir ekstreme enn skreddøgn blir teke med. Difor er ikkje denne metoden nytta for datasetta i denne oppgåva.

Ei alternativ utvalmetode vart utført av Howley (2007), og kunne vere interessant som vidare arbeid med datasett tilhøyrande denne oppgåva. Der vart det nytta balansert tal skreddøgn og ikkje-skreddøgn i datasetta for analyse med klassifikasjonstre. Til forskjell frå Hendrikx et al. (2005) som truleg berre gjorde eitt tilfeldig utval av ikkje skreddøgn, gjorde Howley (2007) til saman 50 tilfeldige utval av ikkje-skreddøgn, og deretter analysert. Dermed vart det på eit vis teke høgd for dei ikkje-skreddøgn som ikkje kom med i kvart utval.

Filtreringa av døgn i denne oppgåva vart gjort før oppdeling av Noregdata, men heller ikkje inndeling av sørpeskred utløyst ved ulike lokalitetar eller vêrtilhøve gav enkeltvariablar klare skilje mellom skreddøgn og ikkje-skreddøgn (kapittel 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4, 5.1.5). Likevel var det eitt unntak. Ved filtrering av Godvêrsdata, kunne døgn med mindre snøsmelting (SS) enn ~ 18 mm vore filtrert vekk (Figur 5-7). Dersom dette hadde vore utført for Godvêrsdata ville det rundt rekna redusert talet på ikkje-skreddøgn frå 8000 til 1000, medan talet på skreddøgn frå 25 til 24.

Om vind, luftfuktigheit og stråling hadde vore inkludert i snøsmeltingsvariabelen, hadde det truleg vore endå enklare å filtrere vekk endå fleire ikkje-skreddøgn frå datasetta.

6.1.5 Dataoppdeling og skilnaden mellom datasetta

Oppdelinga av det opprinnelege datasettet var motivert av å undersøkje likskapar og skilnadar i sørpeskred sine utløysingsforhold både mellom landsdelar og vêrtilhøve. Prinsippet bak å skilje mellom sørpeskred utløyst under godvêr og regnvêr er tilsvarande som dei tidlegare studia Hestnes et al. (1994), Jaedicke et al. (2013). For å skilje ut regnvêrsskreda og tilhøyrande ikkje-skreddøgn blei 19 mm regn tre siste døgn nytta (RR3), då denne RR3-verdien var den lågaste mellom dei 37 registrerte regnvêrsskreda. Dette er ei regnmengde som ikkje er ekstrem nedbørmengder, særleg ikkje om det er jamt fordelt mellom tre døgn. Så truleg har desse regnsituasjonane også inkludert snøsmeltingsfaktorar som vind, relativ luftfuktigheit og netto stråling, men er ikkje er teke høgd for i snøsmeltingsvariabelen (SS).

Sørpeskreda utløyst i godvêr har tydeleg meir snøsmelting (SS) samanlikna med regnvêr (Figur 5-7 og Figur 5-9). Snøsmeltingsmedianen for skreddøgna i godvêr er 25 mm, medan i regnvêr 10 mm. Så godvêrsørpeskreda har dermed hatt 2 og ein halv gong så mykje snøsmelting (SS) som regnvêrsørpeskred. Dette viser tilsvarande tendens som Hestnes et al. (1994). Han undersøkte gjennomsnittet til snøsmeltinga for 80 ulike sørpeskredlokalitetar og fann at sørpeskred under tilsvarande forhold som godvêr hadde nesten sju gonger så mykje snøsmelting som sørpeskred utløyst under forhold som svara til regnvêr i denne oppgåva.

Grunnen til at Hestnes et al. (1994) har funne eit endå større skilje enn denne oppgåva mellom snøsmeltinga er truleg at i Hestnes et al. (1994) også var inkludert snøsmeltingsfaktorar som vind og stråling. Snøsmeltingsvariabelen (SS) frå xGeo er estimert ut frå nedbør og temperatur som inndata til simulering (Engeset og Tveito og Alfnes og et al., 2004). Medan snøsmeltinga i Hestnes et al. (1994) er basert på dagleg energibudsjettmodell for snøsmelting utvikla av Harstveit (1984) som også inkluderer vind, luftfuktigheit og stråling. Så snøsmeltingsvariabelen i xGeo.no vil difor bli underestimert ved kraftig smelting på grunn av vind med høg luftfuktigheit (Figur 2-11) og stråling (Jaedicke et al., 2013).

Hestnes et al. (1994) fann også at sørpeskred under godvêr hadde to og ein halv gong så mykje regn og snøsmelting i forhold til sørpeskred under regnvêr. Resultata i denne oppgåva viser motsett tendens, og regn og snøsmeltinga (RS) under godvêrsørpeskred har berre 70 % av regn og snøsmeltinga under regnvêrsørpeskred.

Også skreddøgna i dei to datasetta Nord-Noregdata og Sør-Noregdata skil seg frå kvarandre, som truleg i størst grad er grunna at dei fleste godvêrsørpeskreda er utløyst i Nord-Noreg,

medan regnvêrsørpeskreda i Sør-Noreg. Nord-Noregdata har 21 mm som median for snøsmelting, medan Sør-Noregdata 11 mm. Noko som viser to gonger så mykje snøsmelting under sørpeskred i Nord-Noreg samanlikna med Sør-Noreg (Figur 5-3 og Figur 5-5). Noregdata har til samanlikning skreddøgn med snøsmeltingsmedian på 12 mm, noko som er nærast skreddøgna i Regnvêrsdata, og er grunna 37 sørpeskred definert som regnvêrsørpeskred, mot 25 godvêrsørpeskred.

6.1.6 Optimal størrelse til klassifikasjonstrea

Trestørrelsen som er foreslått å ha optimal predikativ evne har ikkje i alle tilfelle høgst prestasjon (kapittel 4.4). Grunnen har då vore at klassifikasjonstrea skulle gi fagleg meining i forhold til praktisk bruk, noko som ikkje har passa med størrelsen som gav høgst prestasjon. Sidan dette er ei subjektiv vurdering, vil sjølv optimal predikativ trestørrelse kunne vike frå trestørrelsen som i røynda er optimal.

6.1.7 Kryssvalidering av klassifikasjonstrea

Kryssvalideringa held ein del av datasettet utanom trening, når klassifikasjonstre vert trena og deretter testa med den delen helde utanfor (kapittel 2.5). Kryssvalideringa oppgir på grunn av dette ulik prestasjon mellom kvar gjentakning av kryssvalidering, sjølv med tilsvarande innstillingar (til dømes Figur 5-18 og Figur 5-19). Ei utfordring som ikkje er nemnd i tidlegare studiar som omfattar bruk av kryssvalidering for å finne truverd det til skredtersklar (Davis et al., 1999, Hendriks et al., 2005, Howley, 2007). Funksjonen som sørger for at kvar av deldatasetta vert testa, kvar gong med noko ulike treningsdata er nok med å redusere denne effekta med ulik prestasjon, men tydeleg vis ikkje tilstrekkeleg i for denne oppgåva.

Dette viser at klassifikasjonstret er sensitivt for at ein del av datasettet vert helde utanfor treninga, men er nok avhengig av kva datasett som vert analysert. I denne oppgåva er det stor forskjell mellom variabelverdiane i dei ulike skreddøgna (kapittel 5.1), og gjer at det er få skreddøgn som bygg opp under ulike variabelverdiar. Så når nokon av skreddøgn i kryssvalideringa er helde utanfor trening finn klassifiseringa smothol, slik at kryssvalideringa ikkje er fullgod validering, når det er eitt spesifikt klassifikasjonstre som er meint å bli validert.

For å kunne presentere prestasjonen på ein meir truverdig måte er kryssvalideringa gjenteke 100 gonger, og talet på folds variert for å kunne presentere prestasjonen på best vis. Ved 2-folds har klassifikasjonen i kryssvalideringa stor reduksjon i datasettet nytta til trening, og

klassifikasjonstreet er difor truleg i stor grad ulikt frå klassifikasjonstreet bygd med alle datasettet. Medan dersom talet på folds var høgare enn talet på skreddøgn i datasettet vil, sjølv om klassifikasjonstrea som er bygd på nesten heile datasettet i valideringa, vil dei bli dårleg testa då nokre av testdatasetta ikkje inneheld skreddøgn (Matlab 2015b åtvarar om det er testdatasett som ikkje inneheld skreddøgn).

Så talet på folds i kryssvalideringa som er presentert er ei fagleg subjektiv vurdering på at talet på folds skal vere noko lågare enn talet på skreddøgn, så alle folds nytta til testing skulle ha skreddøgn som kunne bli testa, samtidig som talet på folds ikkje var for lågt, så dei kryssvaliderte klassifikasjonstrea skulle i størst grad vere lik klassifikasjonstreet som skulle bli kryssvalidert.

Eit klassifikasjonstre kan innehalde fleire forgreiningar som fører til skredklassifisering, altså det er fleire tersklar. Kryssvalidering validerer heile klassifikasjonstre samstundes, så det er ingen individuell vurdering av tersklar, men ein felles for tersklane i klassifikasjonstreet. Så etter kryssvalidering er det usikkerheit om kor godt kvar einskild terskel kan prestere for nye.

6.2 Tersklar for sørpeskredfare

50 % av sørpeskreda i Noregdata er utløyst med mindre regn og snøsmelting enn ca. 30 mm (Figur 5-1), medan ca. 2500 døgn utan sørpeskred i same datasett har meir regn og snøsmelting enn dette. Då vasstilførsel er avgjerande for utløysing av sørpeskred, seier dette noko om utfordringa med å predikere sørpeskreda med minst vasstilførsel.

Mange sørpeskred i denne oppgåva er utløyst under meir moderate forhold enn tersklane i Tabell 5-18 og Tabell 5-19, då tersklane representerer for ekstreme verdiar til å famne om fleirtalet. Snøstrukturen vil truleg ha meir å seie for desse sørpeskreda, då liten vasstilførsel kan føre til at eigenskapane til snødekket vert viktigare (Jaedicke et al., 2013). Heller ikkje Jaedicke et al. (2013) eller Vegdirektoratet (2014) inkluderte snøstruktur i sine anbefalte tersklar. Snøstrukturen kan difor vere nødvendig for å predikere sørpeskred med minst vasstilførsel.

6.2.1 Noreg

Den fyrste terskelen predikerer skreddøgn dersom døgnnet har meir enn 23 mm snøsmelting og djupare tele i jorda enn om lag 29 cm (Tabell 5-17). Dette tyder på ei tilpassing mot

godvêrsørpeskred og sørpeskred i Nord-Noreg, som har høvesvise snøsmeltingsmedianar på 25 mm og 21 mm.

Den andre terskelen med mindre enn 23 mm snøsmelting peikar på ei tilpassing mot både regnvêrsørpeskred og sørpeskred i Sør-Noreg som har høvesvis snøsmeltingsmedian på 11 mm og 10 mm. Skreddøgn vert predikert dersom døgnet har mindre enn 23 mm snøsmelting (SS), men meir enn 87 mm regn (RR), og meir enn 236 mm regn siste tre døgn (RR3) (Tabell 5-17). Denne terskelen er forenkla, men har likevel tilsvarende praktisk verdi.

For kryssvalideringa av Noregtre er prestasjonen valt ved 50-folds. Denne kryssvalideringa har ein median på null korrekt predikerte skreddøgn (Figur 5-14 og Figur 5-15). Så truleg vil ikkje Noregtre (Figur 5-13) kunne predikere nye døgn med sørpeskred. Sjølv om Noregtre ikkje predikerer nokon skreddøgn korrekt, og tersklane herifrå ikkje direkte bør nyttast som tersklar i varsling, kan truleg tersklane likevel vise til ein viss auke i faren for sørpeskred.

6.2.2 Nord-Noreg

Nord-Noregtre har tre tersklar, der alle har snøsmelting som fyrste kriterium. To tersklar har snøsmelting over 27 mm som fyrste kriterium (Tabell 5-17). Desse to er tilpassa godvêrsørpeskred.

Fyrste terskelen har kriteria meir enn 27 mm snøsmelting (SS), meir enn 68 mm snøsmelting siste tre døgn (SS3) og vassmettingsgrad i bakken på over 96 % (VMB) (Tabell 5-17). Når snøsmeltinga er over 68 mm snøsmelting siste tre døgn kan det vere rimeleg å tru at snødekket kan bli vassmetta og gi stor avrenning til bakken, og dermed kan ein prosentvis vassmettingsgrad i bakken på 96 % vere ein konsekvens. Høg vassmettingsgrad i bakken hindrar vidare effektiv drenering frå snødekket til bakken, og fører til oppsamling av vatn i snøen. Det nære forholdet mellom grunnforhold og sørpeskredutløysing er trekt fram i Hestnes et al. (1994), og bygg difor opp under denne terskelen.

Den andre terskelen har kriteria meir enn 27 mm snøsmelting (SS), mindre enn 68 mm snøsmelting siste tre døgn (SS3), og mindre enn om lag 190 mm snøvassekvalens (SWE) (Tabell 5-17). Terskelen kan skuldast at ved avgrensa mengde snø ($SWE < 190$ mm), så vil stor snøsmelting (> 27 mm) siste døgn vere nok, og dermed ikkje trenge mange dagar med stor snøsmelting. Stor snøsmelting tre siste døgn (> 67 mm) kan også føre til at det ikkje er

Diskusjon

nok snø igjen til å løyse ut sørpeskred, og eller at dei blir så små at sørpeskreda ikkje blir lagt merke til, og deretter registrert som skreddøgn.

Tredje terskel har mindre enn 27 mm snøsmelting (SS), meir enn 43 cm nysnø siste seks døgn (NSD6), og minst 80 mm nedbør siste døgn (DN) (Tabell 5-17). Nysnø er ein av dei mest utsette snøtypane for sørpeskred (Hestnes, 1998). Då snøsmeltingskriteriet har ein øvre terskel er truleg denne terskelen tilpassa at nedbøren siste døgnet skal kome som regn, og dermed at terskelen er passar for regnvêrsørpeskred.

Kryssvalidering av Nord-Noregtre viser ein stor auke i prestasjonen frå 2- til 25-folds (kapittel 5.2.2). Noko som tyder på at for prestasjonen sin del er det avgjerande at så mange skreddøgn som muleg er med på å trene klassifikasjonstreet. Medan det er mindre avgjerande med mange skreddøgn som kan bli predikert i testdatasett.

25-folds kryssvalidering er valt for å presentere prestasjonen til Nord-Noregtre. Til saman kan 19 % av registrerte sørpeskred bli fanga opp av Nord-Noregtre, og av alle registrerte sørpeskred, kan 67 % av predikasjonane stemme.

6.2.3 Sør-Noreg

Sør-Noregtre syner tre tersklar som kan føre til sørpeskred (Figur 5-21). Fyrste kriterium for tersklane er mindre enn 265 mm nedbør siste tre døgn (DN3), så meir enn dette blir døgn predikert som ikkje-skreddøgn. Då alle døgn i Sør-Noregdata har middeltemperatur over frysepunktet, vil det siste av dei tre døgna som inngår i denne variabelen anten hatt våt snø, sludd eller regn. Medan for dei to fyrste døgna er nedbørsforma uviss.

Over 265 mm tre siste døgn kan indikere at større mengder regn fører til at snødekket har smelta ned til å vere så tynt at sørpeskreda som er utløyst har vore så små at dei ikkje er lagt merke til, eller at det rett og slett har vore for lite snø til utløysing. Slike nedbørsmengder er ekstreme tilfelle, så det er utført ein gjennomgang av døgna som bygg opp under dette kriteriet. Det er to skreddøgn og tre ikkje-skreddøgn. Dei tre ikkje-skreddøgna har anten like mykje eller meir snødjupne enn dei to skreddøgna. Noko som betyr at lite snø ikkje var grunnen for ingen registrerte sørpeskred ved desse tre ikkje-skreddøgna. I ein rask gjennomgang av desse ekstreme ikkje-skreddøgna viste datoane til desse å kunne relaterast til sørpeskred funne i nyheitsartiklar utløyst same dato eller nokre døgn etter. Så bakgrunnen til at Sør-Noregtre ikkje predikerer skreddøgn ved nedbørsmengde over 265 mm er sannsynlegvis at ikkje alle

sørpeskred er fanga opp i sørpeskredregisteret. Så det kan likevel vere sannsynleg med utløyising av sørpeskred om det har vore over 265 mm nedbør tre siste døgn. Prestasjonen til ein terskel på over 265 mm nedbør siste tre døgn er ikkje validert, då kryssvalideringa berre tek føre seg klassifikasjonstre.

Fyrste terskelen i Sør-Noregtre er på grunnlag av mindre enn 265 mm nedbør siste tre døgn, meir enn 121 mm regn og snøsmelting (RS) siste døgn, og mindre enn 154 mm nedbør siste tre døgn (DN3) (Figur 5-21). Døgnet med mest snøsmelting (SS) i Sør-Noregdata hadde 27 mm (Figur 5-5). Så i praksis er terskelen døgn med minst 94 mm regn siste døgn og mindre enn 153 mm nedbør siste tre døgn (Tabell 5-17 og Figur 5-21). Av dei maksimale 154 mm nedbør siste tre døgn vil dermed 94 mm kome siste døgn, så opptil 60 mm kan vere fordelt på dei to føregåande døgn. Så prosessforståelsen bak terskelen er at stor auke i nedbørsmengd kan vere nødvendig for auke i faren for sørpeskred.

Andre terskelen er på grunnlag av mindre enn 265 mm nedbør siste tre døgn (DN3), og mindre enn 121 mm regn og snøsmelting (RS), men meir enn både 24 mm snøsmelting (SS) og 5 cm nysnødjupne siste døgn (NSD6) (Figur 5-21). Ved å leggje saman kriteria kan terskelen tolkast som at nedbørsmengda siste tre døgn må vere mindre enn 265 mm, mindre enn 90 mm regn, meir enn 24 mm snøsmelting, og innslag (> 5 cm) av nysnø siste seks døgn (Tabell 5-17/Figur 5-21).

Feilmarginen til variabelen nysnødjupne siste seks døgn er nok like stor som kriteriet på 5 cm, men det kan likevel vere ein indikator på at i kombinasjon med dei andre kriteria, kan sjølv små mengder nysnø gjere forholda meir utsett for sørpeskred.

Den tredje terskelen har ei lang rekkje med kriterier (Figur 5-21). Denne terskelen er truleg minst truverdig då berre eitt skreddøgn i Sør-Noregdata bygg opp under den lange kriterierekkja. Kriteria er mindre enn 265 mm nedbør tre siste døgn (DN3), mindre enn 121 mm regn og snøsmelting (RS), meir enn 24 mm snøsmelting (SS), mindre enn 5 cm nysnødjupne siste seks døgn, og mindre enn 11 positive daggradar (PDD). Terskelen er godt tilpassa situasjonen for dette eine sørpeskredet, men høver truleg ikkje til å varsle sørpeskredfare. Så terskelen er ikkje teke med i Tabell 5-17.

Kryssvalideringa av Sør-Noregtre (Figur 5-22 og Figur 5-23) viser at 20-folds kryssvalidering har TPR-verdi med median på null for dei hundrede gjentakningane av valideringa, noko også PPV-verdien har. Så Sør-Noregtre er ikkje godt eigna til predikative føremål. Elles har

medianen ved høgare tal folds i kryssvalideringa ein svak negativ trend, og kan bety at prestasjonen ikkje aukar om klassifikasjonstre for Sør-Noreg vert trena med fleire skreddøgn.

6.2.4 Godvêr

Godvêrstre har to tersklar (Figur 5-26), medan ein tredje er manuelt trekt ut frå klassifikasjonstreet. Fyrste terskelen er meir enn 93 mm snøsmelting siste tre døgn (SS3), derav minst 23 mm snøsmelting siste døgnet (SS), samstundes med større enn 12 cm teledjupne (TD) (Tabell 5-17). Kriteriet på 93 mm snøsmelting tre siste døgn er basert på eitt skreddøgn som skil seg markant ut, med om lag 20 mm meir enn nest høgste tilsvarande verdi for skreddøgn (Figur 5-7).

15 døgn (både skreddøgn og ikkje-skreddøgn) Godvêrsdata har hatt over 93 mm snøsmelting siste tre døgn (SS3). Berre skreddøgnet har større teledjupne enn 12 cm. Så om dei 14 ikkje-skreddøgna er korrekt registrert, vil truleg teledjupna, kunne vere avgjerande for utløyning av sørpeskred i dette tilfellet. Prosessforståelsen er at telen hindrar drenering til bakken, og fører til vassoppsamling i snødekket. Eit anna interessant moment er at skreddøgnet har minst snødjupne av alle dei 15 døgna med meir enn 93 mm snøsmelting. Noko som bygg opp under den andre godvêr-tersekelen som har eit øvre kriterium for snøvassekvivalens.

Den andre terskelen har meir enn 27 mm snøsmelting (SS), men mindre enn 70 mm snøsmelting tre siste døgn (SS3), i tillegg større enn 12 cm teledjupne (TD), og mindre enn 220 mm snøvassekvivalens (SWE) (Tabell 5-17). Terskelen kan tolkast som at det kan vere lite snøsmelting dei tre føregåande dagane, men at siste av desse tre døgna må ha stor snøsmelting, altså ei stor auke i snøsmeltinga, samtidig med ei avgrensa mengde snø. Sju skreddøgn bygg opp under denne terskelen (Figur 5-26). Desse er fordelt mellom to tidspunkt (16.05.2010 og 20.05.2013). På desse tidspunkta gjekk det store sørpeskred, og kan dermed tyde på at denne terskelen kan varsle store sørpeskred.

Vidare er ein tredje terskel trekt ut manuelt frå førre terskel. Grunnlaget for dette var eit fleirtal av skreddøgn (9 av 17 døgn) som tilfredsstilte kriteria fram til denne nye terskelen. Terskelen er lik førre terskel, men snøvassekvivalens-kriteriet er fjerna. Terskelen har dermed kriteria meir enn 27 mm snøsmelting siste døgn (SS), mindre enn 70 mm snøsmelting siste tre døgn (SS3), og større enn 12 cm teledjupne (TD). Kryssvalidering er ikkje utført på denne terskelen, men den vil likevel kunne predikere like mange sørpeskred som terskelen med SWE. Fordelen

er at terskelen er meir generell og kan nyttast i fleire situasjonar, medan ulempa er at fleire falske alarmer kan førekome.

Prestasjonen til Godvêstre er størst ved høgt folds tal (Figur 5-26). 20-folds kryssvalidering er valt for å presentere prestasjonen til Godvêstre. Tersklane i Godvêstre kan dermed potensielt fange opp 20 % av sørpeskreda utløyst under forhold definert som godvêr, og av totalen av døgn som blir predikert skreddøgn kan 40 % av desse potensielt bli skreddøgn (kapittel 5.2.4).

6.2.5 Regnvêr

Regnvêstre syner to tersklar (Figur 5-30), medan ein generell tredje terskel er manuelt trekt ut frå Regnvêstre. Fyrste terskelen har kriteria regn og snøsmelting (RRSS) siste døgn større enn 109 mm og meir enn 236 mm regn siste tre døgn (RR3) (Tabell 5-17). Skreddøgna som bygg opp under denne terskelen er to sørpeskred utløyst under ekstremvêr, Dagmar (27.12.2011) og Synne (06.12.2015). På grunn av den ekstreme nedbøren på 236 mm siste tre døgn i denne terskelen er det ikkje overraskande at det er fare for sørpeskred, men terskelen styrkar påstanden at det kan vere fare for sørpeskred når slike sjeldne forhold oppstår.

Truleg er det også ei viss sørpeskredfare når berre det fyrste kriteriet, meir enn 109 mm regn og snøsmelting (RRSS) er oppfylt i den fyrste terskelen. Difor er denne sett opp som ein andre terskel som ikkje har vore validert (Tabell 5-17). Fem skreddøgn i Regnvêrsdata tilfredsstillar terskelen, medan 41 ikkje-skreddøgn (Figur 5-13). Terskelen vil predikere fleire skreddøgn enn dei to andre tersklane frå Regnvêstre, og mange kan vere falske alarmer. Falske alarmer er ein kostnad for å få éin generell terskel som til saman vil predikere fleire skreddøgn korrekt enn dei to andre tersklane frå Regnvêstre.

Den tredje terskelen har tre kriterier. Døgn med meir enn 109 mm regn og snøsmelting (RRSS), mindre enn 236 mm regn siste tre døgn (RR3) og regn (R) mindre enn 86 mm (Figur 5-30). Dersom det vert gått ut frå at regnvariabelen RR er lik den andre regnvariabelen R, kan kriteria RRSS slåast saman med R, og gi det nye kriteriet snøsmelting siste døgn (SS) over 23 mm. Terskelen kan då framstillast med kriteria meir enn 23 mm snøsmelting siste døgn (SS), samtidig som mindre enn 236 mm regn tre siste døgn. Denne terskelen som eigentleg skal representere sørpeskred utløyst under regnvêr har eit nedre kriterium på snøsmelting og ikkje regn. Regnvêrsdata viser at skreddøgn som bygg opp under denne terskelen er frå rundt 20. mai 2010, med mykje snøsmelting, og minst 19 mm regn siste

tre døgn (RR3). Difor er denne terskelen tilpassa godvêrsørpeskred, sjølv om datasettet som er nytta til å lage terskelen i all hovudsak har regnvêrsørpeskred, så denne terskelen er ikkje teke med i Tabell 5-17. Dette fortel noko om kor vanskeleg det er å skilje døgn med regnvêrsørpeskred frå ikkje-skreddøgn basert på hydrometeorologiske variablar.

For Regnvêrstre er TPR- og PPV-medianen ved alle tal av folds på null. Noko som viser at tersklane i Regnvêrstre truleg ikkje er eigna til predikasjon av skreddøgn.

6.3 Predikasjon med tersklar i klassifikasjonstre

6.3.1 Noregtre

Noregtre (Figur 5-13) presterer ikkje uventa å predikere skreddøgn i Noregdata, men predikerer også skreddøgn i Nord-Noregdata, Godvêrsdata og Regnvêrsdata (Figur 5-33). Då Noregtre er trena med alle datasetta vert predikasjonane her eit erstatningsestimat (resubstitution estimate), og vil kunne gi kunstig høg prestasjon til Noregtre (Breiman et al., 1984).

Noregtre har høgst prestasjon ved predikasjon av Regnvêrsdata, der 8 % prosent av skreddøgna blir predikert, og ingen falske alarmer. Noko som viser at Noregtre presterer betre i predikasjon av Regnvêrsdata enn sine egne treningsdata, der 5 % av skreddøgna vert predikert. Dette kan difor bety at Noregtre vil ha større prestasjon når dei vert nytta for predikasjon av sørpeskred under regnvêr i staden for sørpeskred ved alle vêrtilhøve.

Noregtre presterer ikkje å predikere nokon av skreddøgna i Sør-Noregdata (Figur 5-33). Grunnen til dette er at Sør-Noreg har flest regnvêrsørpeskred. Så regnvêrsørpeskreda som er korrekt predikert, må difor vere lokalisert til Nord-Noreg. Landsdelforskjellen er truleg meir tilfeldig, enn at det vil vere ein generell trend for predikering av nye sørpeskred.

Svakheita med predikasjon med Noregtre på dei andre datasetta i oppgåva, er at Noregtre har vore trena med alle døgn i datasetta som blir predikert.

6.3.2 Nord-Noregtre

Predikasjonen med Nord-Noregtre av Sør-Noregdata er i eit perspektiv av predikasjon av nye data den mest truverdige i predikering og tilhøyrande prestasjon (Figur 5-34). Dette på grunn

av at Nord-Noregtre ikkje er trena med døgn i Sør-Noregdata. For dei andre datasetta vil det vere overlapp. Noko som gjer at klassifikasjonstreet i større eller mindre grad er tilpassa døgn som blir predikerte. Så for eit uavhengig mål for kor godt Noregtre, Godvêrstre og Regnvêrstre fungerer for predikasjon av kvarandre må det nye sørpeskred data til.

Likevel kan predikasjonane bli sett på som ei rettesnor for kva klassifikasjonstre som kan nyttast for aktuelt område eller vêrtilhøve som kvart datasettet representerer. Nord-Noregtre har høg prestasjon for predikasjon av Godvêrsdata (Figur 5-34), noko som reflekterer dei mange sørpeskreda utløyst under godvêr i Nord-Noreg. Medan Nord-Noregtre predikerer dårleg regnvêrsørpeskred. Framtidig predikasjon av sørpeskred har truleg lik fordeling av regn- og godvêrsørpeskred mellom landsdelane Nord-Noreg og Sør-Noreg. Som oppsummering kan Nord-Noregtre i størst grad anbefalast for predikasjon av sørpeskred under godvêr.

6.3.3 Sør-Noregtre

Til trass for at vel 75 % av sørpeskreda i Sør-Noregdata er utløyst under regnvêr (Figur 5-5), predikerer Sør-Noregtre fleire skreddøgn korrekt i Godvêrsdata enn Regnvêrsdata (Figur 5-35). Noko som kan reflektere at det er enklare å setje tersklar for skreddøgn i Godvêrsdata enn i Regnvêrsdata (kapittel 5.2.4 og 5.2.5). Sør-Noregtre ikkje presterer å predikere nokon skreddøgn i Nord-Noreg, men som nemnd tidlegare vil truleg forskjellen mellom Sør-Noreg og Nord-Noreg jamne seg ut for større tidsrom. Sjølv om det kan vere enkelt å trekkje konklusjonen at Sør-Noregtre er mest eigna til predikasjon av sørpeskred i Sør-Noreg under godvêr, vert berre anbefalinga at Sør-Noregtre vil kunne ha høgst prestasjon ved predikasjon av godvêrsørpeskred.

6.3.4 Godvêrstre

Ved predikasjon av Noregdata presterer både Godvêrstre og Nord-Noregtre betre enn Noregtre sjølv (Figur 5-33, Figur 5-34 og Figur 5-35). Godvêrstre predikerer nesten kvart femte skreddøgn i Nord-Noregdata korrekt, noko som truleg i stor grad reflekterer at det er mykje av tilsvarande data i Nord-Noregdata, som dei data Godvêrstre har vore trena med. Som forventa predikerer Godvêrstre lite korrekt i Sør-Noregdata, då det i Sør-Noregdata er flest sørpeskred utløyst ved regnvêr og ikkje godvêr. Så for framtidige predikasjonar bør truleg Godvêrstre i størst grad nyttast for predikasjon av sørpeskred utløyst i godvêr.

6.3.5 Regnvêrstre

Regnvêrstre predikerer flest av skreddøgna korrekt i Regnvêrsdata med 8 % og 7 % i Sør-Noreg. Noko som er relativt få korrekt predikerte skreddøgn i forhold til korleis Nord-Noreg, Sør-Noreg og Godvêrstre predikerer.

Så regnvêrsørpeskred viser seg å vere meir utfordrande å predikere enn godvêrsørpeskred. Dette stemmer overeins med at sjølv om Sør-Noreg i hovudsak er bygd opp av Regnvêrsdata, gir treet likevel betre predikasjon av Godvêrsdata enn Regnvêrsdata. Sjølv om Regnvêrstre ikkje predikerer så mange skreddøgn korrekt, så predikerer det ikkje nokon falske alarmer for nokon av dei andre datasetta (Figur 5-37).

6.4 Samanlikning med tersklar frå andre studiar

Litteratursøk viste at berre Jaedicke et al. (2013) og Vegdirektoratet (2014) har foreslått terskelverdiar til nytte for vurdering av sørpeskredfare. Jaedicke et al. (2013) foreslo terskelverdi for sørpeskred som er tilpassa både som godvêrsørpeskred og regnvêrsørpeskred. Terskelen var på 50 mm regn innanfor eitt døgn med eit tillegg av 30 – 50 mm snøsmelting. Denne er basert på fem sørpeskredhendignar, der tre av desse er i denne oppgåva karakterisert som regnvêrsørpeskred, medan godvêrsørpeskred for dei to andre hendingane. Fire av dei fem hendingane er inkludert i denne oppgåva.

Snøsmeltinga i terskelen kan ikkje vere retta direkte mot snøsmeltingsvariabelen i xGeo (per februar, 2016), då denne snøsmeltinga for dei to regnvêrsørpeskreda viser berre 7 til 10 mm. Så truleg har terskelen til Jaedicke et al. (2013) eit mellomlegg som omtrentleg representerer underestimeringa av snøsmelting på grunn av manglande vind, fuktigheit og stråling. For ingen av dei 37 regnvêrsørpeskreda i denne oppgåva hadde meir snøsmelting (SS) enn 30 mm.

Vegdirektoratet (2014) sin terskel for regnvêrsørpeskred er ca. 50 mm nedbør per døgn, som er tilsvarande nedbørmengde som Jaedicke et al. (2013), men inkluderer ikkje informasjon om snøsmelting, som vil oppstå under slike forhold.

Denne oppgåva foreslår fem tersklar for regnvêrsørpeskred (Tabell 5-19). Der ein av desse er uavhengig av forholda føregåande dagar slik som tersklane i Jaedicke et al. (2013) og Vegdirektoratet (2014). Terskelen har eitt kriterium med meir regn og snøsmelting (RRSS)

enn 109 mm, og er noko meir enn terskelen i Jaedicke et al. (2013) på 80 – 100 mm regn og snøsmelting.

Om lag 30 mm snøsmelting er den høgste registrerte snøsmeltinga ved eit skreddøgn i Regnvêrsdata (kapittel 5.1.5). Om denne verdien vert trekt frå terskelen på 109 mm regn og snøsmelting (RRSS) er det ca. 80 mm regn mot Vegdirektoratet (2014) sine ca. 50 mm regn.

Dersom terskelen på 109 mm regn og snøsmelting per døgn hadde vore sett lågare ville det truleg ha blitt mange fleire falske alarmer, noko som Jaedicke et al. (2013), Vegdirektoratet (2014) ikkje tek for seg i sine tersklar. Likevel vil lågare kriterium i tersklar fange opp fleire sørpeskred, men truleg gi fleire falske alarmer enn terskelen i denne oppgåva.

Vegdirektoratet (2014) anslår ein terskel for godvêrsørpeskred, med kriteriet 50 mm snøsmelting eventuelt kombinert med noko regn per døgn, og kan samanliknast med godvêrsterskelen med kriteria meir enn 23 mm snøsmelting siste døgn (SS) og minst 19 mm regn siste tre døgn (Tabell 5-18). Så for snøsmeltingskriteriet ligg Vegdirektoratet (2014) om lag 27 mm høgare enn denne godvêrsterskelen. Høgste snøsmelting (SS) siste døgn ved skreddøgn i Godvêrsdata var 32 mm (Figur 5-7).

For at snødekke skal bli involvert i sørpeskred skriv Vegdirektoratet (2014) at erfaringsmessig må snødjupna vere minst 50 cm. Om lag 50 % av sørpeskreda av dei 59 sørpeskreda i denne oppgåva har hatt estimert snødjupne (SD) mindre enn 50 cm.

Terskelverdiane som kjem fram i denne oppgåva (Tabell 5-18 og Tabell 5-19) har andre terskelverdiar enn Jaedicke et al. (2013) og Vegdirektoratet (2014). Dette er truleg grunna eit breiare datagrunnlag, altså fleire skreddøgn og ikkje-skreddøgn enn det som tidlegare har vore nytta.

6.5 Samanlikning med dagens sørpeskredvarsling

NVE si varsling for sørpeskredfare tek utgangspunkt både i tidlegare studie og erfaring frå varslingssituasjonar. Ved prognosar på meir enn 40 mm regn og snøsmelting (RS) vert farenivået vurdert om det er grunn til å varsle høgare fare enn generelt trygge forhold (NVE, 2015). Desse vurderingane vert i stor grad basert på kva snøstruktur som er observert i regionen der regnet og snøsmeltinga er prognostisert å oppstå. I vurderinga blir også

hindringar for drenering til bakken under snødekket som tele og høg grunnvasstand teke med. Det vert ikkje skilt mellom ulike tersklar for når fare for sørpeskred vert vurdert.

Til samanlikning viser tersklane i denne oppgåva at det er store skilje i kor mykje regn og snøsmelting det kan forventast blir framstilt ved dei ulike utløysingsforholda. Det kan ikkje forventast noko større regnmengder i det døgnet godvêrsørpeskred vert utløyst og kriteriet på snøsmeltinga (SS) spenner seg frå meir enn 22 - 27 mm per døgn. Så for godvêrsørpeskred kan 40 mm regn og snøsmelting siste døgn vere ein for høg terskel.

Den mest generelle terskelen for regnvêrsørpeskred har i denne oppgåva kriterium på meir enn 109 mm regn og snøsmelting (RRSS) (Tabell 5-19). Noko som er langt meir enn det kriteriet i dagens varsling viser. Dette kan vere på grunn av at sørpeskred truleg kan verte utløyst med mindre vasstilførsel om snødekket inneheld utsette snøstrukturar (Jaedicke et al., 2013), der gode indikasjonar på dette kan kome frå regObs.no.

6.6 Varslingsverdi av tersklane

Tersklane vil kunne varsle eit fåtal av sørpeskreda som kjem til å gå i framtida (kapittel 6.2), noko som er grunna av at dei nytta hydrometeorologiske variablar (Tabell 4-1) for dei fleste døgn med sørpeskred, ikkje viser skilnad frå døgn utan.

Når det er funne skilnadar mellom skreddøgn og ikkje-skreddøgn, er tersklane som framstiller skilnaden gjerne for skreddøgn som sjølv mellom ulike skreddøgn er ekstreme. Difor er kriteria i tersklane meir ekstreme enn mange av sørpeskreda som kan forventast. Likevel syner prognosar for Noreg forventningar om meir nedbør, og hyppigare frekvens av ekstremnedbør som kan resultere i fleire sørpeskred (Vegdirektoratet, 2014). Dermed kan det forventast at tersklane for regnvêrsørpeskred (Tabell 5-19) vert viktigare i tida som kjem.

Valideringa viste at tersklane i liten grad kan predikere nye sørpeskred (kapittel 5.2), og er truleg grunna den store forskjellen mellom hydrometeorologiske variabelverdiar ved utløysing av ulike sørpeskred. Observasjonsperioden som har strekt seg frå 2010 til 2016, har ikkje vore tilstrekkeleg tid til at dei ekstreme hydrometeorologiske hendingane har gjenteke seg nok gonger til at valideringa har hatt eit godt grunnlag. Om delen registrerte sørpeskred i forhold til det verkelege talet på sørpeskred aukar i tida framover, vil ein kunne teste tersklane frå denne oppgåva på ein god måte. Slik resultata frå valideringa i denne oppgåva viser, bør ikkje

tersklane direkte nyttast for regional varsling av sørpeskredfare, men dei kan godt brukast som støtte til varsling.

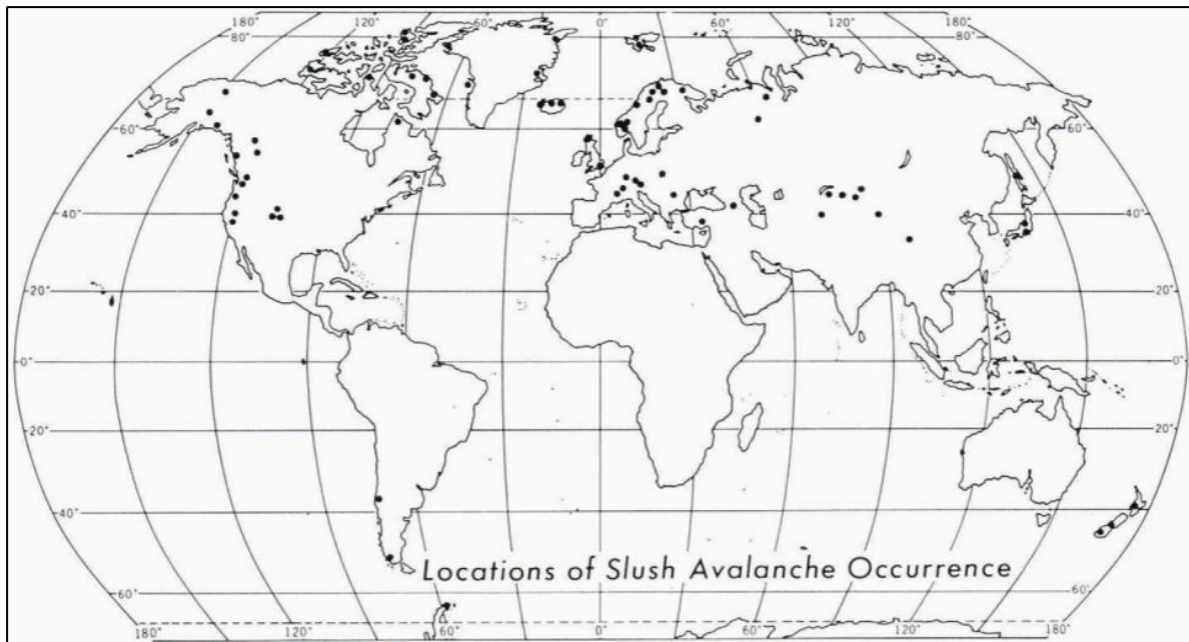
Komande sørpeskred som ikkje blir fanga opp av tersklane i denne oppgåva (Tabell 5-18 og Tabell 5-19), vil truleg kunne forklarast med variablar som inkluderer snøstruktur, eller variablar som i større grad representerer verkelegheita, der tiltak er å inkludere vind, fuktigheit og stråling i snøsmeltingsvariabelen.

6.7 Global nytte av tersklane

Sørpeskred kan bli utløyst i område med snø, uavhengig av lokalitet. Etter ei stor rundspørjing av Onesti og Hestnes (1989) kom det tilbakemelding om observerte sørpeskred i alle verdsdelar utanom Afrika (Figur 6-1).

Tersklane i denne oppgåva er oppbygd av sørpeskred utløyst i eitt vidt spekter av ulike snødekke: Snødekke som har vore utsett for kulde gjennom store delar av vinteren, snødekke som har gått gjennom mange rundar med nysnø, regn og kulde om kvarandre, fleirårig snø, og ikkje minst eksepsjonell snøsmelting av midnattssol i mai. Truleg representerer dette i stor grad snødekket som ein kan forvente globalt. Så tersklane med den inkluderte usikkerheita kan brukast globalt på lik linje som i Noreg.

Den globale nytten av terskelverdiane er større for varsling av fare for sørpeskred samanlikna med jordskred som har mykje av dei same utløysingsmekanismane. Avhengig om område er innland eller kyst, vil snødekket ha tilsvarende variasjonar globalt, og dermed kan hydrometeorologiske tersklar for sørpeskredfare også nyttast globalt. Til forskjell varierer tersklar for jordskredfare mellom regionar. Til dømes trengs det høgare intensitet av regn på Vestlandet enn tørrare delar av Austlandet (Meyer et al., 2012). Dette kan vere grunna at lausmassane gjennom åra etter avsetting gradvis har tilpassa seg klimaet, som Vestlandet med høgare regnintensitet. Snødekket som årleg akkumulerer og smeltar, vil ikkje på same måte få tilpasse seg klimaet til ulike regionar, og vil kunne vere like utsett uavhengig av region eller land.



Figur 6-1: Den globale utbreiinga av sørpeskred. Svarte runde prikkar syner kvar sørpeskred oppstår, og er stadar som tersklane frå dette studiet kan bidra til varsling av sørpeskredfare (Onesti og Hestnes, 1989).

Utfordringa ved å nytte terskelverdiane globalt kan vere dei hydrometeorologiske variablar er ulikt estimert mellom forskjellige land. Ulik estimering kan føre til annleis bias for under- og overestimering, og dermed kunne trenge tilpassing for å fungere like godt som i Noreg.

7 Konklusjon

I denne studien er det funne 12 tersklar for sørpeskredfare basert på forholda ved 58 lokalitetar med 59 sørpeskred mellom 2010 og 2016. Det er skilt mellom tersklar for godvêrsørpeskred og regnvêrsørpeskred. Tersklane inneheld kriterier av til saman 12 ulike hydrometeorologiske variablar. Samanlikna med tidlegare terskelstudie på sørpeskred er at tersklane her er kalibrert i forhold til ikkje-skreddøgn.

Tersklane for godvêrsørpeskred har i seks av sju tilfelle snøsmelting siste døgn som det viktigaste terskelkriteriet, der verdien varierer mellom 23 mm og 27 mm. Nest viktigaste terskelkriteriet til faren for godvêrsørpeskred er teledjupne som ved fire av tersklane varierer mellom 12 cm og 29 cm, også snøsmelting siste tre døgn utpeikar seg som viktig, og ligg på ca. 70 mm. Ved mindre snøsmelting enn dette har tre tersklar også kriterium på snøvassekvalens mindre enn om lag 200 mm, truleg på grunn av at lite snø treng mindre vasstilførsel for at snødekket skal bli vassmetta. Medan ved kriterium meir enn ca. 70 mm snøsmelting siste tre døgn, er tilleggskriteriet større vassmettingsgrad i bakken enn 96 %. Tersklane med kriterium minimums teledjup og vassmettingsgrad i bakken byggjer opp under teorien om at hindringar for drenering av vatn til bakken er viktig for utløyning av sørpeskred.

Regnvêrsørpeskred sine tersklar har både regn og snøsmelting siste døgn som det viktigaste kriteriet. Verdien til kriteriet er meir regn og snøsmelting siste døgn enn 109 mm. Ein annan terskel har nysnødjupne siste seks døgn på meir enn 43 cm som eit viktig kriterium, med eit tilleggskriterium på meir enn 80 mm nedbør siste døgn. Dette byggjer opp under teorien om at nysnø er utsett for sørpeskred.

Regnvêrsørpeskreda i denne oppgåva har estimert meir vasstilførsel enn godvêrsørpeskreda, og er reflektert i tersklane. Hestnes et al. (1994) estimerte det omvendte. Estimatet av høgare vasstilførsel for sørpeskred i Sør-Noreg i forhold til Nord-Noreg er forventet å jamne seg ut mellom tidsperiodar på tiår.

Størstedelen av sørpeskred kan ikkje verte varsla med tersklane funne i denne oppgåva, og viktige grunnar til dette er:

- a. Mellom dei hydrometeorologiske variablane som bidreg til vasstilførsel er kriterium i tersklane så høge at berre dei ytterleggående sørpeskreda overstig kriterium.

Konklusjon

- b. Den vesentlege delen av vasstilførsla, snøsmeltingsvariabelen er underestimert på grunn av manglane inkluderte faktorar som stråling, vind og luftfuktigheit.
- c. Tersklane tek ikkje føre seg snøstrukturar som kan ha stabilisert snøen ved tilfelle der ikkje-skreddøgn har hatt meir vasstilførsel enn mange av skreddøgna.
- d. Datasetta inneheld ei uviss mengde ikkje-skreddøgn som i realiteten er skreddøgn.

Desse momenta kan også ha bidrege til svake valideringsresultat av klassifikasjonstrea som inneheldt tersklane. Tersklane med høgst prestasjon fekk estimert at ca. 20 % av registrerte sørpeskred kan bli korrekt predikert, medan av alle predikerte sørpeskred kan 40 % til nesten 70 % vere korrekt. Tersklane med lågast prestasjon fekk estimert ingen predikativ evne. På grunn av at datasetta har eit relativt lågt tal skreddøgn i forhold til ikkje-skreddøgn, blir utvalet av skreddøgn som tersklane testast på lite. Så valideringsresultata bør ikkje ubetenksomt brukast. På grunn av tersklane sin låge forklaringsprosent og usikre valideringsresultat bør tersklane berre brukast som eit grunnlag og støtte for varsling av regional sørpeskredfare.

8 Vidare arbeid

For å få ei validering av tersklane som i endå større grad reflekterer verkelegheita, kan tersklane verte testa på sørpeskred før 2010, og ikkje minst framtidige sørpeskred. Strukturering og foredlinga av datagrunnlaget kan gjerast på andre måtar og dette kan anten bekrefte tersklane frå denne oppgåva eller også avsløre nye tersklar. Ein database med større registreringsprosent av utløyste sørpeskred vil vere gunstig, og særleg med fokus på sørpeskred utløyst under meir moderate forhold.

For å auke prestasjonen til tersklane, så fleire av utløyste sørpeskred kan bli fanga opp av tersklane, kan det utviklast hydrometeorologiske variablar som er endå nærare verkelegheita. Vidare vil også inkludering av snøstruktur kunne openberre ulike terskelverdiar for bestemte snøstrukturar som til dømes begerkrystallar, nysnø og kohesjonslaus grovkorna snø.

9 Referansar

- Bakkehøi, S.; Hestnes, E. 2010. Prediction of slushflow hazard based on data from local meteorological stations. *2010 International Snow Science Workshop*, 660-663.
- Boje, S.; Colleuille, H.; Devoli, G. 2014. Terskelstudier for utløsning av jordskred i Norge. *NVE rapport nr.43 2014*.
- Breiman, L.; Friedman, J. H.; R., O. A.; Stone, C. J. 1984. *Classification and regression trees*, Wadsworth.
- Cepeda, J.; Sandersen, F.; Ehlers, L.; Bell, R.; De Luca, D. 2012. 1B9 - Kritisk nedbørsintensitet for utløsning av løsmasseskred. *NGI rapport*.
- Colleuille, H.; Engen, I. K. 2009. Utredning om overvåking og varsling av løsmasse- og snøskredfare på regionalt nivå. *NVE dokument 16*.
- Davis, R. E.; Elder, K.; Howlett, D.; Bouzaglou, E. 1999. Relating storm and weather factors to dry slab avalanche activity at Alta, Utah, and Mammoth Mountain, California, using classification and regression trees. *Cold Regions Science and Technology*, 30, 79-89.
- Dell-Inc. 2013. *Statistics: Methods and Applications*.
- Duda, R. O.; Hart, P. E.; Stork, D. G. 2000. *Pattern Classification*, A Wiley-Interscience Publication.
- Engeset, R. 2013. Hvordan lages vær- og snødata for seNorge.no og XGEO.no? *NVE notat*.
- Engeset, R. 2015. How are weather and snow data produced for seNorge.no and XGEO.no? *NVE notat*.
- Engeset, R.; Tveito, O. E.; Alfnes, E.; Mengistu, Z.; Udnæs, H.-C.; Isaksen, K.; Førland, E. J. 2004. Snow map system for Norway. *XXIII Nordic Hydrological Conference 2004*, 112-121.
- Engeset, R.; Tveito, O. E.; Udnæs, H.-C.; Alfnes, E.; Mengistu, Z.; Isaksen, K.; Førland, E. J. 2004. Snow map validation for Norway. *XXIII Nordic Hydrological Conference 2004*, 122-131.
- Gauer, P. 2004. Numerical modeling of a slushflow event. *2004 International Snow Science Workshop*, 39-43.
- Harstveit, K. 1984. Snowmelt modelling and energy exchange between the atmosphere and a melting snow cover. *Univ. of Bergen, Geophys. Inst., Sci. Report 4*.
- Hendrikx, J., Murphy, M., Onslow, T. 2014. Classification trees as a tool for operational avalanche forecasting on the Seward Highway, Alaska. *Cold Regions Science and Technology* 97, 113-120.
- Hendrikx, J.; Owens, I.; Carran, W.; Carran, A. 2005. Avalanche activity in an extreme maritime climate: The application of classification trees for forecasting. *Cold Regions Science and Technology* 43, 104-116.
- Hestnes, E. 1985. A contribution to the prediction of slush avalanches. *Annals of Glaciology*, 6, 1-4.
- Hestnes, E. 1998. Slushflow hazard - where, why and when? 25 years of experience with slushflow consulting and research. *Annals of Glaciology*, 26, 370-376.

- Hestnes, E.; Bakkehøi, S. 2004. Slushflow hazard prediction and warning. *Annals of Glaciology*, 38, 45-51.
- Hestnes, E.; Bakkehøi, S.; Kristensen, K. 2012. Slushflow formation, flow regimes and consequences. *2012 International Snow Science Workshow, Anchorage, Alaska*, 414-419.
- Hestnes, E.; Bakkehøi, S.; Sandersen, F.; L., A. 1994. Weather and snowpack condition essential to slushflow release and downslope propagation. *1994 International Snow Science Workshop*, 40-57.
- Hestnes, E.; Kristensen, K. 2010. The diversity of large slushflows illustrated by selected cases. *2010 International Snow Science Workshop*, 348-355.
- Hestnes, E.; Sandersen, F. 1987. Slushflow activity in the Rana district, North Norway. *International Association of Hydrological Sciences (IAHS)*, Publ.no. 162, 317-330.
- Howley, E. K. 2007. Snow Avalanche Prediction in Grasdalen, Norway. Application of wind drift factors and classification trees. *Masteroppgåve, Universitetet i Oslo*.
- Jaedicke, C.; Høydal, Ø. A.; Midtbø, K. H. 2013. Identification of slushflow situations from regional weather models. *International Snow Science Workshop Grenoble - Chamonix Mont-Blanc - 2013*, 177-182.
- Jaedicke, C.; Kern, M. A.; Gauer, P.; Baillifard, M.-A.; Platzer, K. 2008. Chute experiments on slushflow dynamics. *Cold Regions Science and Technology*, 51, 156-167.
- Maimon, O.; Rokach, L. 2010. Data Mining and Knowledge Discovery Handbook. *Springer Science+Business Media, LLC 2010*, 2. utgåve.
- Markham, K. *Data School* [Online]. Tilgjengeleg på: <http://www.dataschool.io/simple-guide-to-confusion-matrix-terminology/> [Lesen 10.06.2016].
- Mathworks. *Fitctree* [Online]. Tilgjengeleg på: <http://se.mathworks.com/help/stats/fitctree.html?refresh=true#bt6csd1-2> [Lesen 31.05.2016].
- Mathworks. *Supervised Learning Workflow and Algorithms* [Online]. Tilgjengeleg på: <http://se.mathworks.com/help/stats/supervised-learning-machine-learning-workflow-and-algorithms.html#bswluhd> [Lesen 02.06.2016].
- McClung, D.; Schaerer, P. 2006. *The Avalanche handbook*, The Mountaineers Books.
- Meyer, N. K.; Dyrddal, A. V.; Frauenfelder, R.; Etzelmüller, B.; Nadim, F. 2012. Hydrometeorological threshold conditions for debris flow initiation in Norway. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 3059-3073.
- Mohr, M. 2008. New Routines for Gridding of Temperature and Precipitation Observations for "seNorge.no". *Meteorologisk institutt, notat nr.08*.
- Myhre, Ø. 2009. Frost i jord 2009. *Statens vegvesen Publikasjon*, Teknologiavdelingen nr.110.
- NVE 2015. Beslutningsskjema for sørpeskredfare. *NVE, internt notat*.
- NVE; Statens vegvesen; Jernbaneverket; met.no; Kartverket. *Om xgeo* [Online]. Tilgjengeleg på: <http://www.xgeo.no/aboutXgeo.html?show=on> [Lesen 06.10.2015].

Referansar

- NVE a. *Faktaark: "Hva er sørpeskred?"* [Online]. Tilgjengeleg på: <http://varsom.no/Global/Faktaark/Fakta%206-13%20s%c3%b8rpeskred.pdf> [Lesen 14.04.2016].
- NVE b. *HBV-modellen* [Online]. Tilgjengeleg på: <https://www.nve.no/hydrologi/analysemetoder-og-modeller/hbv-modellen/> [Lesen 10.10.2016].
- NVE c. *xGeo.no -et føre var verktøy for varsling og beredskap* [Online]. Tilgjengeleg på: <http://www.xgeo.no/> [Lesen 07.04.2016].
- Onesti, L. J. 1985. Meteorological conditions that initiate slushflows in the Central Brooks Range, Alaska. *Annals of Glaciology*, 6, 23-25.
- Onesti, L. J.; Hestnes, E. 1989. Slush-flow questionnaire. *Annals of Glaciology*, 13.
- Rapp, A. 1960. Recent development of mountain slopes in Kärkevage and surroundings, northern Scandinavia. *Geografiska Annaler*, 42, 65-200.
- Saloranta, T. 2012. Simulating snow maps for Norway: description and statistical evaluation of the seNorge snow model. *The Cryosphere*, 6, 1323-1337.
- Sayad, S. *An Introduction to Data Mining* [Online]. Tilgjengeleg på: http://www.saedsayad.com/decision_tree.htm [Lesen 12.05.2016].
- Scherer, D.; Groebke L.; Parlow, E. 2000. Photogrammetric Analysis of a Slush Torrent in the Karkevage, Northern Sweden. *Nordic Hydrology*, 31, 385-398.
- Shuttleworth, W. J. 2012. *Terrestrial Hydrometeorology*, Wiley-Blackwell.
- Stokland, J. N.; Bakkestuen, V.; Bekkby, T.; Rinde, E.; Skarpaas, O.; Thygeson, A. S.; Yoccoz, N. G.; Halvorsen, R. 2008. Prediksjonsmodeller som verktøy for kartlegging, overvåking og forvaltning av biologisk mangfold - anvendelse, utviklingspotensial og utfordringer. *Naturhistorisk museum (Oslo) Rapport 1: 1-72*.
- Sund, M. 2014. Jord- og sørpeskred i Sør-Norge, mai 2013. *NVE rapport nr.52 2014*.
- Tveit, J. 2011. Flomskred - utløsningsårsaker, karakteristiske geomorfologiske trekk og utløpsdistanser. *Msc. oppgåve, NTNU*.
- Tveito, O. E.; Bjørdal, I.; Skjelvåg, A. O.; Aune, B. 2005. A GIS-based agro-ecological decision system based on gridded climatology. *Meteorological Applications*, 12, 57-68.
- Vegdirektoratet 2014. Flom- og sørpeskred. *Håndbok*, V139.
- Walberg, N. A. K.; Devoli, G. 2014. Regional varsling av jordskredfare: Analyse av historiske jordskred, flomskred og sørpeskred i Gudbrandsdalen og Ottadalen. *NVE rapport nr.44 2014*.
- Ward W. H.; Orvig S. 1953. The glaciological studies of the Baffin Island expedition 1950 - Part IV. The heat exchange at the surface of the Barnes Ice Cap during the ablation period. *Journal of Glaciology*, 158-172.
- Øydvin, E. K. 2011. Plan for skredfarekartlegging. *NVE rapport nr.14 2011*.

10 Vedlegg

10.1 Sjekkliste for sørpeskredfare

Tabell 10-1: Sjekklista per 11.11.16 som jordskredvarslinga går ut frå ved regional farevurdering av sørpeskredfaren (Jordskredvarslinga ved NVE).

Sørpeskredfare	
Snø og snø-struktur Noter minst en gang i vaktperioden etter kontakt med snøskredvarslingas vaktleder <i>Er det grovkornet snø, kantkornet snø, begerkrystaller, nysnø (ikke vinnpakket)</i> <i>Sjekk ev. snøskredvarsler på varsom</i> <i>Sjekk ev. registreringer i regObs</i>	
Snørapport varsom.no/Snorapporter/ Sjekkes en gang i vaktperioden. Brukes mest som bakgrunnsinfo. Ikke nødvendig å notere alt ned.	
Vanntilførsel snø	
Regn og snøsmelting under sørpeskred med alternative fargeskala	
Snødybde	
Snøtilstand	
Teledyp (cm)	
Døgntemperatur	
<i>Temperaturendring</i>	
<i>Snøsmelting</i>	
<i>Begerkrystallindeks (modell er i startfase)</i>	
<i>Vindhastighet (maksverdi, under snøskred)</i>	
<i>Satellittbilder MODIS – snødekningsgrad</i>	