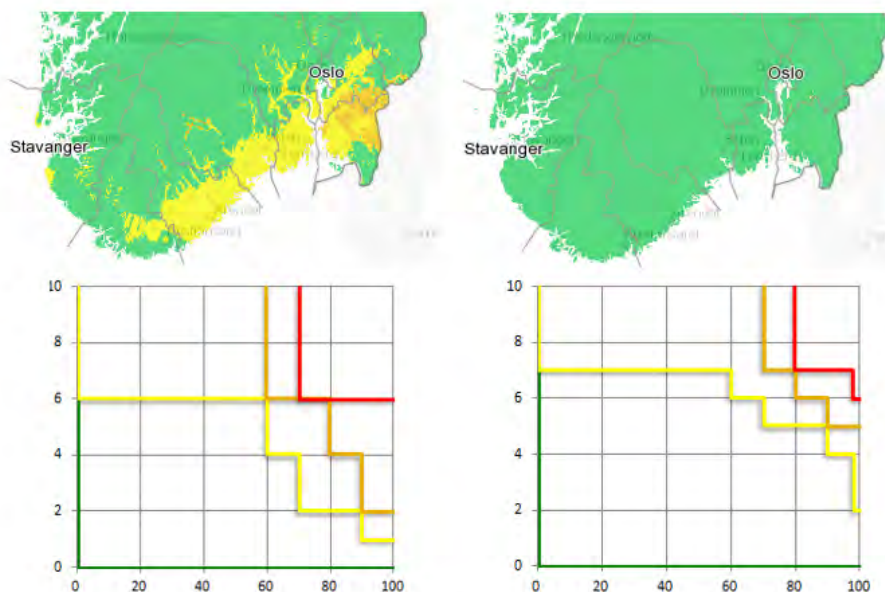




Hydrometeorologiske terskler for jordskredfare på Sørlandet og Østlandet

Søren Boje

64
2017



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 64-2017

Hydrometeorologiske terskler for jordskredfare på Sørlandet og Østlandet

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Søren Boje

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 10

Forsidefoto: Terskler for jordskredfare; Hydmet (tv.) og Hydmet Sørlandet (th.)

ISBN 978-82-410-1617-2

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Rapporten beskriver de hydrometeorologiske tersklene som brukes av jordskredvarslingen for regionene Sørlandet og Østlandet. De nye tersklene er basert på en manuell justering av de landsdekkende tersklene i Hydmet-indeksen. Det er tatt utgangspunkt i erfaringen som jordskredvarslingen har oppbygget siden 2013. De nye tersklene har bidratt til å redusere antallet av falske alarmer betraktelig.

Emneord: Jordskredfare, varsling, hydrometeorologi, terskler, regional skala, Sørlandet, Østlandet.

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

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

Juni 2017

Innhold

Forord	2
Sammendrag	4
Summary	4
1 Innledning	5
2 Bakgrunn	5
2.1 Varsling av regional jordskredfare	5
2.2 Tidligere terskelstudier ved NVE	6
3 Data	7
3.1 Studieområder	7
3.2 Hydrometeorologiske variabler	8
4 Metodikk	9
4.1 Evaluering av dager med og uten registrerte skred	9
4.2 Etablering av nye terskler	9
4.3 Feilkilder	10
5 Analyse	11
5.1 Sørlandet	11
5.2 Østlandet	14
6 Validering	16
7 Konklusjon	17
Referanser	18

Forord

Erfaringen med operasjonell jordskredvarsling ved NVE, Hydrologisk avdeling, fra oppstarten i oktober 2013 frem til våren 2015, viste en utfordring med mange falske alarmer for Sørlandet og Østlandet. Siden varslene i stor grad er understøttet av hydrometeorologiske terskelverdier, som indikerer økende fare for jordskred, har det vært viktig å forbedre terskelverdiene for disse to regionene. Nye terskler ble tatt i bruk i juni 2015, og i perioden juli 2015 til juni 2016 har de blitt validert. Valideringen viser at tersklene har bidratt til å redusere antallet av falske alarmer betraktelig for de to områdene. Dette uten å øke antallet av manglende varsler eller varsler på feil nivå. Jordskredvarslingen fremstår derfor i dag som mer pålitelig enn noen gang tidligere.

Oslo, juni 2017



Morten Johnsrud
avdelingsdirektør



Hervé Colleuille
seksjonssjef

Sammendrag

Denne rapporten er en del av FoU-prosjekt 80126 «Pålitelig varsling av regional jord- og flomskredfare». Formålet med studiet har vært å redusere antallet av falske alarmer for regionene «Sørlandet» og «Østlandet». I oppstartsfasen med varsling av regional jordskredfare (operasjonell fra oktober 2013) ble det flere ganger erfart at tersklene som inngår den hydrometeorologiske indeks for jordskredfare (Hydmet) var for sensitiv i disse områdene. Boje mfl. (2014) anbefalte å gjøre en manuell tilpasning av tersklene i Hydmet for de to regionene, basert på erfaringen med falske alarmer og dager med utslag i Hydmet uten at det ble registrert jordskred. Studiet har derfor først og fremst fokusert på en oppjustering av tersklene som indikerer skillet mellom grønt og gult aktsomhetsnivå.

De nye tersklene har bidratt kraftig til å redusere antallet av falske alarmer for de to regionene, fra henholdsvis 14 dager (Sørlandet) og 9 dager (Østlandet), i 2014, til null i valideringsperioden, juli 2015 til juni 2016. Dette har også bidratt til at falsk alarmraten for jordskredvarslingen som helhet har falt fra 5% i 2014, til 1% i 2016, Hisdal (2017).

Summary

This NVE report is part of the research project 80126 «Reliable forecast of regional landslide hazard in Norway». The objective of the study has been to reduce the number of false alerts for the regions of “Sørlandet” and “Østlandet”. During the initial phase of regional landslide hazard forecasting, several cases of false alerts were experienced. The main reason to this was due to a sensitive landslide index map (Hydmet), based on hydro-meteorological threshold, which far too often indicated increased regional hazard. Boje et al. (2014) recommended a manual adjustment of the thresholds in Hydmet for the two regions, based on the experience from false alerts and days with impact in the Hydmet index map without registered landslides. The study have focused on an upward adjustment of the thresholds, which indicate the divide between green and yellow level of vigilance.

The new thresholds have contributed significantly to reduce the number of false alerts within the two regions, from respectively 14 days (Sørlandet) and 9 days (Østlandet) in year 2014, to none during the validation period, from July 2015 through June 2016. The improvement has also benefitted the landslide hazard forecasting as a whole, as the false alarm rate for all of Norway has dropped from 5% in 2014, to 1% in 2016, Hisdal (2017).

1 Innledning

Jordskredvarslingen ved Norges vassdrags- og energidirektorats (NVE) erfarte i perioden august 2014 til mars 2015 flere dager med falske alarmer på Sørlandet og Østlandet, dvs. varsler på gult nivå uten at det gikk jordskred. Dette skjedde i hovedsak på grunn av utslag i den hydrometeorologisk indeksen, som brukes til å indikere jordskredfare. Frem til juni 2015 ble det brukt samme hydrometeorologiske indeks for hele landet, til å vurdere jordskredfaren på regional skala. Formålet med studiene beskrevet i denne rapporten har vært å oppnå bedre terskelverdier for de regionene som har hatt størst behov; Sørlandet og Østlandet. Metoden som har blitt brukt følger anbefalingen fra Boje mfl. (2014), der manuelle justeringer av de allerede eksisterende terskler i Hydmet-indeksen brukes til å utvikle regionalt tilpassete terskler. Tilpasningen er basert på erfaring med dager med og uten jordskred, siden jordskredvarslingens oppstart i 2013.

2 Bakgrunn

2.1 Varsling av regional jordskredfare

NVEs jordskredvarsler er basert på hydrometeorologiske forhold som tilsier økt jordskredfare på regional skala. I likhet med den europeiske Meteoalarm varslingsskalaen, benyttes det fire aktsomhetsnivåer i varslingen, se Figur 1. Det er en sammenheng mellom økende aktsomhetsnivå og hyppighet, slik at høyere aktsomhetsnivå forekommer sjeldnere enn lavere aktsomhetsnivå. Antall jordskred, og til dels forventet skadeomfang, forventes til gjengjeld å øke eksponentielt ved økende aktsomhetsnivå. Utfordringen ligger i at det ikke nødvendigvis trengs store endringer i de prognoserte hydrometeorologiske forholdene for å gå opp et nivå på aktsomhetsskalaen.

Aktsomhetsnivå	Sannsynlighet for skred og skadeomfang
4	Det ventes mange store jordskred og/eller sørpeskred.
3	Det ventes flere store og små jordskred og/eller sørpeskred.
2	Det ventes noen små jordskred og/eller sørpeskred. Enkelte store hendelser kan forekomme.
1	Generelt trygge forhold.

Figur 1: Aktsomhetsnivå som brukes i jordskredvarslingen.

Grensene for de ulike aktsomhetsnivåene for regional jordskredfare, følger i stor grad prinsippet som gjelder for NVEs regionale flomvarsling. Disse grensene er basert på gjentaksintervaller for vannføring på følgende måte:

- Nivå 2 (gult): Vannføring med opptil 5 års gjentaksintervall i kombinasjon med raskt økende vannføring.¹
- Nivå 3 (oransje): 5-50 års gjentaksintervall.
- Nivå 4 (rødt): Mer enn 50 års gjentaksintervall.

2.2 Tidligere terskelstudier ved NVE

Boje mfl. (2014) gir en fullstendig oversikt over tidligere terskelstudier utført i regi av NVE. I dette avsnittet blir det gitt en kort oppsummering av de viktigste av disse studiene. Studiet til Colleuille mfl. (2010) beskriver sammenhengen mellom dager med observerte jordskred og kritiske hydrometeorologiske forhold. Ved hjelp av statistisk analyse (treklassifisering) av ulike hydrometeorologiske variabler, ble det funnet at kombinasjonen *relativ vanntilførsel* og *jordas vannmetningsgrad* er optimal til å skille mellom dager med og uten jordskred. Det ble etablert tre ulike terskelnivåer med denne kombinasjonen av variabler, for å kunne skille mellom aktsomhetsnivåene grønt, gult, oransje og rødt. Tersklene inngår i et indeksskart, som viser den romlige variasjonen av de hydrometeorologiske forholdene basert på døgnverdier. For mer info om variablene, se avsnitt 3.2, samt Boje mfl. (2014).

Senere terskelstudier har testet flere andre klassifikasjonsteknikker enn treklassifisering, samt undersøkt flere regioner, bla. Østlandet og Nord-Norge. Kort fortalt har ingen av disse studiene medført at nye terskler har blitt brukt operasjonelt i jordskredvarslingen. En av de trolig viktigste årsakene til at klassifikasjonsteknikkene ikke fikk til å etablere brukbare regionaliserte terskler i de tidligere studiene, kan antas å være for små datasett med skredhendelser og/eller for dårlig kvalitet på registreringene. Utfordringen med klassifikasjonsteknikkene er at det trengs store nok datasett for å kunne finne brukbare terskelverdier. Dette viste seg å være en utfordring for de tidligere regionale terskelstudiene på bla. Østlandet. Det samme ville antakelig være tilfellet for Sørlandet, der datagrunnlaget for jordskredhendelser er enda mer sparsomt. Jordskredvarslingen hadde imidlertid et behov for å redusere antallet av falske alarmer i de to regionene innen en oversiktlig tidshorisont. I Boje mfl. (2014) ble det derfor anbefalt å gå videre med utvikling av regionale terskler basert på en manuell justering av de veletablerte tersklene i Hydmetindeksen. Justeringen skulle basere seg på erfaring gjennom de seneste årene med jordskredfarevarsling.

¹ I tillegg varsles det gult nivå ved spesielt stor vannføring/vannstand for årstiden eller situasjoner som øker faren for isgang og oversvømmelse pga. is og tele.

3 Data

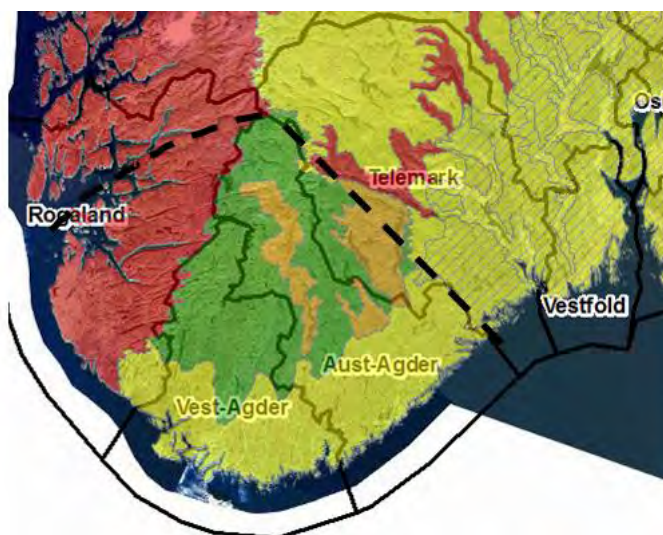
Kapittelet beskriver studieområdene, samt datagrunnlaget som har blitt brukt i analysene. Datagrunnlaget inkluderer en beskrivelse av indeksskartet for jordskredfare *Hydmet*, som fungerer som grunnlaget for den manuelle justeringen av tersklene.

3.1 Studieområder

Sørlandet

Området som er inkludert i «Sørlandet» er avgrenset til Agder-fylkene og deler av Rogaland og Telemark, se

Figur 2. Regionen følger i noen grad området definert med lav sårbarhet for jordskred, indikert i grønt, Devoli og Dahl (2014). I tillegg er den sørlige delen av Rogaland lagt til, samt et område sør i Telemark som grenser opp mot Aust-Agder. Erfaringsmessig har begge disse områdene større likhetstrekk med Agder enn med deres respektive fylker ellers. Det er mulig at områdets avgrensning vil bli justert etter hvert som varslingsstjenesten får mer erfaring med bruk av de nye tersklene.

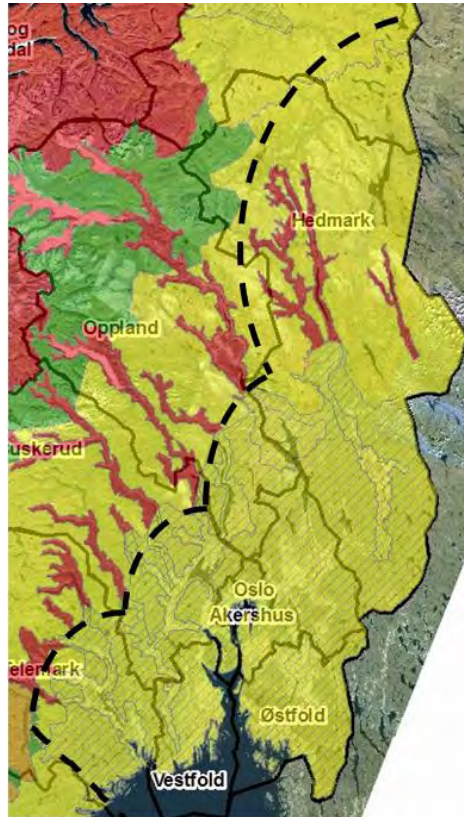


Figur 2. Fargene viser ulik sårbarhet for jordskred, fra Devoli og Dahl (2014). Indeksen gjelder foreløpig for områdene Agder, Sør-Rogaland og deler av Telemark, men kan bli tilpasset dersom erfaring fra jordskredvarslingen tilsier det.

Østlandet

Tersklene for «Østlandet» er avgrenset til et område som i hovedsak har marine avsetninger. Området ekskluderer dalførene på Østlandet med størst helning på skråningene, se Figur 3. Som for Sørlandet, er avgrensningen av området i stor grad basert på beskrivelsen av sårbarhetsområder fra Devoli og Dahl (2014). Dette er områder som først og fremst er utsatt for jordskred eller utglidninger i skråninger uten veldefinert kanaliserte vannveier (såkalte åpne skråninger). I området spiller innholdet av finkornet partikler (silt og leire) en viktig rolle som medfører at løsmassenes dreneringsevne minkes.

Det kan derfor bygges opp et høyt vanninnhold i løsmassene, som kan vedvare i lenger tid enn det som er tilfellet i andre deler av landet. Viten om jordas vanninnhold er derfor viktig i forutsetningen for å varsle jordskredfare på Østlandet, hvilket bl.a. er dokumentert gjennom hendelsene høsten 2000 (Jaedicke & Kleven 2008).



Figur 3. Indeksen gjelder for deler av Østlandet med fortrinnsvis marin avsetninger og uten bratte dalførere. Bakgrunnskart fra Devoli og Dahl (2014).

3.2 Hydrometeorologiske variabler

NVEs terskelstudier tar utgangspunkt i simulerte verdier fra den hydrologiske Gridded Water Balance model (GWB), Beldring mfl. (2003). GWB er en gridbasert versjon av Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning (HBV) modell, som benyttes av NVEs flomvarslingstjeneste. Modellen inndeler Norge i 1 km² gridceller, og i hver gridcelle simuleres elementene i vannbalansen. Modellen kjører 9 dager frem i tid med bruk av data fra Meteorologisk institutts værmodeller AROME-Norway, EC og HIRLAM. Inngangsdataene til den hydrologiske modellen består av 24-timers verdier for nedbør og lufttemperatur med døgnskille kl. 06 ECT.

Prognoserte, observerte og simulerte data vises i ekspertverktøyet www.xgeo.no - utviklet av NVE, Meteorologisk institutt, Statens vegvesen og BaneNOR for varsling av naturfarer. Verktøyet viser kart over Norge med de ulike elementene fra vannbalansen, blant annet terskler for økende jordskredfare. Variablene som inngår i tersklene er (1) relativ vanntilførsel (summen av regn og snøsmelting i prosent av årlig gjennomsnittsnedbør for

perioden 1981-2010) og (2) jordens relative vannmetningsgrad (summen av vann i HBV-modellens mark- og grunnvannsmagasin normalisert ved maksimal simulert verdi for perioden 1981-2010). Den romlige variasjonen av terskelverdiene vises i indeksskartet *Hydmet*. Tersklene i Hydmet-indeksen er grunnlaget for de manuelle justeringene av tersklene for Sørlandet og Østlandet. Hydmet-indeksen ble frem til juni 2015 brukt til å vurdere jordskredfare i hele Norge, og brukes fremdeles i dag for resten av landet, utenom Sørlandet og Østlandet.

4 Metodikk

4.1 Evaluering av dager med og uten registrerte skred

På jordskredvarslingens ukentlige oppsummeringsmøte gjennomgås siste ukes rapporterte jordskredhendelser. Vurderingen av hendelser er i stor grad basert på beskrivelser i media, samt rapporteringer fra Statens vegvesen, BaneNOR, NVEs regionkontorer, NVEs snøskredvarslere og felthydrologer. I jobben med å få informasjon om hendelsene er det fokus på *når*, *hvor* og *hva*. Det er viktig med god kvalitet på observasjonene med henblikk på å bruke dem for å forbedre tersklene. Det er ofte en detektivjobb, der bilder og tekstbeskrivelser sammenholdes med topografiske kart, flybilder, hydrometeorologiske data, Google Street View, mm. I noen tilfeller tas det kontakt med de som har registrert hendelser, det gjelder typisk dersom det er viktig/lærerikt å få på plass avklarende detaljer. I enkelte tilfeller ettersendes det rapporter, som typisk er utarbeidet av Statens vegvesen eller NVEs regionkontorer.

Dager med og uten observerte jordskred blir på denne måten evaluert av varslingsteamet. Dette har gitt grunnlag for den manuelle justeringen av terskelverdiene. For de justerte områdene, særlig Sørlandet, har et sparsomt datagrunnlag gjort det vanskelig å utføre statistiske terskelstudier. I stedet har det blitt brukt en ny pragmatisk tilnærming, der allerede etablerte terskler (basert på statistikk av mange hendelser over et større område) justeres manuelt ut ifra opparbeidet erfaring. De tilpassede tersklene med dertil hørende indeksskart, inngår i dag som en viktig del av den daglige vurderingen av jordskredfare. Indekskartene oppdateres flere ganger daglig på www.xgeo.no, i forbindelse med oppdaterte meteorologiske prognoser.

4.2 Etablering av nye terskler

Metoden som har blitt brukt i studiene har vært å tilpasse de eksisterende tersklene fra Hydmet-indeksen ut ifra erfaring med jordskredvarslingen siden 2013. Justeringen av tersklene er i stor grad basert på bruk av dager der jordskredvarslingen har erfart at Hydmet-indeksen har gitt utslag uten at det ble rapportert hendelser. Hydmet-indeksen har flere ganger fremstått som for sensitiv på både Sørlandet og Østlandet. Det har medført at jordskredvarslingen i noen tilfeller har sendt ut «falske alarmer», dvs. utsendt varsler uten at det har blitt observert hendelser. Falske alarmer er vanskelig å unngå helt, men det er viktig å minimere antallet, uten å mangle varsler på dager med jordskred. Tilgangen har derfor vært å heve tersklene slik at det ikke blir utslag i indeksen på dager uten jordskred.

Samtidig må ikke tersklene heves for mye, slik at indeksen bommer på dager der det faktisk observeres hendelser.

En viktig del av det å vurdere de tilpassede tersklene er å sjekke den romlige utbredelsen av tersklene i gridbaserte kart. På dager med observerte hendelser må den romlige utbredelsen, med økt fare, være synlig på regional skala. I tillegg bør dager uten hendelser ikke ha utslag på regionalt nivå.

4.3 Feilkilder

Det er flere feilkilder knyttet til bruken av skredhendelser (skreddatabaser) i tillegg til bruken av hydrometeorologiske modelldata med observerte og simulerte variabler.

Feilkilder ved det empiriske skreddatasettet

Det er god grunn til å anta at ikke alle skred faktisk registreres. Områder uten vei, bane, bygninger, eller annen infrastruktur, vil typisk ha en dårligere dekning av observasjoner. Skred som ikke berører bygninger eller infrastruktur vil typisk ikke bli registrert.

Av de skred som blir registrert kan det være usikkerhet eller feil tilknyttet tidspunkt for hendelsen, skredtype og/eller lokalitet. Det er gjort en kvalitetssikring av de anvendte skredhendelsene, men selv etter en kvalitetskontroll kan det ikke utelukkes at det fremdeles kan være feil i de data som brukes. Det kan også ha vært forskjellig praksis i ulike regioner av landet for hvor grundig man har registrert hendelser. For eksempel er det i fylker som Rogaland og Oppland lengre perioder hvor det opplagt mangler registreringer.

Feilkilder ved observerte og simulerte modelldata

Ved observasjon og simulering av variabler finnes det også en rekke feilkilder. Selve observasjonen av spesielt nedbør kan være heftet med feil pga. oppfangningssvikt. Sommerregn med bygepreg kan også underestimeres dersom bygene treffer mellom nedbørmålerne. Den gridbaserte modellen som simulerer de hydrometeorologiske variablene baserer seg på interpolerte døgnverdier fra målestasjonene. Dette kan medføre en underestimering i nedbørsmengdene, noe som igjen kan gi lavere terskler enn det som egentlig er gjeldende i virkeligheten.

Det ligger også systematiske feil i modellene som brukes. Modeller i seg selv er en forenkling av virkeligheten. De enkelte grid representerer en forenkling av landskapet, høydekurver, geologi, arealtype, drenering mm. Bruk av døgnverdier forenkler simuleringen av tine- og smelteprosesser i snøpakken, mm. Effekten av kortvarige intense nedbørsepisoder simuleres heller ikke i detalj når det brukes døgnverdier. Likevel kan «signalet» fra den intense nedbøren være så sterk at den også kan betegnes som ekstrem innenfor 24 timer, og dermed likevel brukes til å skille dager med skred, fra dager uten.

Et annet problem med bruk av døgnverdier med et fast tidsskille, er dersom episoden med regn, og evt. snøsmelting, skjer over et nedbør-døgnskille, kl. 06 UTC. Episoden vil da fordeles på to døgnregistreringer, og dermed fremstå som mindre kritisk, enn dersom nedbøren var registret innen samme nedbørdøgn. Dette kan bety at hydrometeorologiske variabler fremstår lavere på skreddagen enn det verdien egentlig burde ha vært. En fremtidig løsning på dette kan være at man bruker et glidende 24-timers intervall, når slike data etter hvert blir tilgjengelig.

5 Analyse

I analysen er det i hovedsak brukt samme erfaringsperiode for både Sørlandet og Østlandet, der dager med utslag i Hydmet-indeksen og registrering av skredhendelser inngår. Det gjelder perioden august 2014 til mars 2015, der det flere ganger ble observert utslag i Hydmet-indeksen uten at det resulterte i jordskredhendelser. Utslaget i Hydmet-indeksen, oftest på gult nivå, medførte enkelte falske alarmer med varsel på gult aktsomhetsnivå.

5.1 Sørlandet

Tabell 1 viser dager med utslag i Hydmet-indeksen for området i analyseperioden, samt hvorvidt det ble registrert jordskred eller ikke, i tillegg til en vurdering av hva rett utslag i indeksen burde korrigeres til. For størstedelen av dagene ble det ikke registrert hendelser. Disse dagene har derfor blitt brukt til å manuelt oppjustere tersklene i den nye Indeks Sørlandet inntil det gule utslaget har blitt borte. Enkelte dager med hendelser (bl.a. 31/8-2014) er til gjengjeld blitt brukt til å sikre at ikke tersklene har blitt oppjustert så mye at Indeks Sørlandet viser grønt på dager med jordskred.

I perioden som ble brukt i analysen har det ikke blitt registrert værhendelser som har kvalifisert til oransje eller rødt aktsomhetsnivå. Det har derfor ikke vært mulig og justere tersklene som gjelder mellom gult, oransje og rødt nivå, like enkelt som mellom grønt og gult. Det er likevel gjort en mindre korreksjon også for disse tersklene, basert på en antakelse om at regionen generelt tåler mer ekstreme hydrometeorologiske forhold enn området Hydmet-indeksen ellers er utviklet for (i hovedsak Vestlandet).

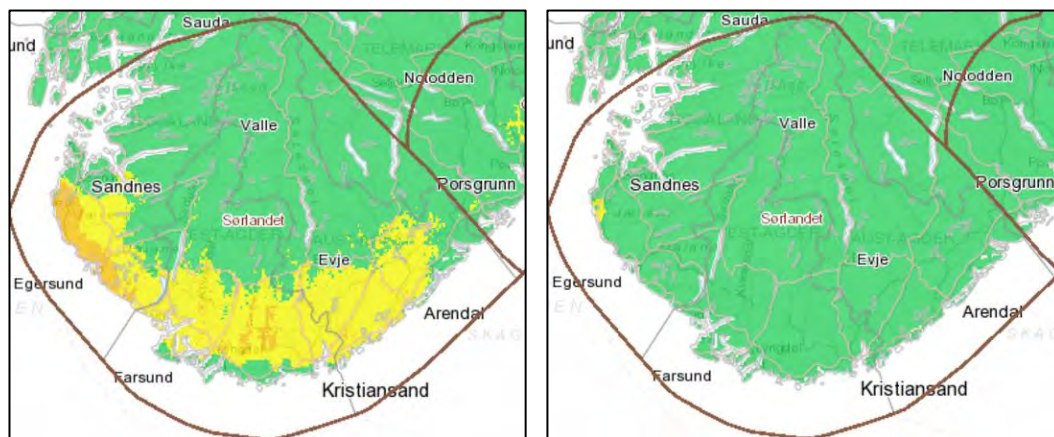
Justeringen av tersklene for Sørlandet er vist i Figur 5, sammen med Hydmet-indeksen. Likningen som beskriver de justerte tersklene er gitt som:

$$(1) \quad 0.50 * F_{\text{vanntilførsel}} + 0.50 * F_{\text{vannmetning}} = \text{Terskelverdi}$$

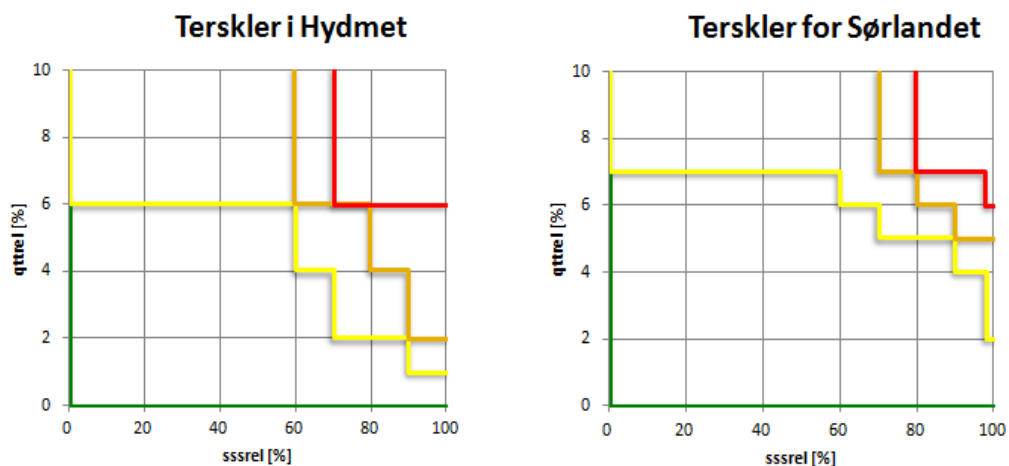
der $F_{\text{vanntilførsel}}$ og $F_{\text{vannmetning}}$ er faktorer fastsatt for intervaller av henholdsvis relativ vanntilførsel og jordas vannmetningsgrad simulert med GWB-modellen, se tabell Tabell 2 og Tabell 3. De to faktorene vektlegges like mye, og gir en terskelverdi, som oversettes til en fargekode i forhold til intervallene i Tabell 4.

Tabell 1. Dager i perioden 31. august 2014 til 28. februar 2015 med utslag i Hydmet-indeksen i samme område som Sørlands-indeksen dekker.

Dato	Utslag i Hydmet	Hendelser	Korrigeres til
2014-08-30	Oransje (lokalt rødt)	4	Gult
2014-09-06	Gult	Ingen	Grønt
2014-09-07	Gult	Ingen	Grønt
2014-10-07	Gult / Oransje	Ingen	Grønt
2014-10-08	Gult	Ingen	Grønt
2014-10-09	Gult	Ingen	Grønt
2014-10-11	Gult	1 pga. feildrenering	Grønt
2014-10-17	Gult	Ingen	Grønt
2014-10-18	Gult / Oransje	Ingen	Grønt
2014-10-19	Oransje	Ingen	Grønt
2014-10-21	Gult	Ingen	Grønt
2014-10-26	Gult	Ingen	Grønt
2014-10-27	Gult / Oransje	Ingen	Grønt
2014-10-28	Gult / Oransje	Ingen	Grønt
2014-11-23	Gult / Oransje	Ingen	Grønt
2014-12-09	Gult	Ingen	Grønt
2014-12-21	Gult	Ingen	Grønt
2015-01-01	Gult	Ingen	Grønt
2015-01-09	Gult	Ingen	Grønt
2015-01-15	Gult	Ingen	Grønt
2015-01-28	Gult	Ingen	Grønt
2015-02-26	Gult	Ingen	Grønt
2015-02-28	Gult	Ingen	Grønt



Figur 4, viser Hydmet (tv.) og Hydmet Sørlandet (th.), 28. februar 2015. Eksemplet illustrerer hvordan tersklene ble oppjustert slik at dager uten skred i hovedsak fremstår som uten utslag i indeksen, dvs. som grønne.



Figur 5. Figuren viser hvordan tersklene for Hydmet-indeksen (tv.) har blitt oppjustert til Hydmet-Sørlandet (th.). Qttrel er relativ vanntilførsel, og Sssrel er jordas vannmetningsgrad.

Tabell 2. Tabellen viser hvordan ulike verdier for relativ vannførsel, simulert med GWB-modellen, oversettes til en faktor til bruk i likning 1.

Relativ vanntilførsel (% av årsnormal)	F_vanntilførsel
< 2 %	0.00
2 – 4 %	0.20
4 – 5 %	0.35
5 – 6 %	0.65
6 – 7 %	0.80
> 7 %	1.00

Tabell 3. Tabellen viser hvordan ulike verdier for jordas vannmetningsgrad, simulert med GWB-modellen, oversettes til en faktor til bruk i likning 1.

Jordas vannmetningsgrad	F_vannmetning
< 60 %	0.35
60 – 70 %	0.50
70 – 80 %	0.70
80 – 90 %	0.90
90 – 98 %	1.00
> 98 %	1.20

Tabell 4. Tabellen viser hvordan verdier for «Hydmet-sørlandet», likning 1, oversettes til et terskelnivå.

Sum Hydmet-sørlandet	Terskelnivå
0.00 – 0.65	Grønt
0.65 – 0.80	Gult
0.80 – 0.95	Oransje
> 0.95	Rødt

5.2 Østlandet

I likhet med Sørlandet, ble det i løpet av høsten og vinteren 2014/15 observert en rekke dager med utslag i Hydmet-indeksen uten at det ble registrert jordskred i regionen, se Tabell 5. Disse dagene ble brukt til å oppjustere terskelen som skiller mellom grønt og gult varslingsnivå. Enkelte dager med observerte hendelser, bl.a. 24/11-2014, 22/5-2013 og noen dager på høsten 2000, har blitt brukt til å definere hvor høyt den nye terskelen kan settes, uten å gå glipp av hendelser. Disse dagene ble brukt til å sjekke at det faktisk var gult utslag på dager med hendelser med den nye terskelen.

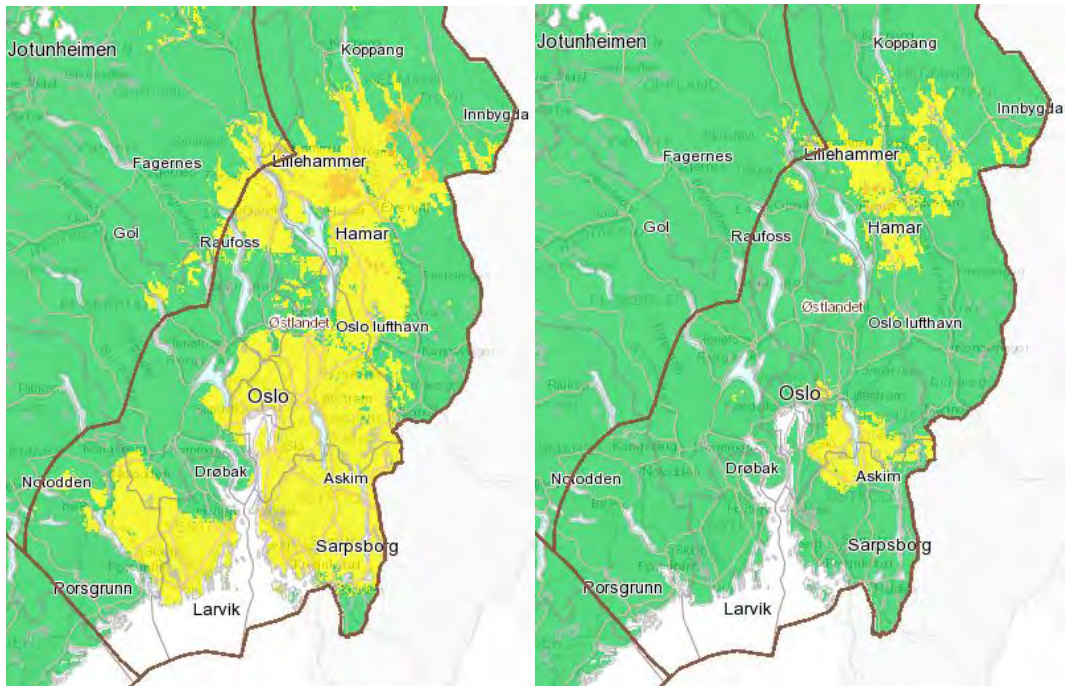
Justeringen av tersklene for Østlandet er vist sammen med Hydmet-indeksen i Figur 7. Likningen for tersklene er grunnleggende identisk med likningen for Sørlandet, se likning 1. Det er verdiene for $F_{\text{vanntilførsel}}$, $F_{\text{vanninnhold}}$ og Terskelverdi som er korrigert, og gitt i henhold til tabell 7, 8 og 9.

Tabell 5. Tabellen viser dager i perioden 31. august 2014 til 28. februar 2015 med utslag i Hydmet-indeksen i området som gjelder for Østlands-indeksen. Det er angitt antall observerte skredhendelser i området og anslått hva tersklene bør korrigeres til.

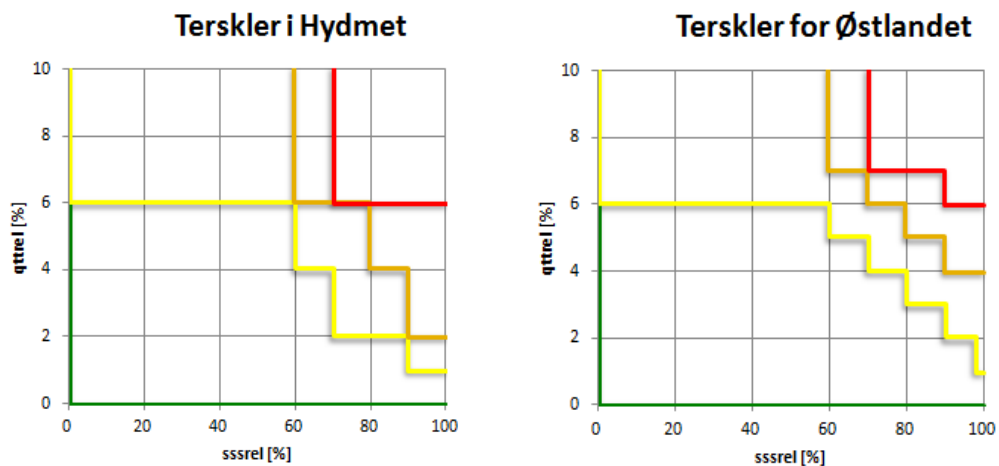
Dato	Utslag i Hydmet	Hendelser	Korrigeres til
2014-10-16	Gult	Ingen	Grønt
2014-10-18	Gult	Ingen	Grønt
2014-10-21	Gult	Ingen	Grønt
2014-10-23	Gult	Ingen	Grønt
2014-10-24	Gult / Oransje	1 pga. kunstig skråning	Grønt
2014-11-02	Gult	Ingen	Grønt
2014-11-03	Gult	1 pga. kunstig skråning	Grønt
2014-11-23	Gult / Oransje	Ingen	Grønt
2015-01-15	Gult / Oransje	Ingen	Grønt
2015-01-28	Gult / Oransje	Ingen	Grønt
2015-02-19	Gult	Ingen	Grønt
2015-02-24	Gult	Ingen	Grønt
2015-02-28	Gult	Ingen	Grønt

Tabell 6. Tabellen viser dager med utslag i Hydmet-indeksen og flere løsmasseskred i området som Østlands-indeksen dekker. Det er angitt antall hendelser i området og anslått hva tersklene bør korrigeres til.

Dato	Utslag i Hydmet	Hendelser	Korrigeres til
2013-05-16	Gult	2	Gult
2013-05-22	Oransje	>10	Oransje



Figur 6. Figurem viser Hydmet (tv.) og Hydmet Østlandet (th.), 23. oktober 2014. Eksemplet illustrerer hvordan tersklene ble oppjustert slik at dager uten skred i hovedsak fremstår uten utslag i indeksen, eller som i dette tilfellet med relativt små områder med gult utslag.



Figur 7. Figuren viser tersklene for Hydmet-indeksen (tv.) og de justerte tersklene til Hydmet Østlandet (th.). Qttrel er relativ vanntilførsel, og Sssrel er jordas vannmetningsgrad.

Tabell 7. Tabellen viser hvordan ulike verdier for relativ vannførsel, simulert med GWB-modellen, oversettes til en faktor til bruk i likning 1.

Relativ vanntilførsel (% av årsnormal)	F_vanntilførsel
< 1 %	0.00
1 – 2 %	0.10
2 – 3 %	0.20
3 – 4 %	0.40
4 – 5 %	0.60
5 – 6 %	0.70
6 – 7 %	0.90
> 7 %	1.20

Tabell 8. Tabellen viser hvordan ulike verdier for jordas vannmetningsgrad, simulert med GWB-modellen, oversettes til en faktor til bruk i likning 1.

Jordas vannmetningsgrad	F_vannmetning
< 60 %	0.35
60 – 70 %	0.50
70 – 80 %	0.70
80 – 90 %	0.90
90 – 98 %	1.00
> 98 %	1.10

Tabell 9. Tabellen viser hvordan verdier for «Hydmet-Østlandet», likning 1, oversettes til et terskelnivå.

Sum Hydmet-sørlandet	Terskelnivå
0.00 – 0.60	Grønt
0.60 – 0.80	Gult
0.80 – 0.95	Oransje
> 0.95	Rødt

6 Validering

Det er brukt en valideringsperiode fra 1. juli 2015 til 30. juni 2016, til å vurdere effektene av de nye tersklene.

Tabell 10 viser en nedgang i falske alarmer generelt for hele landet, fra 19 dager i 2014, til 3 dager i 2016. I Tabell 11 er det fokusert spesifikt på Sørlandet og Østlandet. Her fremgår det at størsteparten av de falske alarmene i 2014, vist i tabell 10, ble utstedt for nettopp disse regionene; særlig Sørlandet med 14 falske alarmer. I valideringsperioden ses det at antallet av falske alarmer har blitt minimert til null. Reduksjonen har skjedd også selv om det var nesten like mange vanskelig dager med vurderinger i 2014; 17 for Sørlandet og 26 for Østlandet; som i valideringsperioden; 21 for både Sørlandet og Østlandet. Det har ikke heller medført en økning i manglende varsler eller varsler på feil nivå. Valideringen gir et

tydelig signal om at de nye tersklene har bidratt positivt til å redusere antallet av falske alarmer for Sørlandet og Østlandet.

Tabell 10. Estimert treffsikkerhet for regional jordskredvarsling for hele Norge, fra Hisdal (2017).

Antall dager	2013	2014	2015	2016
Vanskelig vurdering	138	119	114	97
Korrekt varsel	117	102	106	89
Falsk alarm	12	19	5	3
Manglende varsel	8	5	1	4
Feil nivå	1	3	2	1

Tabell 11. Estimert treffsikkerhet for jordskredvarsling for Sørlandet og Østlandet i 2014, samt valideringsperioden 1. juli 2015 til 30. juni 2016.

Antall dager	2014		2015/16	
	Sørlandet	Østlandet	Sørlandet	Østlandet
Vanskelig vurdering	17	26	21	21
Korrekt varsel (hvorav gule)	2 (1)	16 (0)	21 (8)	21 (9)
Falske alarmer	14	9	0	0
Manglende varsel	0	0	0	0
Feil nivå	1	1	0	0

7 Konklusjon

De nye regionale terskelverdiene, som dekker regionene Sørlandet og Østlandet, har bidratt til å redusere antallet av falske alarmer kraftig, uten å øke antallet av manglende varsler eller varsler på feil nivå. Metoden med å justere tersklene fra Hydmet-indeksen, som ble etablert på grunnlag av et større empirisk datagrunnlag med løsmasseskred for flere deler av Sør-Norge, må betegnes som en suksess. De nyetablerte tersklene er mindre sensitive for utslag ved vanntilførsel og vannmenting i jord; variablene som inngår i terskelverdiene; og avspeiler dermed bedre den erfaringen jordskredvarslingen har opparbeidet de seneste år for de to regionene. Validering av de nye tersklene i perioden juli 2015 til juni 2016, viser en reduksjon i antall falske alarmer fra 14 på Sørlandet og 9 på Østlandet i 2014, til null for begge regionene. Dette til tross for et tilnærmet likt antall dager med vanskelig vurdering, tabell 11. De justerte tersklene har ikke heller medført flere manglende varsler eller varsler på feil nivå. Metodikken med manuell justering av tersklene fra Hydmet-indeksen til regionale forhold på Sørlandet og Østlandet, må konkluderes med å ha vært suksessfull og svært nyttig for jordskredvarslingen.

Referanser

- Beldring, S., Engeland, K., Roald, L.A., Sælthun, N.R., Voksø, A. (2003). Estimation of parameters in a distributed precipitation-runoff model for Norway. *Hydrology and Earth System Sciences*. 7: 304-316.
- Boje, S., Colleuille, H., Devoli, G. (2014). Terskelstudier for utløsning av jordskred i Norge – Oppsummering av hydrometeorologiske terskelstudier ved NVE i perioden 2009 til 2013. NVE-rapport 43/2014. Norges Vassdrags- og Energidirektorat, Oslo, Norge.
- Colleuille, H., Haugen, L.E., Beldring, S. (2010). A forecast analysis tool for extreme hydrological conditions in Norway. Poster presentert på Sixth world FRIEND conference, Marokko, 2010. Flow Regime and International Experiment and Network Data.
- Devoli, G., Dahl, M.P. (2014). Preliminary regionalization and susceptibility analysis for landslide early warning purposes in Norway. NVE-rapport 37/2014. Norges Vassdrags- og Energidirektorat, Oslo, Norge.
- Hisdal, H. (Red.) (2017). Evaluering av snø- og jordskredvarslingen. NVE-rapport 38/2017. Norges Vassdrags- og Energidirektorat, Oslo, Norge.
- Jaedicke, C., Kleven, A. (2008). Long-term precipitation and slide activity in south-eastern Norway, autumn 2000. *Hydrological Processes*, 22, 495-505.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no

