

Bioforsk Rapport

Bioforsk Report

Nr. 9(80) 2014

Jordtap på nedbørfeltnivå

Kan vi skille mellom påvirkning av vær og jordarbeiding?

Robert Barneveld

Inga Greipsland

Marianne Bechmann

Bioforsk Jord og Miljø

www.bioforsk.no





Hovedkontor/Head office
Frederik A. Dahls vei 20
N-1432 Ås
Tel.: (+47) 40 60 41 00
post@bioforsk.no

Bioforsk Jord og Miljø
Bioforsk Soil and Environment
Fredrik A. Dahlsvei 20
1430, Ås
Tel.: (+47) 40 60 41 00
robert.barneveld@bioforsk.no

Tittel/Title:

Jordtap på nedbørfeltnivå: kan vi skille mellom påvirkning av vær og jordarbeiding?

Forfatter(e)/Author(s):

Robert Barneveld, Inga Greipsland, Marianne Bechmann

<i>Dato/Date:</i> Mai 2014	<i>Tilgjengelighet/Availability:</i> Åpen	<i>Prosjekt nr./Project No.:</i> 8278	<i>Saksnr./Archive No.:</i>
<i>Rapport nr./Report No.:</i> 9(80) 2014	<i>ISBN-nr./ISBN-no:</i> 978-82-17-01281-8	<i>Antall sider/Number of pages:</i> 8	<i>Antall vedlegg/Number of appendices:</i> N/A

<i>Oppdragsgiver/Employer:</i> Strategisk Institutt-satsning (Catchy-prosjektet)	<i>Kontaktperson/Contact person:</i> Robert Barneveld
---	--

<i>Stikkord/Keywords:</i> Jordtap, jordens eroderbarhet, nedbørens erosivitet Soil loss, soil erodibility, rainfall erosivity	<i>Fagområde/Field of work:</i> Hydrologi, jordfysikk Hydrology, soil physics
---	---

Sammendrag:

Tilskuddssystemet for tiltak mot jordtap har vært på plass i flere år. Tidsseriene i JOVA-databasen viser at andel areal under høstpløying har minket i samme periode. Selv om høstpløying er erstattet av jordarbeidingstyper som reduserer jordens eroderbarhet, registreres det ikke en negativ tendens i jordtapstallene på nedbørfeltnivå. Erosjonsrisiko gjennom årene er antatt å variere med to parametere: klima og jordarbeiding. Ved bruk av data tilgjengelig i JOVA-databasen er det mulig å kvantifisere jordarbeidingens effekt på erosjonsrisiko og å skille den fra værets variabilitet gjennom årene. Den foreliggende metode krever finjustering men en første analyse viser at været har større effekt på jordtap enn jordarbeiding. Resultatene viser at korrelasjon mellom sedimenttap og erosivitet er mer tydelig enn korrelasjon mellom sedimenttap og jordarbeidingsfaktor, og det kan derfor se ut til at værforhold er viktigere enn tiltak. Men ser vi på de to faktorene i sammenheng er ikke lenger bildet så tydelig. Det er behov for ytterligere undersøkelser før sikre konklusjoner kan trekkes.

<i>Land/Country:</i>	Norge/Norway
<i>Fylke/County:</i>	Akershus
<i>Kommune/Municipality:</i>	Ås, Ski, Nes
<i>Sted/Lokalitet:</i>	Skuterud, Mørdre

Godkjent / Approved

Jannes Stolte

Prosjektleder / Project leader

Marianne Bechmann

1. Bakgrunn

JOVA-prosjektet har overvåket vannkvalitet og -kvantitet i mer enn 20 år. I denne perioden har tilskuddsordningene ført til at andelen høstpløyd areal har minket betydelig, spesielt på kornarealene. På tross av denne utviklingen har det ikke vært registrert tydelige trender i konsentrasjoner i bekkene overvåket i JOVA programmet (Hauken et al., 2012). JOVA har en stor database tilgjengelig som inneholder både en rekke fysiske data om avrenning og klima, og informasjon om dyrkingskalenderen på matrikkelnivå. Er det mulig å kvantifisere effektiviteten av tilskuddene ved hjelp av denne databasen?

Det er like viktig som det er utfordrende å vurdere tilskuddsordningens effektivitet med hensyn til tap av jord, næringsstoff og plantevernmidler. Denne utfordringen gjelder forskjellige romlige skalaer, men er spesielt komplisert på nedbørfeltnivå. Der spiller et mangfold av hydrologiske prosesser i tett sammenheng med hverandre og med en bred variasjon av menneskelige aktiviteter. Disse prosessene og aktivitetene påvirker hverandre i større og i mindre grad innenfor en sesong og gjennom årene. Å isolere et mindre antall av disse variablene kan gjøres med erosjonsmodeller eller statistikk. I modellstudier er det vanlig å bruke modeller til å vurdere tiltakseffekter, eller til å estimere jordtap i jordbruks- og/eller klimascenarioer. Bioforsk har erfaring med forskjellige erosjonsrisikomodeller. Noen av dem blir brukt til å beregne langvarige gjennomsnitt (USLE, PESERA), andre, mer prosessorienterte modeller, fokuserer på mindre episoder. På grunn av modellenes input-datakrav er det vanskelig å kalibrere en modell som kan simulere jordtap over lengre perioder.

Å finne en korrelasjon mellom jordtap og forklarende faktorer krever en tidsserieanalyse basert på en forenkling. I praksis betyr det at det må defineres et mindre sett variabler som forventes å forklare forskjellige jordtapsverdier gjennom overvåkningsperioden. Relevante faktorer i erosjonsrisikokartlegging beskriver jordfysikk, klima, jordarbeiding og topografi. Fysiske faktorer som jordfysikk, topografi osv. er relativt konstante over tid, mens klima og jordarbeiding endres.

Hovedspørsmålet til denne analysen er derfor formulert som: Kan JOVA data i kombinasjon med værdata brukes til å kvantifisere tiltakseffekt og hvor stor denne effekten er i forhold til effekten av klimavariabilitet? Delmål er:

1. Kan vi isolere og kvantifisere jordarbeidingens effekt på jordoverflatens eroderbarhet?
2. Kan vi kvantifisere nedbørorosivitet med de data som er tilgjengelige?
3. Kan vi kvantifisere erosiviteten av snøsmelting?
4. Er effekten av redusert jordarbeiding signifikant i forhold til den naturlige variasjonen?

Tre nedbørsfelt blir undersøkt i denne studien: Mørdre og Skuterud i Akershus Fylke og Kolstad i Hedmark.

2. Metodologi

Utgangspunktet for metodologien var Universal Soil Loss Equation (USLE), og måten den skiller mellom de forskjellige faktorene for å beregne erosjonsrisiko på årsbasis.

$$E=R*K*LS*C*P \quad (1)$$

hvor E er erosjonsrisiko ($\text{kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$), R er nedbørosivitet, K jordens eroderbarhet, LS er en terrengfaktor, C er en plantedekke-/dyrkingsfaktor og P er en tiltaksfaktor. C og P er ofte kombinert til CP. Mens K og LS er uforanderlige faktorer, R og CP varierer fra periode til periode (Alexandritis *et al.*, 2013). Tiltak påvirker CP og R representerer den naturlige variasjonen. CP og R sammen er representative for de mest foranderlige forhold gjennom året og årene.

Eroderbarhet under forskjellige jordarbeidingstilstander

CP kalles dyrkingsfaktor i denne teksten. CP er en funksjon av veksttype, jordarbeiding og tiltakstype. Tiltak i den opprinnelige USLE-formelen er tiltak som kommer i tillegg til de vanlige dyrkingsaktivitetene. Eksempler er grasdekke, dammer, vegetasjonssoner osv. I denne undersøkelsen antas det at ingen av disse tiltakstyper er aktuelle. De eneste foranderlige bakgrunnsfaktorene er jordarbeiding og plantevekst. Det betyr at det som først og fremst må kvantifiseres er den relative betydning av jordarbeiding og plantevekst i forhold til en hvis standard. Den viktigste kilden til en slik kvantifisering er JOVAs database om dyrkingsaktiviteter. Med informasjon (dato og type) om hver dyrkingsaktivitet til hvert (del)skifte er det mulig å sette tall på de forskjellige vekstfasene og dyrkingsaktivitetene. I en vanlig erosjonsmodell skulle disse tallene bli kalibrert med feltmålinger; oftest fra rutforsøk. Siden denne undersøkelsen handler kun om relative forandringer i CP, er det antatt at en CP tabell bør fokusere på forholdsvis riktige verdier istedenfor absolutt aktuelle. Verdien for harving for eksempel er estimert litt høyere verdi enn feltforsøk vanligvis viser. Siden denne metoden ikke bare skal brukes til analyser på årsbasis men også til mindre perioder, ble CP verdiene definert variabelt gjennom vekstsesongen. I noen av vekstfasene var CP antatt konstant, mens i andre var en start og en slutt verdi definert.

Tabell 1: CP faktor som funksjon av jordarbeidingstype og tid.

jordarbeidingstype	start	slutt
pløying	1.0 ¹	0.8
kjemisk brakking	1.0	0.8
slodding	0.8	0.8
grubbing	0.8	0.8
harving	0.8	0.8
såing ²	0.8	0.1
kotepløying	0.9 ³	0.8

1. Pløying er vanligvis brukt som et 'worst case' forhold.

2. Se forklaringen i teksten.

3. Denne verdien er dårlig begrunnet fordi kotepløying er effektiv i perioder uten ekstreme nedbørs- eller snøsmelteperioder, men samtidig kan det føre til mye erosjon i dråg når det er høye nedbørs- eller snøsmelteintensiteter.

En rekke andre nevnte dyrkingsaktiviteter, som gjødsling, fjerning av halm osv., ble ikke vurdert som relevant eller var for vanskelig å estimere (med liten aktuell forekomst). Effekten av plantevekst ble simulert gjennom å anta en gradvis nedgang in CP i perioden mellom såing og høsting (da plantedekke er maksimal). Dato (dag) ved såing og høsting er tilgjengelige for hver delskifte i JOVA-databasen. CP-tilstanden for hvert delskifte ble beregnet for hver dag. Siden avrennings- og sedimentmålingene i JOVA-feltene er rapportert i blandprøveperioder (BPP) av ulike lengder (10 til 40 dager), måtte en gjennomsnittlig CP faktor som gjelder hele nedbørsfeltet bli beregnet. Et lite program ble utviklet som tar bøndenes

jordarbeidingsoversikt som input i kombinasjon med skifteareal og start- og sluttdato til hver BPP. Følsomheten av gjennomsnittlig CP for et helt nedbørfelt for CP-størrelsen som definert i Tabel 1 er ikke vurdert.

Nedbørerosivitet

Nedbørintensitet ble beregnet med samme metoden som den i Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE; Meusburger *et al.*, 2012). Timeverdier for nedbør ble hentet fra Landbruks Meteorologisk Tjeneste (LMT) for de samme periodene som JOVA avrenning og sedimenttap var tilgjengelige for. Nedbørerosivitet i en hvis periode er produktet av den totale kinetiske energien for samme periode og dens maksimum-intensitet (Brown and Foster, 1987).

$$R = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} (EI_{30})_k \quad (2)$$

hvor R er gjennomsnittlig nedbørerosivitet (MJ mm ha⁻¹ periode⁻¹), n antallet perioder, m_j antall erosive episoder i år, j og EI₃₀ en indexverdier for nedbørerosivitet for en enkle episode. Episode-erosivitet er definert slik at:

$$EI = EI_{30} = \left(\sum_{r=1}^0 e_r v_r \right)_{30} \quad (3)$$

hvor EI er erosivitetsindexen, e_r er enhet nedbørsenergi (MJ ha⁻¹, mm⁻¹) og v_r nedbørmengden (mm). I første gjennomgang identifiseres 'erosive events': enten (i) en totalmengde per episode av mer enn 12,7 mm, eller (ii) maksimal nedbørintensitet i episoden over 25,4 mm/time. En episode skilles fra den neste av en mellomperiode på 6 timer med mindre enn 1,27 mm nedbør.

Erosivitet under snøsmelting

Siden vårperioden er en viktig periode for årlig jordtap, og fordi denne ikke er med i den vanlige erosivitetsfaktoren, er spørsmålet aktuelt om det er mulig å inkludere denne perioden. Samme beregning som for nedbørerosivitet ble brukt. LMT stasjonene i Skuterud- og Mørdrefeltet har målt snødybde tilgjengelig, men dataene er stort sett upålitelige og, ofte, manglende. Lufttemperatur og nedbør var allikevel tilgjengelig. En vanlig metode for å simulere snøsmelting er såkalte degree-day modeller. Slike modeller er ofte brukt når bare temperaturserier er tilgjengelige. Prinsippet er enkelt: mengden vann som renner ut av et snødekke har en vis korrelasjon med lufttemperaturen.

$$\sum_{i=1}^n M = DDF \sum_{i=1}^n T^+ \Delta t \quad (4)$$

hvor M er mengde smeltevann (mm), DDF en grad-dag faktor (mm⁻¹ d⁻¹ °C⁻¹) og n er antall perioder med lengde t. I denne undersøkelsen ble samme prinsippet brukt. Snødekket bygges opp i timer med nedbør og temperatur mindre en -1 °C. Snøsmelting i modellen skjer på dager når det er 2 eller flere timer med temperatur over 0 °C. Snøsmelting (SM) viser en sammenheng med lufttemperatur ifølge:

$$SM = aTb_{SWE}$$

hvor a er en kalibreringsfaktor og b_{SWE} snøens vannekivalent (Snow-Water Equivalent). Modellen for snødybde og DDF ble kalibrert med målt snødybde for noen perioder som ble vurdert pålitelig og komplett. Beregningen av erosivitet krever en korreksjonsfaktor mellom mengde smeltevann og mengden som når jordoverflaten. Denne er avhengig av snødybde. En terskelverdi på 0,045 m SWE (eller 0,30 m snødybde) ble anvendt for å skille mellom situasjonen hvor smeltevannet faktisk rakk helt ned til bakken og hvor det ikke gjorde det.

Relativ tiltakseffektivitet

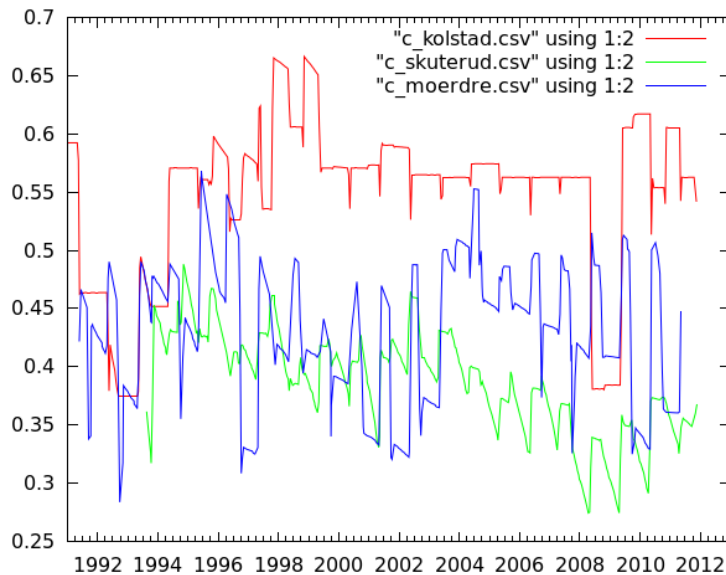
Selv om denne undersøkelsen hadde metodologiutvikling som hovedmål, er det fristende å se på noen av resultatene. Den statistiske modellen som skal anvendes til en slik sammenligning må møte to krav: den må speile noe sammenhengen mellom R og C (i USLE blir produktet av alle variablene brukt), og den må ha en vektfaktor til både R og C. En potensfunksjon kan gjøre det. Formen blir da:

$$SEDI=R^a C^b k \quad (5)$$

hvor a og b er potenser som tilsvarende variablenes vekt og k en konstant. En kurvetilpassing ble kjørt i GNUplot. Sammenligningen mellom R og C krever også at begge variablene er på samme skala. Kurvetilpassing med flere faktorer krever estimering av startverdi for de tre faktorene. Dette ble utført i et regneark.

3. Resultater

Figur 1. viser resultatet av beregningene for jordarbeidingsfaktoren, C, for Skuterud-, Mørdre- og Kolstadfeltet i perioden fra 1992 til og med 2012.

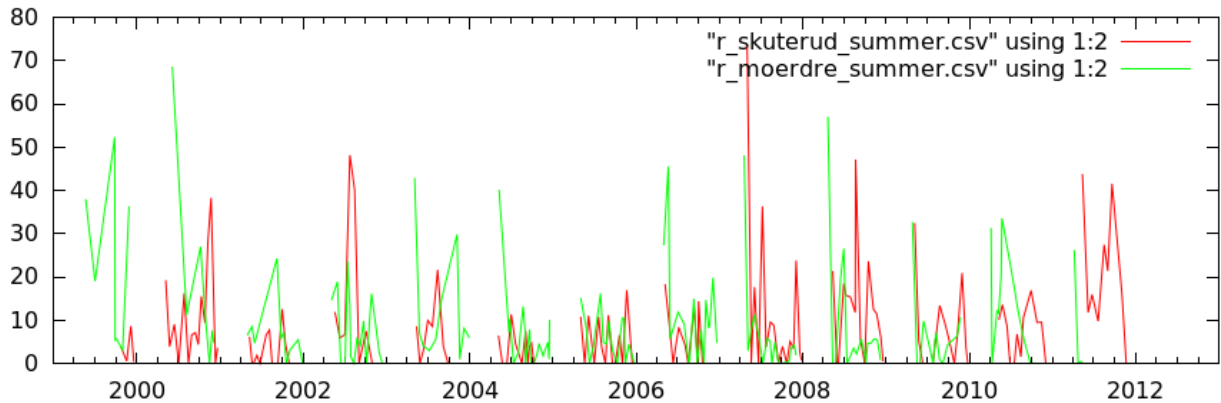


Figur 1: Jordarbeidingsfaktor gjennom 20 år for tre JOVA-nedbørfelt.

Det er to viktige aspekter å påpeke i figuren. Det første er variasjonen innenfor et år: det vises en tydelig nedgang i løpet av vekstsesongen og en øking etterpå (untatt Kolstad). Forklaringen til det merkelige mønsteret i Kolstad mangler foreløpig. Det andre er den negative trenden gjeldende periode. Trenden er nesten konstant negativ. Unntaket er perioden fra 2002 til og med 2004. Her vises det en midlertidig økning spesielt Mørdrefeltet. I samme perioden har jordarbeidingsfaktorene vært mer eller mindre stabile for Skuterudfeltet.

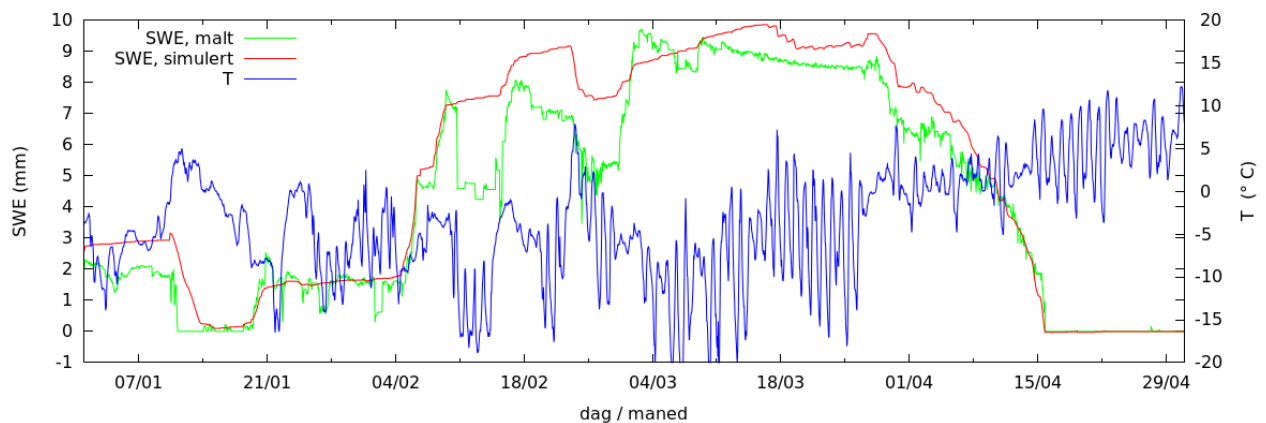
Beregnet nedbørosivitet er mer variabelt enn C-faktoren gjennom året. Figur 2 viser resultatet for de sommerperiodene som hadde LMT-data tilgjengelig¹ for Skuterud- og Mørdrefelt.de sommerperiodene som hadde LMT data tilgjengelig for Skuterud- og Mørdrefelt.

1 a) Meteostasjonen er på plass og b) har årlige tidsserier tilgjengelig som er stort sett komplett.

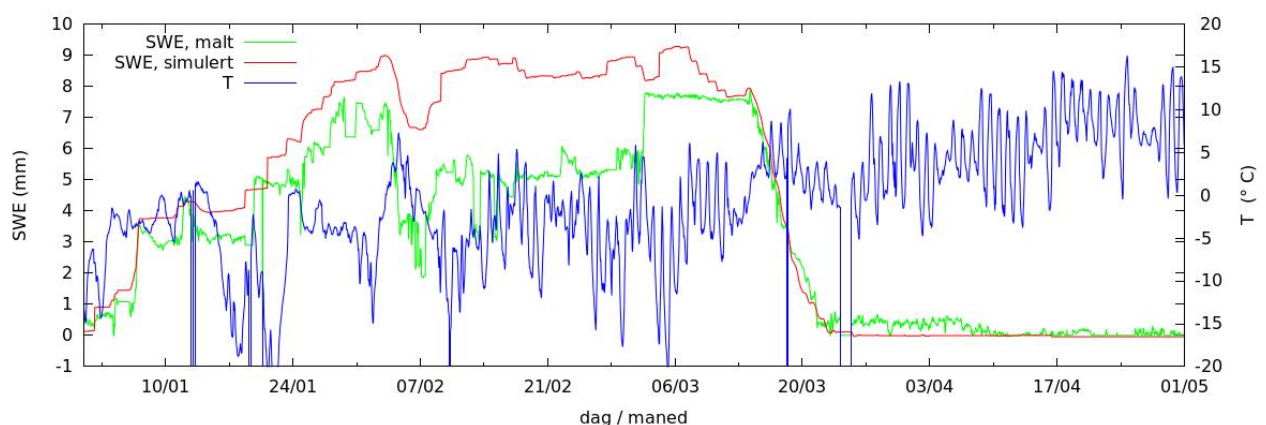


Figur 2: Nedbørerosivitet i perioder uten snøsmelting for Mørdre og Skuterud

Snødekke- og smeltemodellen ble kalibrert for vinterperiodene. Kalibreringen viste at $a=0,08$ i kombinasjon med $b=0,15$ gir det beste resultatet (Fig.3).

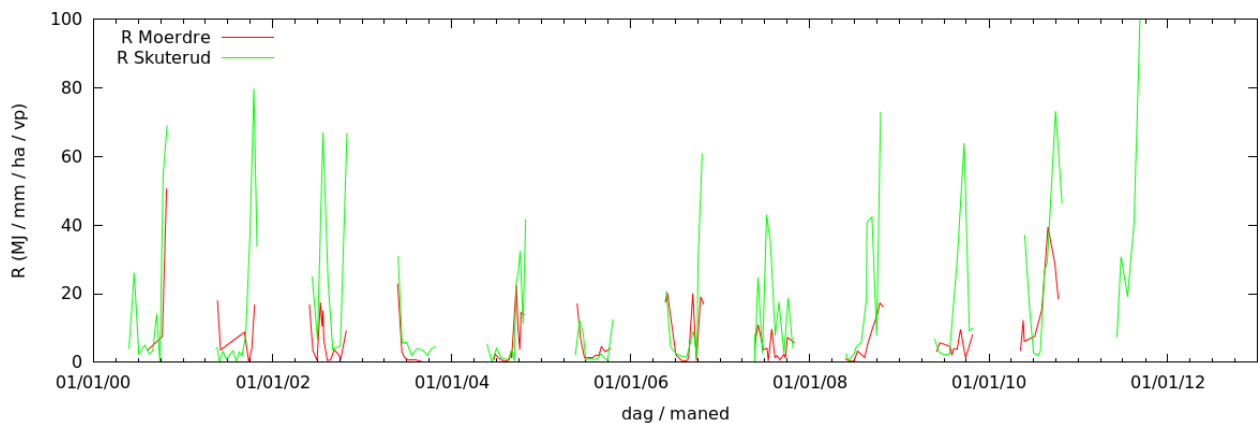


Figur 3a: Simulert og målt vannmengde i snøen (SWE) for våren 2006 (kalibrering Mørdre).



Figur 3b: Simulert og målt vannmengde i snøen (SWE) for våren 2004 (validering Mørdre).

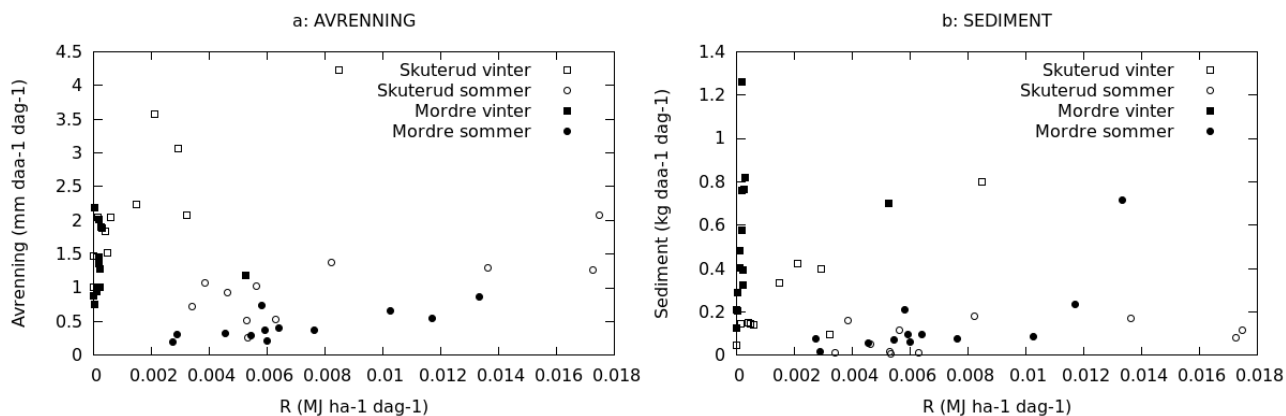
De samme kalibreringsfaktorene ble brukt for både Mørdre og Skuterud. Til beregning av R under snøsmeltforhold ble en terskelverdi på 0,30 m snødybde brukt. Denne verdien er ikke basert på målinger eller litteratur. Figurene 4a og b viser beregnet R for snøsmelt- og regnperioder for Mørdre- og Skuterudfeltet (separat).



Figur 4a: Nedbørserosivitet (R , $MJ\ mm^{-1}\ ha^{-1}\ vp^{-1}$): regn.

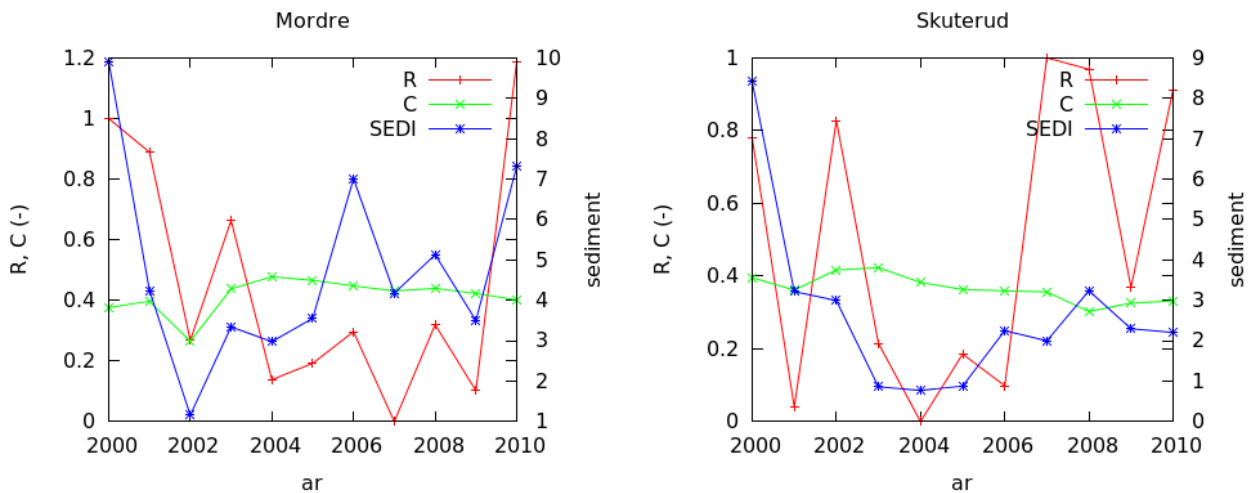
Det vises at snøsmelting i Skuterudfeltet er mer intensiv enn i Mørdre. Forklaringen kan være at smelteperiodene i Mørdre vanligvis er litt lengre.

Det forventes en hvis korrelasjon mellom nedbør- eller snøsmelterosivitet og avrenningsmengde og jordtap. Figur 5 viser denne korrelasjonen for a) avrenning og b) sedimenttap. På grunn av avvikende jordfysiske forhold i vinter, ble dataene fordelt i to grupper: vinter (snøsmelt-dominert) og sommer (periodene med kun nedbør).



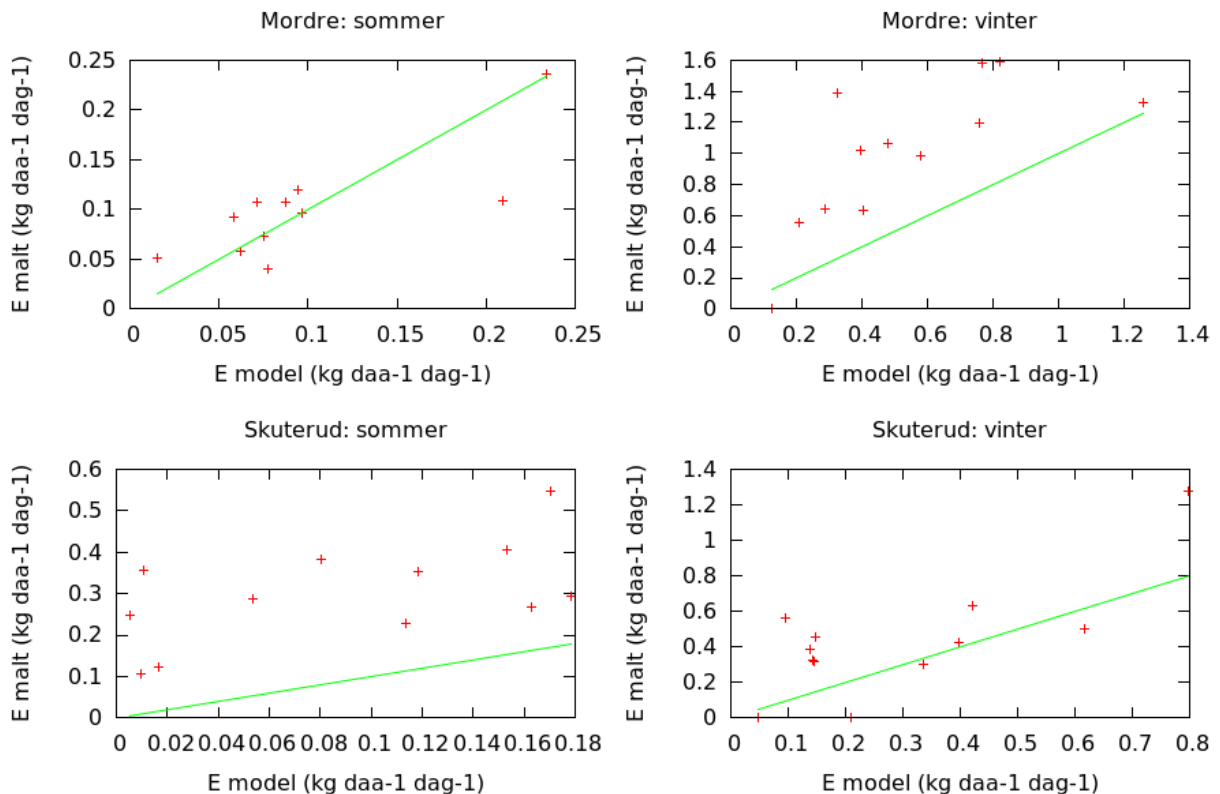
Figur 5: Avrenning og sedimenttap som funksjon av erosivitet.

Forskjellen mellom vinter- og sommerforhold er tydelige: samme erosivitet i vinter fører til høyre avrennings- og jordtapverdier enn om sommeren. Forklaringen består stort sett av to uavhengige variabler: jordoverflatens tilstand m.h.t. jordarbeiding og fryse-/tineprosesser. Merk at resultatene til de to nedbørfeltene i Figur 5a og 5b kan ikke sammenlignes (ingen av de andre USLE-faktorer er med i punktskyene). Regresjonsanalysen resulterer i relativt lave r^2 verdier; kun erosivitet er sannsynligvis ikke en tilfredsstillende forklarende faktor for jordtap. Figur 6. viser årlige gjennomsnittsverdier for C, R og jordtap for de to nedbørfeltene.



Figur 6: Årlig gjennomsnitt av C, R og sediment for Mordre og Skuterud.

Det vises at korrelasjonen mellom nedbørosivitet og jordtap er tydeligere enn den mellom jordens eroderbarhet og jordtap. Korrelasjonen ble kvantifisert med modellen som i likning 5. Figur 7. viser det endelige resultatet for de to nedbørfeltene for både sommer og vinter (separat).



Figur 7: Målte mot simulerte jordtapverdier per periode for Mordre og Skuterud.

4. Konklusjon og anbefalinger

Nedbørerosivitet ble beregnet med de tallene som var tilgjengelige uten å justere formlene 2 og 3. Den høyeste tidsoppløsning tilgjengelig for de betraktete felt var 1 time. Det er ikke klart hvordan en høyere oppløsning i tid ville ha påvirket resultatene. Tallene blir til slutt kun brukt til sammenligning, så absolutt nøyaktighet er ikke et formål i denne studien. Uansett er det en risiko at frekvensen av mindre, mer intensive, nedbørepisoder har økt i de siste 20 år. De blir da underrepresentert i de endelige erosivitetstallene.

Selv om vi har utviklet en metode for å sammenligne erosiviteten av forskjellige snøsmeltperioder, er det fremdeles usikkert om de beregnede verdiene har den samme enheten som nedbørerosivitet. Spørsmålet om hvordan snøsmeltens erosivitet kan beregnes slik at den kan sammenlignes med nedbørens erosivitet er fremdeles aktuelt. Samtidig må de jordfysiske forhold i den (delvis) frosne jordprofilen blir representert i en eroderbarhetsvurdering (d.v.s. som jordparameter). Korrelasjonen mellom temperaturforhold og erosjonsprosessen er tvetydig: frost kan øke jordens resistans mot avrenning men minker samtidig infiltrasjon.

Tabellen som ble brukt til å kvantifisere jordarbeidingsfaktoren er ikke basert på målinger eller modellkjøringer. En forbedret tabell vil sannsynligvis forbedre korrelasjonen mellom C og R og sediment.

Til slutt påpeker vi at beregning av bare erosjonsrisiko med (R)USLE eller andre modeller ikke vil forutse mengde målt sediment i et utløp nøyaktig. Sammenligning av beregnet erosjonsrisiko med sedimentmålinger kan ikke skje uten å vurdere partikkelens vei gjennom landskapet. Spørsmålet er aktuelt om en implementering av sedimentkonnektivetsbegrepet kan anvendes til å finne et forhold mellom jordtap på plotnivå og jordtap på nedbørfeltnivå. Kan metoden beskrevet i denne rapporten gi en vurdering av hvor viktig nedbørens erosivitet er i forhold til jordarbeidings effekt? Hvis vi ser på den forholdsvise sterke korrelasjon mellom erosivitet og sedimenttap er konklusjonen positiv. Denne korrelasjonen er såpass mye tydeligere enn den mellom sedimenttap og jordarbeidingsfaktoren at det er fristende å si at vær er viktigere enn tiltak. Ser vi på de to faktorene i sammenheng som i Fig.7, da er bildet ikke lenger så tydelig.

For å kvantifisere hvor viktig tiltak er i forhold til værrets variasjon kreves det derfor en bedre implementering av de parametre som de ble skissert i denne studien.

Litteratur

- Alexandritis, T.K., Sotiropoulou, A.M., Bilas, G., Karapetsas, N. and Silleos, N.G., 2013. The effects of seasonality in estimating the C-factor of soil erosion studies. *Land Degradation and Development*. DOI: 10.1002/ldr.2223 (accessed 5-12-2013).
- Brown, L. C. and Foster, G. R., 1987. Storm erosivity using idealized intensity distributions. *Transactions of the ASAE* **30**, p. 379–386.
- Hauken, M. Bechmann, B., Stenrød, M., Eggestad, H. O. & Deelstra, J. 2012. Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørfelt. Sammendragsrapport for overvåkingsperioden 1992-2011 fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). *Bioforsk Rapport* 7 (78). 71s.
- Meusburger, K., Steel, A., Panagos, P., Montanarella, L. and Alewell, C., 2012. Spatial and temporal variability of rainfall erosivity factor for Switzerland. *Hydrology and Earth System Sciences* **16**, p. 167-177.