

Fosforindeks - Utvikling av risiko-indeks for fosfortap fra jordbruksarealer

Av Marianne Bechmann og Tore Krogstad

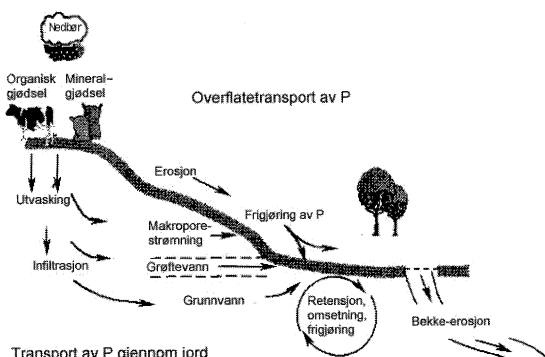
Marianne Bechmann er forsker ved Jordforsk og Tore Krogstad er professor ved Institutt for Jord- og vannfag ved Norges landbrukshøgskole

Innlegg på fagtreff 28. april 2003.

Innledning

Innføring av EU's rammedirektiv for vann gir behov for å begrense tilførsler av næringsstoffer fra alle antropogene kilder til vann og vassdrag. En av disse kildene, som en må intensivere innsatsen på er jordbruksavrenning. Fosfor er det begrensende næringsstoff for algevekst i de fleste eutrofe innsjøer. Siden slutten på 1980-tallet har det vært fokus på tiltak mot fosfortap fra jordbruksarealer. Tiltakene har dels vært rettet mot

erosjon og dels mot reduksjon i risiko for avrenning i forbindelse med spredning av husdyrgjødsel. Den mest kostnadseffektive reduksjon i fosfortap oppnås ved å fokusere tiltakene på arealer med størst fosfortap. Figur 1 viser de ulike transportveier for fosfor i jordbrukslandskapet. Erosjon er en dominerende transportprosess for fosfor. Tiltakene mot erosjon har vært rettet mot arealer med spesielt stor risiko. Derimot har tiltakene når det gjelder spredning av husdyrgjødsel vært mer generelle og ikke rettet mot arealer med spesielt stor risiko.



Figur 1.
Transportveier for fosfor (P) i jordbrukslandskapet (etter Sharpley et al. 2001)

Ideen om å utvikle en indeks for risiko for fosfortap ble til ut fra et ønske om å gjennomføre tiltak på arealer med spesielt stor risiko for fosfortap. Det er ofte en liten del av jordbrukslandskapet som bidrar med mesteparten av avrenningen av fosfor (Gburek og Sharpley, 1998), spesielt der stor avrenning faller sammen med høyt fosforinnhold. Fosforindeksen kobler sammen faktorer som bestemmer fosforinnholdet på et skifte med faktorer som bestemmer risikoen for transport av fosfor fra dette skifte. Fosforinnholdet blir multiplisert med fosfor-

transporten for å få en rangering av skifter med hensyn til risiko for fosfortap. Tabell 1 viser et foreløpig utkast til en fosforindeks for norske forhold, basert på en fosforindeks utviklet for Pennsylvania i USA (Pennsylvanian P Index group, 2002). Fosforindeksen må videreutvikles etter hvert som en får ny kunnskap. Først og fremst er den et praktisk verktøy for de som har ansvar for tiltak mot fosfortap fra jordbruksarealer. Den er derimot ikke en modell som kan simulere fosfortap fra jordbruksarealer.

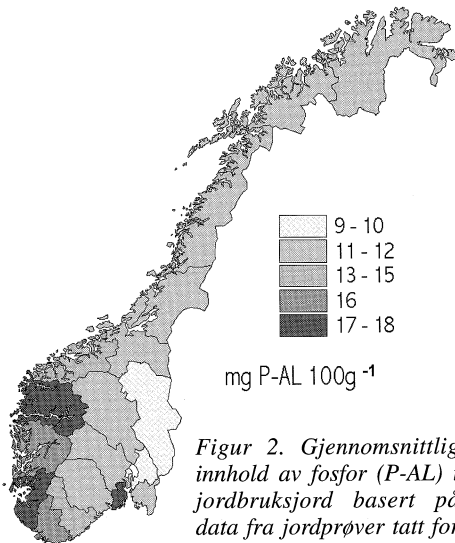
Tabell 1. Forslag til faktorer som kan inngå i en norsk fosforindeks.

Fosfornivåfaktor				
Jordens fosforinnhold	P-AL-tall x 0,3			
Mineralgjødning	Kg P/dekar			
Spredning av mineralgjødning	0,2 Plassert dypere enn 5 cm	0,4 Nedmoldet < 18 timer etter tilførsel	0,6 Nedmoldet > 18 timer eller ikke nedmoldet ved tilførsel i april til august	0,8 Nedmoldet > 18 timer eller ikke nedmoldet ved tilførsel i sept. til mars
	Mineral gjødning faktor = Mineral gjødning x spredning			
Husdyrgjødning	Kg P/dekar			
Spredning av husdyrgjødning	0,2 Plassert dypere enn 5 cm	0,4 Nedmoldet < 18 timer etter tilførsel	0,6 Nedmoldet > 18 timer eller ikke nedmoldet ved tilførsel i april til august	0,8 Nedmoldet > 18 timer eller ikke nedmoldet ved tilførsel i sept. til mars
Fosfortilgjengelighet i husdyrgjødning	0,5 Kompostert husdyrgjødning	0,8 Drøvtyggergjødning	1,0 Fjølfe-/svinegjødning	
	Husdyrgjødning faktor = Husdyrgjødning x spredning x tilgjengelighet			
Planterester	Fosfor i planterester etterlatt på jorden før vinteren (kg/dekar)			
P i avling	0,8 P i avling > P tilført	1,0 P i avling = P tilført	1,2 P i avling < P tilført	
	Fosfornivåfaktor = ((Jordens fosforinnhold + mineral gjødning faktor + husdyrgjødning faktor + planterester) x P i avling) x 2 for organisk jord			
Transportfaktor				
Erosjon	Jordtap (tonn/dekar) basert på erosjonsrisikokart justert for arealtilstand			
Overflateavrenning	0 Meget lav	2 Lav	4 Middels	6 Høy
Grofteavrenning	0 Ingen	1 Enkelte drengrofter	2 Systematisk groftet eller permeabel jord nær resipient	
Avstand til overflatevann	0 > 150 m	2 150 til 100 m	4 1000 til 75 m	6 75 til 50 m
	8 < 50 m			
	Transportfaktor = (Erosjon + overflateavrenning + grofteavrenning + avstandsfaktor)			
Modifisert avstand	0,7 Vegetasjonssoner	1,0 Grasdekket vannvei eller inntak for overflatevann	1,1 Direkte forbindelse	
Normal nedbør	Nedbør faktor (se tabell 2)			
	Fosforindeks = Fosfornivåfaktor x transportfaktor x modifisert avstand x normal nedbør			

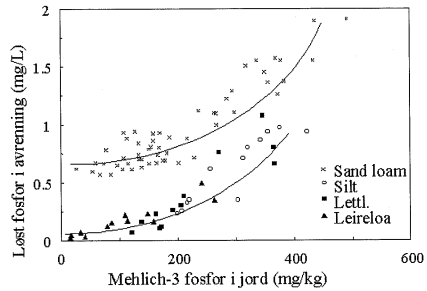
Fosfornivåfaktor

Jordens fosforinnhold

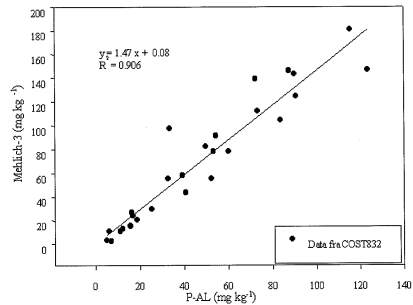
Det gjennomsnittlige innholdet av fosfor i norsk jordbruksjord fordelt på fylker er vist i figur 2. P-AL-tall omkring 7 svarer til normgjødsling, som er satt opp etter hvor mye fosfor som føres bort med avlingene. Gjennomsnittstallene viser at fosforinnholdet mange steder er høyere enn nødvendig. Høye fosfortall målt som Mehlich-3 fosfor øker risikoen for tap av fosfor, både ved erosjon og overflateavrenning (figur 3). Sammenhengen mellom Mehlich-3 fosfor og P-AL er god (figur 4). Øgaard (1995) viste ved lineær regresjon at P-AL forklarte 83% av variasjonen i total reaktiv fosfor. Det korrelerte godt med fosfor tilgjengelig for blå-grønnalger (Krogstad og Løvstad, 1991) og forsterker betydningen av jordas P-nivå i en risiko-indeks for potensiell eutrofiering.



Figur 2. Gjennomsnittlig innhold av fosfor (P-AL) i jordbruksjord basert på data fra jordprøver tatt for gjødselveiledning (Jord-databanken).



Figur 3. Sammenheng mellom konsentrasjon av løst fosfor i overflateavrenning og Mehlich 3 fosfor i jord (etter Sharpley et al. 2001).



Figur 4. Sammenheng mellom P-AL og Mehlich-3 fosfor i jord i europeiske jordprøver fra overflatejord med pH under 7 (COST832).

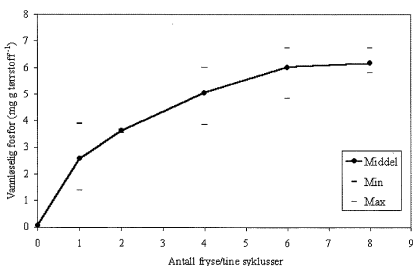
Fosforgjødsling

Fosfor fra mineral- og husdyrgjødsel har lik verdi i den foreslåtte indeksen (tabell 1). Ikke all fosfor i husdyrgjødsel er like tilgjengelig for utvasking, derfor inngår en faktor for tilgjengelighet av fosfor i husdyrgjødsel. Det er dessuten tatt hensyn til spredetidspunkt og -metode for begge gjødseltyper. Spredetidspunkter er tilpasset det norske regelverk under forutsetning av at regelverket følges. Derfor inngår f.eks. ikke en klasse for spredning av husdyrgjødsel på frosen mark.

I Europa (OECD) har fosforbalanse, det vil si forskjellen mellom tilført fosfor i gjødsel og bortført fosfor i avling fra et skifte, vært foreslått som indeks for risiko for fosfortap (Tunney et al., 2003). Fosforbalansen kan ha betydning for fosfortapet for vekster hvor det er ubalanse mellom tilført og bortført fosfor i produksjonen. I tabell 1 er avlingens innhold av fosfor tatt inn som en justerende faktor (tabell 1).

Planterester

Norske vinterforhold kan føre til utfrysing av fosfor fra planterester som overvintrer på jordet. Uhlen (1989) viste at konsentrasjonen av fosfor i overflateavrenning fra arealer med eng var betydelig høyere etter frysing enn i forhold til før frysing. Antallet av fryse/tine sykluser har stor betydning for utfrysingen av fosfor fra planterester (figur 5). I indeksen er det inkludert en faktor for fosforavrenning fra planterester under forutsetning av at all fosfor er frosset ut i løpet av vinteren.



Figur 5. Vannløselig fosfor i avskåret plantemateriale som funksjon av antall fryse/tine sykluser (Bechmann, ikke publisert).

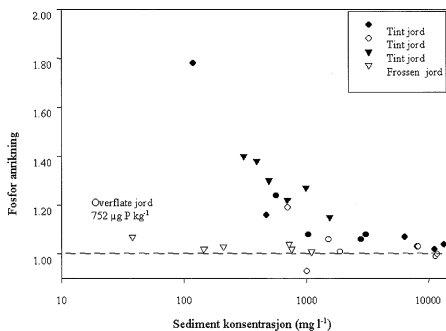
Organisk jord

Organisk jord har liten evne til å binde fosfor. Det er behov for å justere risiko for utvasking av fosfor i organisk jord i forhold tilgjengeligheten. Denne faktor er satt til 2, men må belyses nærmere for å få den rette representasjon av organisk jord i indeksen.

Transport faktor

Erosjon

Erosjon er en viktig transportvei for fosfor (Lundekvam, 1998; Øygarden, 2000). Størrelsen på jordtapet, bedømt ut fra erosjonsrisikokart, er tatt med som en transportfaktor i fosforindeksen. Øygarden (2000) har vist at eroderte sedimenter har høyere innhold av små partikler og dermed mer fosfor enn jorden den kommer fra. Fosforanrikningen er imidlertid mindre dess større erosjonen er. Frossen jord har tendens til ikke å være fosforanrikt, dvs. en fosforanrikning på 1, som indikerer at det ikke er en seleksjon av partikler ved erosjon (figur 6). Denne sammenhengen bør senere inkluderes i fosforindeksen.



Figur 6. Fosforanrikning (P i sediment/P i jord) i overflateavrenning fra en siltig mellomleire i fire avrenningsepisoder fra et avrenningsfelt på Romerike (Krogstad, ikke publisert).

Overflateavrenning og grøfteavrenning

Fosfortap med overflateavrenning utgjør i de fleste tilfelle mer enn 50 % av totaltapet, både som partikulært og som løst fosfor. Fra grasarealer fant Uhlen (1989) at løst fosfor utgjorde 75 % av fosfortapet. Tap av fosfor ved overflateavrenning kort tid etter gjødsling kan også i noen tilfelle være en stor kilde til fosfortap (Withers et al., 2003). Faktor for overflateavrenning er delt i klasser fra meget lav til meget høy (tabell 1). Beregningsrutiner for disse kan utvikles på basis av jordtype, helling og evt. grøfting.

Jordbruksarealer i Norge i i mye høyere grad grøftet enn hva som er tilfellet i de fleste andre land. Størrelsen på grøfteavrenningen er delvis avhengig av intensiteten på dreneringen. Denne faktor trenger videreutvikling i forhold til risiko for sprekke dannelse på ulike jordtyper (Djodijk, 2001).

Avstand til overflatevann og modifisert avstand

Ikke alle skifter i et nedbørfelt har samme risiko for å forårsake forurensning av resipienten. Avstanden fra et skifte til nærmeste resipient er en faktor som representerer nedbørfelttilnærmingen til fosforindeksen. Avstanden er modifisert med en faktor for vegetasjonssoner og en faktor for grasdekket vannvei (tabell 1).

Nedbør

Nedbøren er den drivende kraft for fosfortransport. Det er derfor lagt inn en nedbørfaktor som veier områder med ulike nedbørmengder i forhold til hverandre (tabell 2). Nedbørens for-

deling gjennom året bør vurderes ved videreutvikling av en fosforindeks.

Tabell 2. Faktor for nedbør.

Nedbør normal (mm)	Faktor
0 - 250	0.2
250 - 500	0.4
500 - 750	0.6
750 - 1000	0.8
1000 - 1250	1.0
1250 - 1500	1.2
> 1500	1.4

Tolkning av fosforindeks

En høy fosforindeks for et skifte betyr at tiltak bør settes inn for å redusere risikoen for fosfortap fra dette skiftet. Det finnes systemer for automatiske vurderinger av årsakene til høyt fosforindeks. Djodijk (2000) brukte et slik system og fant at de sannsynlige årsakene til høye fosforindekser i et svensk nedbørfelt var høye fosfortall i jorden, overskudd av fosfor ved gjødsling, nærhet til resipient og systematisk grøfting. Utvikling av en fosforindeks for norske forhold inkluderer utvikling av et system for tolkning av indeksverdiene, slik at tiltakene kan fokusere på den prosessen som er årsak til de høye tapene.

Konklusjon

Fosforindeks er et verktøy for å øke kostnadseffektiviteten i tiltak mot fosfortap fra jordbruksarealer. For hvert skifte representerer fosforindeksen en samlet vurdering av alle faktorer som har betydning for fosfortapet fra det enkelte skifte innenfor et nedbørfelt. Skiftene blir rangert i forhold til risiko for fosfortap. Utvikling av en fosfor-

indeks for norske forhold ser ut til å kunne følge rammeverket for fosforindeksen som blir brukt i Pennsylvania. Det kalde norske klimaet frembringer et behov for tilleggsfaktorer for fosfor fra planterester og det er et behov for utvikling av faktorer knyttet til nedbør og snøsmelting. Dessuten kan det være behov for å vektlegge grøfteavrenning mer under norske forhold enn det som gjelder i U.S.A., hvor fosforindeksen først ble utviklet.

En av de største utfordringer i forbindelse med utvikling av en fosfor indeks er å vise at fosfor indeksen faktisk gir et riktig bilde av hvilke skifter innenfor et nedbørfelt som har størst risiko for fosfortap. Et mål for fremtidig forskning er å tilpasse indeksen mer presist til biologisk respons i resipienten, og å utvikle verktøyet etter hvert som vi får mer kunnskap og erfaring ved utprøving av indeksen.

Referanser

- Djodjic, F. (2001). *Displacement of phosphorus in structured soils*. PhD thesis, Department of Environmental Conservation, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Gburek, W.J., and Sharpley, A.N. (1998). Hydrologic controls on phosphorus loss from upland agricultural watersheds. *J. Environ. Qual.* **27**, 267-277.
- Krogstad, T., and Løvstad, Ø. (1991). Available soil phosphorus for planktonic blue-green algae in eutrophic lake water samples. *Arch. Hydrobiol.* **122**(1), 117-128.
- Lundekvam, H. (1998). P-losses from three soil types at different cultivation systems. *K. Skogs- og Lantbr. Akad. Tidskr.* **137**(7), 177-185.
- Pennsylvanian phosphorus Index group (2002). Pennsylvania Phosphorus Index. <http://pswmru.arsup.psu.edu/phosphorus/PIIndices/PennsylvaniaPI.pdf>; verifisert 15. Juli 2002.
- Sharpley, A.N., McDowell, R.W. and Kleinman, P.J.A. (2001). Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. *Plant and soil* **237**, 287-307.
- Tunney, H., Csatho, P. Ehlert, P. (2003). Approaches to calculating P balance at the field scale in Europe. *J. of Soil sci. and plant nutrition* (submitted).
- Uhlen, G. (1989b). Surface runoff losses of phosphorus and other nutrient elements from fertilized grassland. *Norwegian J. Agric. Sci.* **3**, 47-55.
- Withers, P., Ulen, B., Stamm, C., and Bechmann, M. (2003). Incidental Phosphorus Losses – are they significant and can they be predicted? *Soil sci. and plant nutrition* (submitted).
- Øgaard, A.F. (1995). Effect of phosphorus fertilisation and content of plant-available phosphorus (P-AL) on algae-available phosphorus in soils. *Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil and plant sci.* **45**, 242-250.
- Øygarden, L. (2000). *Soil erosion in small agricultural catchments, south-eastern Norway*. PhD thesis 2000:8, Department of soil and water sciences, Agricultural university of Norway.