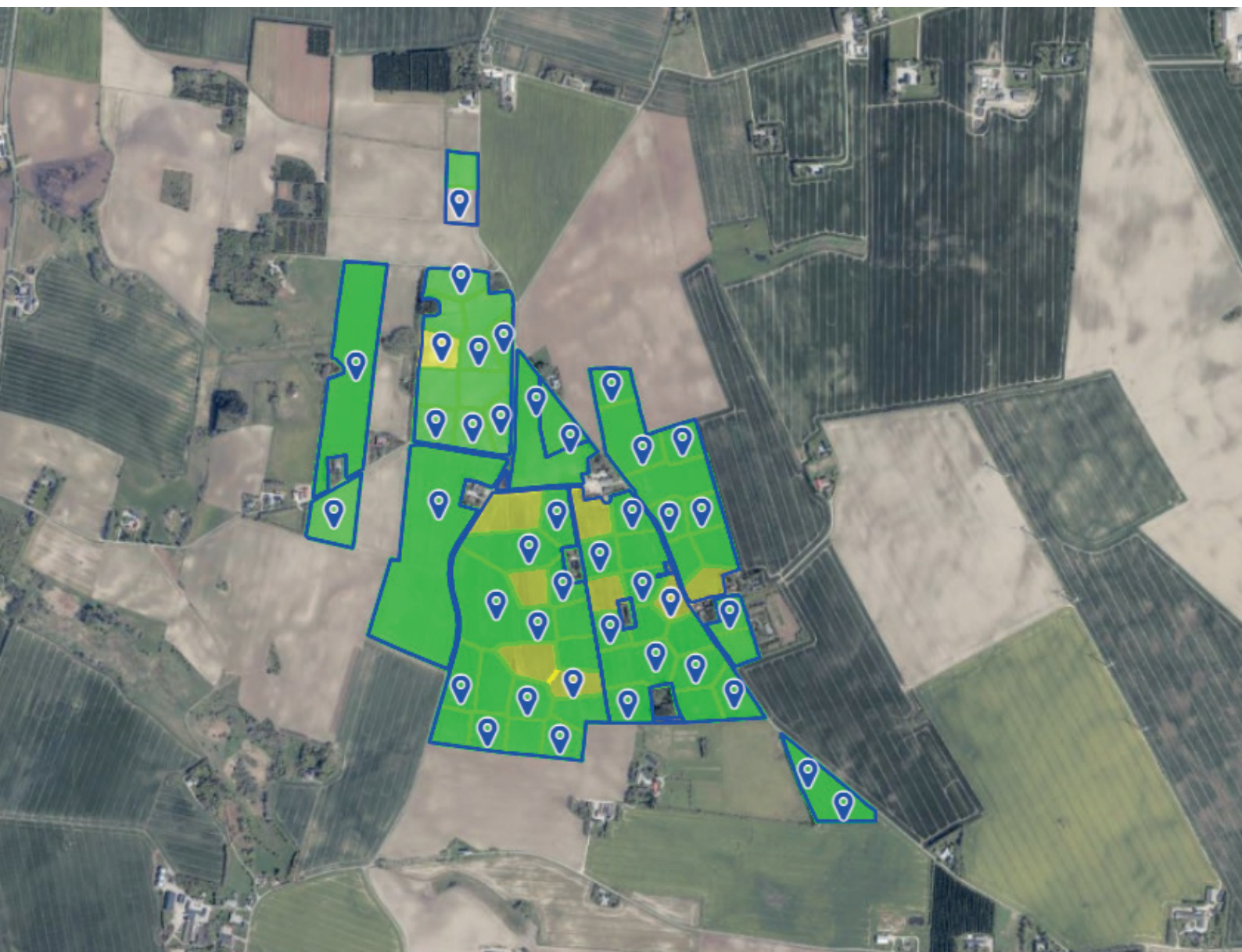


MÅLRETTET REDUKTION AF FOSFORTAB FRA DYRKNINGSFLADEN



SEGES
INNOVATION

MÅLRETTET REDUKTION AF FOSFORTAB FRA DYRKNINGSFLADEN

Udgivet af

SEGES Innovation P/S
Agro Food Park 15, Skejby
DK 8200 Aarhus N

Forfatter

Camilla Lemming, SEGES Innovation

Kontakt

Camilla Lemming, SEGES Innovation
M +45 6126 2169

Februar 2024

Denne publikation må kopieres efter aftale med SEGES.

Støttet af:

Promilleafgiftsfonden for landbrug



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

1	FORORD.....	2
2	BESKRIVELSE AF KORTVÆKRTØJET	3
3	YDERLIGERE INFORMATION I KORTVÆKRTØJET	9
4	DIGITALE FAKTAARK OM FOSFORTAB OG VIRKEMIDLER	12
5	FORMIDLING OG PRÆSENTATION AF KORTVÆKRTØJET	12
6	ERFARINGER MED AT MÅLRETTE REDUKTION AF FOSFORTAB VIA KORTVÆKRTØJET	12

BILAG

Bilag 1. Beskrivelse af model til beregning af matriceudvaskning, Jonas Rolighed, Aarhus Universitet

Bilag 2. Syv faktaark om fosfortab og virkemidler mod fosfortab, Rose Elsgaard og Camilla Lemming, SEGES

Bilag 3. Præsentation fra indlæg til Vandmiljøkonference, okt. 2023, Rita Hørfarter, SEGES

Bilag 4. LandbrugsInfo-artikel om kortværktøj og faktaark, Camilla Lemming, SEGES

Bilag 5. Opslag om webinar for landmænd, SEGES

1 FORORD

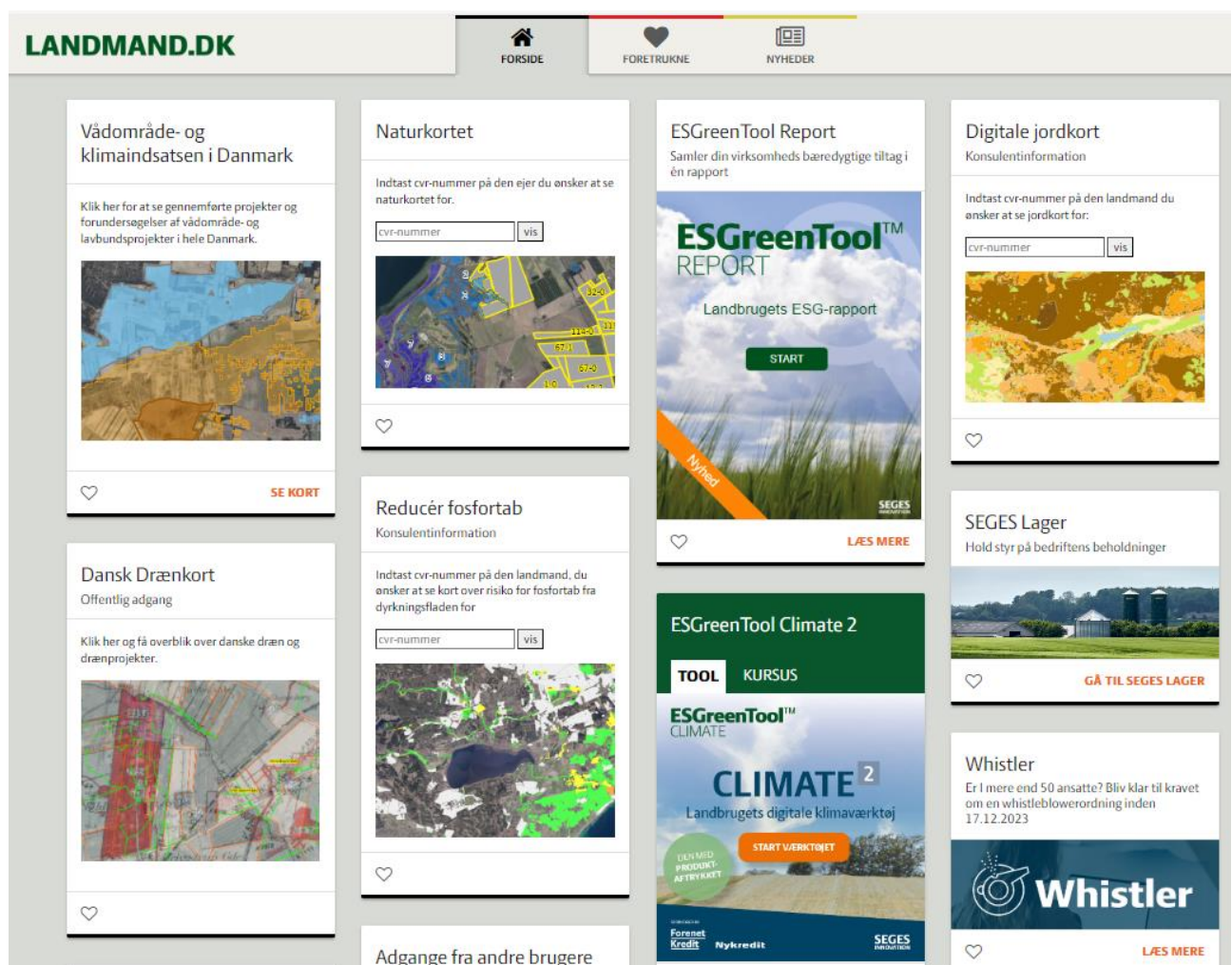
Projektet er finansieret af midler fra Miljøstyrelsen og Promilleafgiftsfonden. Miljøstyrelsen har finansieret udarbejdelse af kortværktøjet, mens Promilleafgiftsfonden har finansieret udarbejdelse af formidlingsmateriale og faktaarket om virkemidler gennem projektet *Robust landbrugsproduktion ved effektiv ressourceudnyttelse og reduceret miljøpåvirkning*. Risikokortene, som ligger til grund for kortværktøjet, er udarbejdet af Aarhus Universitet og er beskrevet i rapporten [Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark](#). Arbejdet med implementering af kortværktøjet og udarbejdelse af formidlingsmateriale er hos SEGES Innovation lavet af Rita Hørfarter, Rose Elsgaard, Klaus Lisberg Kristensen, Fiona Elizabeth Bruce og Camilla Lemming. Jonas Rolighed fra Institut for Bioscience, Aarhus Universitet og Goswin Heckrath fra Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet, har bistået med råd og vejledning i forbindelse med implementering af kortene.

Camilla Lemming, SEGES Innovation, december 2023

2 BESKRIVELSE AF KORTVÆKRTØJET

Kortværktøjet baserer sig på Aarhus Universitets kort over risiko for fosfortab, som er beskrevet i rapporten [Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark](#).

Kortene over risiko for fosfortab er implementeret som en del af sitet landmand.dk, som besøges af 2.000 'unikke' landmænd pr. dag. På sitet er kortværktøjet implementeret som temaet "Reducér fosfortab". Se skærmdump nedenfor, hvor der er vist eksempel på konsulentvisning. For landmænd vil titlen være den samme, men teksten vil være "Klik her og se kort over risiko for fosfortab fra dine marker samt forslag til virkemidler til reduktion af fosfortab".



Eksempel på konsulentvisning af temaet "Reducér fosfortab" på landmand.dk. For landmænd vil titlen være den samme, men teksten vil være "Klik her og se kort over risiko for fosfortab fra dine marker samt forslag til virkemidler til reduktion af fosfortab".

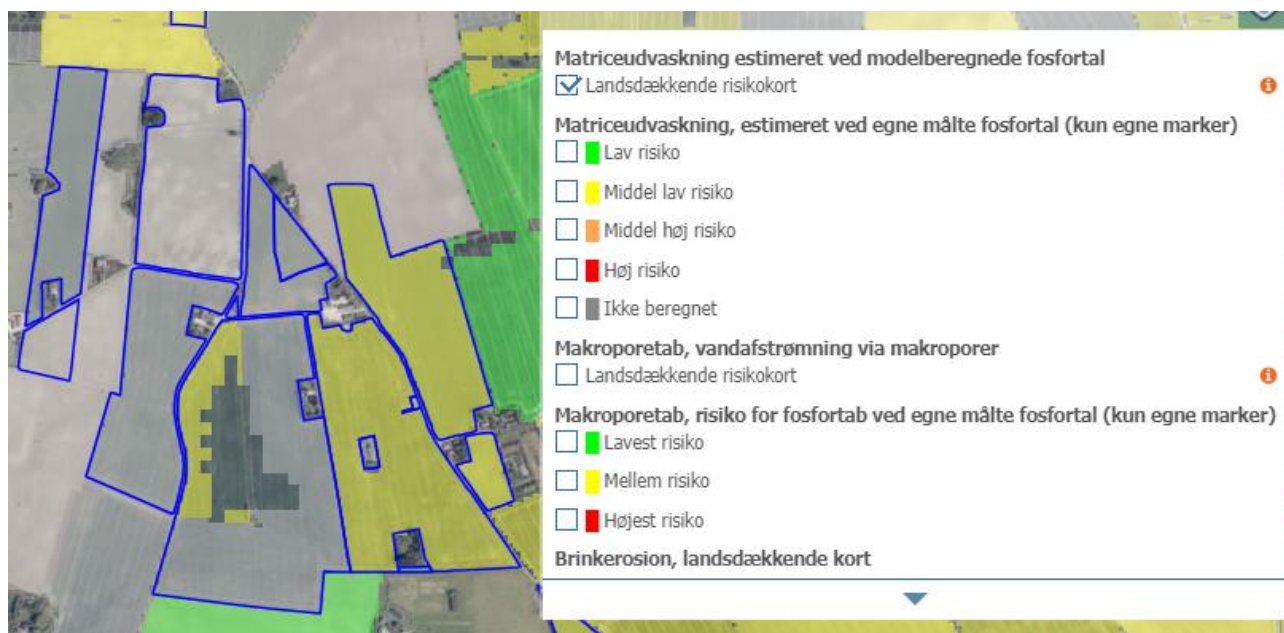
2.1 Følgende kort er implementeret

1) Matriceudvaskning estimeret ved modelberegne fosfortal – landsdækkende risikokort

Kortet er en direkte implementering af Aarhus Universitets risikokort. Visningen er på markniveau, baseret på markgrænser for 2019. Der er ikke beregnet udvaskning fra organiske lavbundsjord og ikke-drænede arealer (baseret på AU's kort over forventet dræningsstatus). Disse arealtyper fremstår enten som grå flader eller som en flade uden kortlag.

Der er anvendt samme inddeling som i MiljøGIS, men værdierne for udvaskning er erstattet af "risikoklasser" på følgende måde:

	Risikoklasse	Matriceudvaskning (kg P pr. ha)
	Lav risiko	>0,05
	Middel lav risiko	0,05-0,1
	Middel høj risiko	0,1-0,2
	Høj risiko	> 0,2



Eksempel på visning af risiko for matriceudvaskning, estimeret ved modelberegne fosfortal

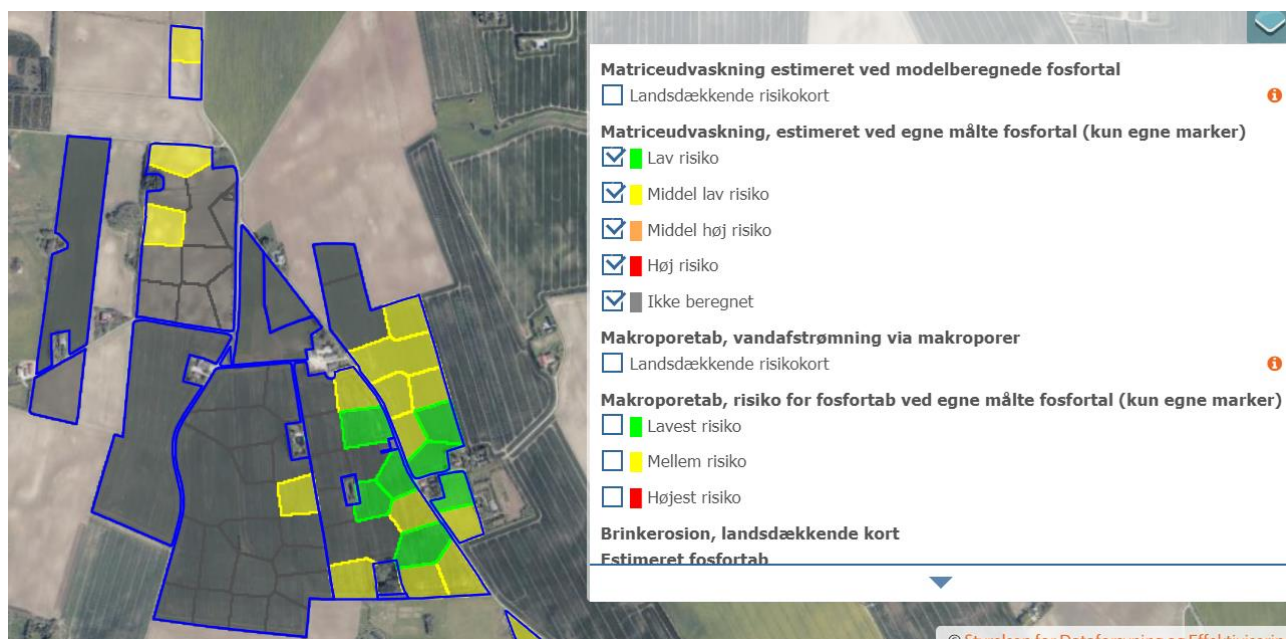
2) Matriceudvaskning estimeret ved egne målte fosfortal - kun egne marker

I stedet for de modelberegne fosfortal har landmanden her mulighed for at få vist udvaskningsberegningen, hvor egne målte fosfortal indgår. Dette kræver at der tages jordprøver med bestemmelse af fosfortal siden 2015. Udvasningen er beregnet som beskrevet af AU i notatet i bilag 1.

Udvaskningen er beregnet på niveauet for jordprøvefladen, teknisk set kaldet "voronoi"-fladen, og der er anvendt samme klasseinddeling for risikoniveauerne som beskrevet for det landsdækkende matriceudvaskningskort.

Som for det landsdækkende kort er der ikke beregnet udvaskning for organiske lavbundsjord og jorde som ikke er forventet drænet. Denne udvælgelse er lavet på følgende måde:

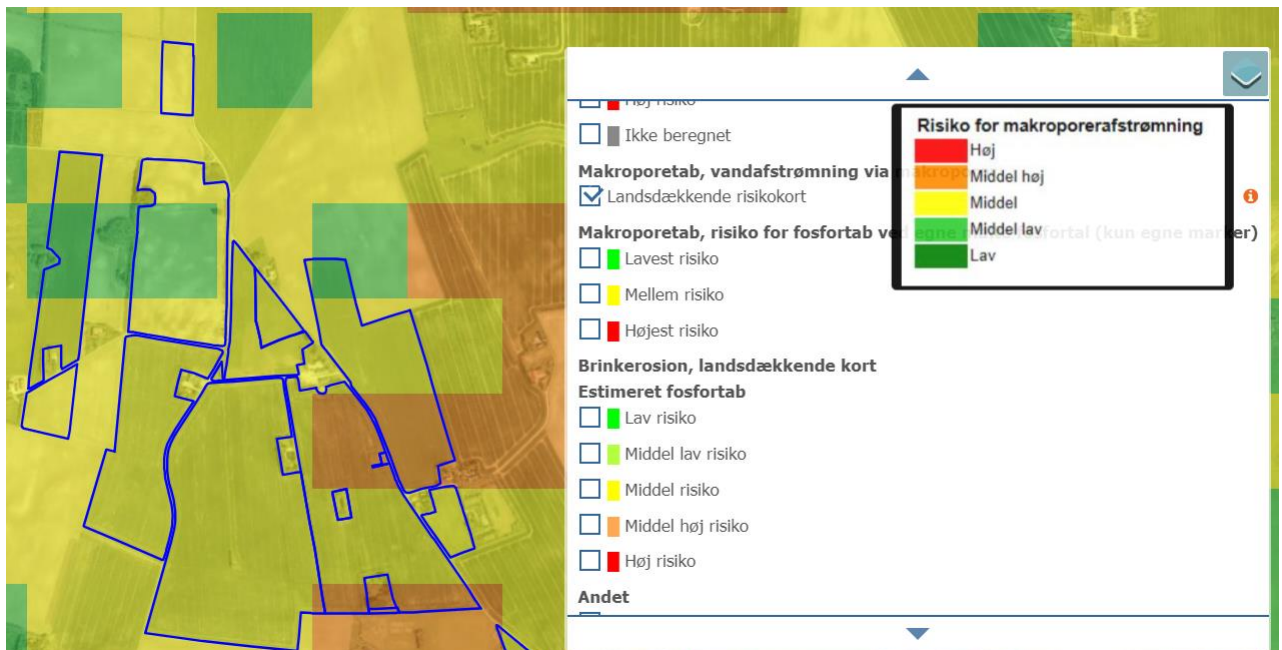
- Voronoi-flader uden forventet dræning: Der er taget udgangspunkt i AU drænings sandsynlighedskort (10x10 m pixels), som angiver dræningsstatus til 1 eller 2:
 1 = over 50% sandsynlighed for dræning
 2 = under 50 % sandsynlighed for dræning
 På voronoi-fladen bliver dette i nogle tilfælde et tal mellem 1 og 2, hvis begge typer dræningstilstand forekommer på fladen. For at få hele tal har der været afrundet til 0 decimaler. Således kan værdierne tolkes som:
 1= Større sandsynlighed for dræning end ingen dræning
 2= Større sandsynlighed for ingen dræning end dræning.
 Voronoi-flader med værdien 2 er blevet kategoriseret som "Ikke beregnet".
- Voronoi-flader på organisk lavbundsjord: Her er anvendt kortet Tekstur2014. Hvis centrum er voronoi-fladen rammer organisk lavbundsjord (jf. Tekstur2014-kortet) er den kategoriseret som "ikke beregnet".



Eksempel på visning af risiko for matriceudvaskning, estimeret ved egne målte fosfortal.

3) Makroporetab, vandafstrømning via makroporer – landsdækkende risikokort

Kortet er en direkte implementering af Aarhus Universitets kort over risiko for vandafstrømning via makroporer. Kortet er på niveauet 200 x 200 m pixels. Der er anvendt samme klasser som i MiljøGIS.,



Eksempel på visning af risiko for vandafstrømning via makroporer – landsdækkende kort.

4) Makroporetab, risiko for fosfortab ved egne målte fosfortal – kun egne marker

Til kortet er der taget udgangspunkt i AU's kort over kort over risiko for vandafstrømning via makroporer. Dette er koblet med landmandens egne målte fosfortal til en vurderet risiko for fosfortab via makroporer. Koblingen er lavet af SEGES, jf. nedenstående tabel:

	Kombination af makroporeklasse og Pt	
	Makroporeklasse	Pt
Lavest risiko	0 og 1	Alle Pt
	2 og 3	hvis Pt < 3
	4 og 5	ved Pt < 2
Mellem risiko	2 og 3	Pt 3 - 6
	4 og 5	Pt 2 - 4
Højest risiko	2 og 3	Pt > 6
	4 og 5	Pt > 4

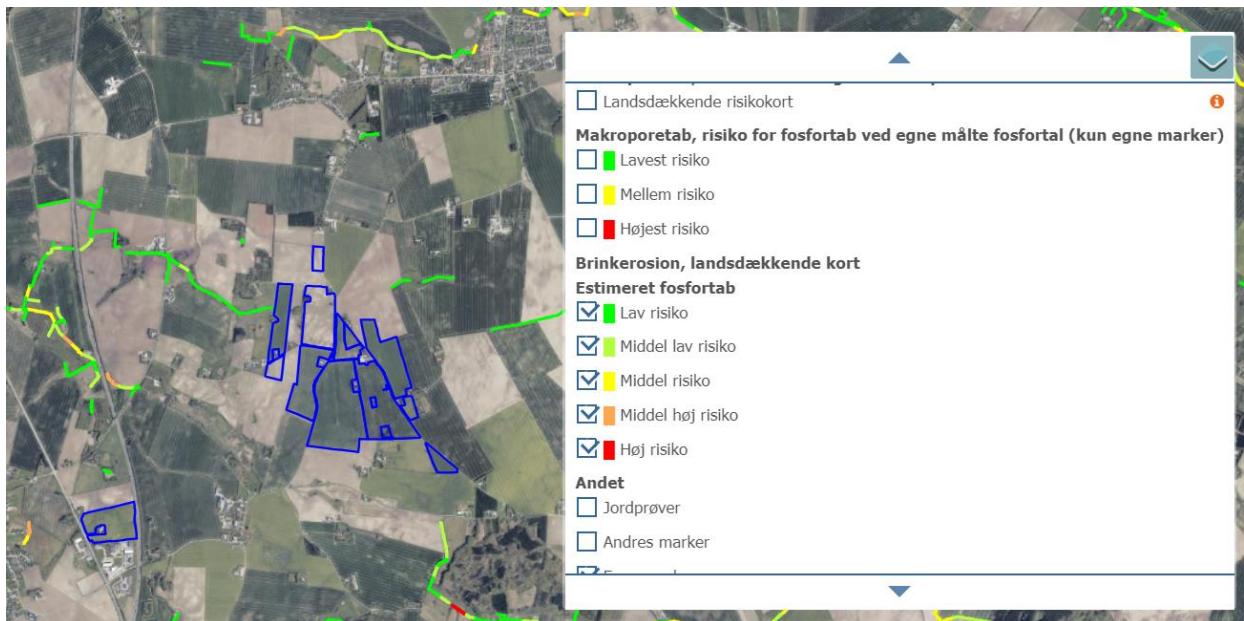


Eksempel på visning af risiko for fosfortab via makroporer, estimeret ved egne målte fosfortal

5) Brinkerosion, landsdækkende kort

Kortet er en direkte implementering af Aarhus Universitets kort over risiko for fosfortab ved brinkerosion. Der er anvendt samme inddeling som i MiljøGIS, men værdierne for tab er erstattet af "risikoklasser" på følgende måde:

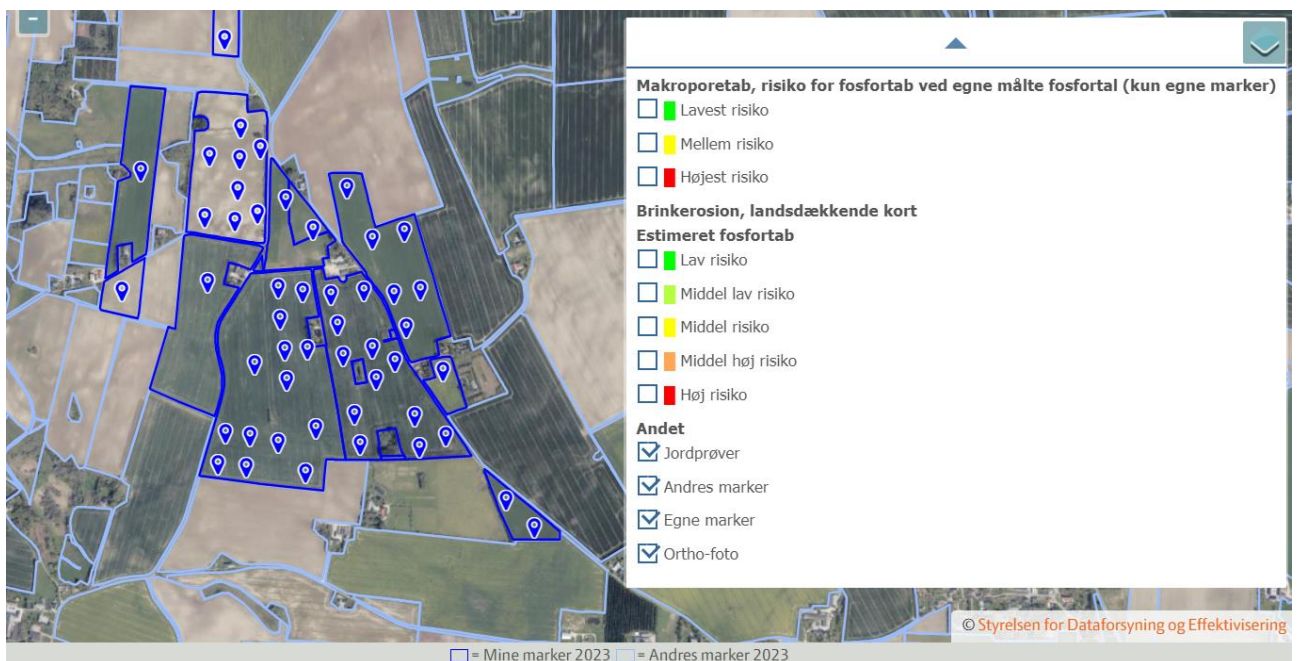
Risikoklasse	(kg P pr. 100 m vandløb)
 Lav risiko	< 1
 Middel lav risiko	1 til 2
 Middel risiko	2 til 3
 Middel høj risiko	3 til 5
 Høj risiko	> 5



Eksempel på visning af risiko for tab ved brinkerosion.

Øvrige visninger i kortmaterialet:

Som det fremgår af kortudsnittet nedenfor, er der også mulighed for at få vist "jordprøver", markgrænser for andres marker, markgrænser for egne marker og orthofoto. Når man klikker på den enkelte jordprøve (blå dråbe) vises år for udtagning og fosfortalsværdien for jordprøven. Både egne markgrænser og andres markgrænser er baseret på 2023-markgrænser.



2.2 Følgende kort er *ikke* implementeret:

- Vanderosion – landsdækkende risikokort for erosion til vandmiljøet
- Vanderosion estimeret ved egne målte fosfortal

Der var planlagt en implementering af kort over risiko for fosfortab via vanderosion. Men kortene var forsinkede fra Aarhus Universitet, og var endnu ikke tilgængelige ved projektets afslutning.

3 YDERLIGERE INFORMATION I KORTVÆRKTØJET

I kortværktøjet på landmand.dk ligger der under selvkortene fire faner, som dels informerer om anvendelse af kortværktøjet og baggrund, og dels informerer om virkemidler med mere baggrundsviden om fosfortab. Indholdet i fanerne er gengivet herunder.

Fanen "Information"

Information

Mere om tabsveje

Virkemidler

Mere viden om fosfortab

Reducér fosfortab

Anvendelse af kortværktøjet

Formålet med kortværktøjet er at inspirere til frivillig reduktion af fosfortab til vandmiljøet. Kortene kan bruges til at identificere marker eller områder i marker med øget risiko for fosfortab. I fanen "virkemidler" kan du få inspiration til indsatser, der begrænser fosfortabet. På arealer med høj risiko for fosfortab vil en målrettet indsats for at begrænse fosfortabet kunne have stor betydning for tabet af fosfor til vandmiljøet.

Bedre kort ved at inkludere egne data for fosfortal

De landsdækkende risikokort er en visning af Aarhus Universitets risikokort, som er beskrevet i denne rapport. I disse kort indgår modellerede fosfortal. Du har i kortværktøjet også mulighed for at få vist kort, hvor dine egne målte fosfortal indgår i risikoberegningen. Dette er muligt, hvis du har fået foretaget fosfortalsanalyser gennem DLBR inden for de seneste 5 år. Hverken dine fosfortal eller den tilhørende risikoberegning er synlige for andre end dig og din DLBR-konsulent.

Der er lavet risikokort for fire forskellige tabsveje for fosfor

For at kunne vælge det rette virkemiddel til et areal med høje risiko for fosfortab, er det vigtigt at vide, hvilken tabsvej, der er tale om. Derfor vises kortene for de forskellige tabsveje enkeltvis. Herunder er kort beskrevet baggrunden for kortet og i fanen "Mere om tabsveje" er de forskellige tabsveje forklaret.

Matriceudvaskning:

Risiko for udvaskning af fosfor gennem jordsøjlen/jordmatricen og derefter tab via dræn. Risikoberegningen er baseret på fosfortal, jordens bindingskapacitet, markens forventede dræningsstatus og estimeret afstrømning gennem dræn.

- Landsdækkende risikokort: Der indgår modellerede fosfortal i risikoberegningen. Risikoen vises på markniveau.
- Kort ved egne målte fosfortal: Egne målte fosfortal indgår i risikoberegningen. Risikoen vises i en skala, der passer til tætheden af de udtagne jordprøver.

Bemærk: for begge kort gælder, at risikoen for fosfortab ved matriceudvaskning kun er beregnet for arealer på mineraljord (jf. tekstur 2014) og arealer, som er forventet drænet (jf. AU-kort over forventet dræningsstatus).

Makroporetabs:

Risiko for tab gennem jordens makroporer (porer > 3mm) til dræn.

- Landsdækkende risikokort: Viser risikoen for vandafstrømning via makroporer i 5 klasser. Risikoen vises i 200 x 200 m opløsning. Fosfortabet gennem makroporerne vil til en vis grad følge vandafstrømningen, men vil også afhænge af f.eks. jordens fosfortal.
- Kort ved egne målte fosfortal: Viser den vurderede risiko for fosfortab via makroporer i 3 klasser. Risikoen er vurderet ud fra risikoen for vandafstrømning via makroporer (det landsdækkende risikokort) kombineret med størrelsen på de målte fosfortal.

Brinkerosion:

Risiko for tab af fosfor fra vandløbsbrinker. Her vises kun et landsdækkende risikokort, der viser risikoen for tab af fosfor pr. 100 m vandløbsstrækning.

Vanderosion:

Kortene kommer senere. Indtil da kan du observere i dine marker, om der er tegn på erosion efter de kraftige nedbørshændelser i efteråret 2023.

Usikkerheder

De beregnede og vurderede risici for fosfortab er behæftet med en væsentlig usikkerhed. Kortene kan derfor ikke anvendes til at angive de specifikke tab fra bestemte arealer, men skal i stedet bruges til at få en idé, hvor risikoarealer forekommer.

Baggrundsmateriale

Kortene i kortværktøjet er baseret på Aarhus Universitets Fosforrisikokort, som er beskrevet i denne rapport: Andersen, H. E. & Heckrath, G. (redaktører). 2020. Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Dan-mark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 338 s. - Videnskabelig rapport nr. 397 <http://dce2.au.dk/pub/SR397.pdf>

Fosfortab – kort fortalt

Ønsker du en kort forklaring og et bedre overblik over fosfortab, kan du også kigge i dette faktaark fra SEGES: [Fosfortab – kort fortalt](#)

Fanen "Mere om tabsveje"

Information

Mere om tabsveje

Virkemidler

Mere viden om fosfortab

Mere om tabsveje

I tabellerne beskrives forskellige tabsveje for fosfor samt arealer med størst risiko for den pågældende tabsvej.

Tabsveje som er inkluderet i kortværktøjet:

Tabsvej	Beskrivelse	Arealtyper med størst risiko for fosfortab
Vanderosion (kommer senere)	Ved større nedbørshændelser kan det strømmende vand rive jordpartikler løs, hvortil der er bundet fosfor. Partiklerne skylles med vandet og deponeres andre steder eller tabes til vandløb og søer.	Skrånende arealer uden eller med kun lidt bevoksning
Matriceudvaskning	Udvaskning af opløst fosfor gennem jordmatricen og derefter tab via dræn. På ikke-drænede arealer vil det opløste fosfor typiske blive bundet i de dybere jordlag og vil derfor ikke blive udvasket.	Drænede arealer med høj fosformætningsgrad
Makroporetabs	I jorder med mange markoporer (porer større end 3 mm) vil jordens evne til at binde fosfor blive forbigået, når vandet strømmer ned gennem makroporerne. Risikoen for tab er størst på drænede arealer, hvor makroporerne kan føre fosforen direkte ned mod dræne.	Drænede arealer på lerjord
Brinkerosion	Forekommer når vandet i vandløbet løsriver jordpartikler i brinkerne og det hertil bundne fosfor.	Stejle vandløbsbrinker med højt fosforindhold

Tabsveje som ikke er inkluderet i kortværktøjet:

Tabsvej	Beskrivelse	Arealtyper med størst risiko for fosfortab
Overfladeafstrømning	Når vand strømmer af på overfladen kan fosfor fra øverste jordlag blive opløst i vandet og transporteret væk. Der er en glidende overgang mellem overfladeafstrømning og erosion.	Skrånende arealer
Vinderosion	Jordbundet fosfor tabes, når jordens partikler blæses med vinden.	Sandjord uden bevoksning
Tab fra dyrket organisk lavbundsjord	I våde perioder kan der opstå forhold, hvor jernoxider, som ellers binder fosfor, vil frigive det bundne fosfor, som så kan udvaskes på opløst form via dræn.	Drænet organisk lavbundsjord

Fanen "Virkemidler"

Information

Mere om tabsveje

Virkemidler

Mere viden om fosfortab

Virkemidler

Tabellen nedenfor kan bruges til at få inspiration til virkemidler, der kan anvendes ved forskellige typer af fos-fortabsveje. For hvert virkemiddel er linket til mere information om virkemidlet. SEGES har udarbejdet nye faktaark om seks forskellige virkemidler.

Tabsvej	Virkemidler	Link til mere info
Vanderosion	Miljøoptimeret positionsbestemt P-tilførsel	SEGES faktaark om virkemidlet
	Strukturkalkning	SEGES faktaark om virkemidlet
	Vegetationsstriber	SEGES faktaark om virkemidlet
	Udyrkede randzoner	SEGES faktaark om virkemidlet
	Pløjeretning på tværs af konturer	DCE virkemiddelkatalog s. 75
	Reduceret jordbearbejdningsintensitet	DCE virkemiddelkatalog s. 75
	Integrerede randzoner	DCE virkemiddelkatalog s. 140
Matriceudvaskning	Miljøoptimeret positionsbestemt P-tilførsel	SEGES faktaark om virkemidlet
	Styret dræning	LandbrugsInfo: Sådan bruger du styret dræning på marken
	Minivådområder	DCE virkemiddelkatalog s. 88 og 104
	Integrerede randzoner	DCE virkemiddelkatalog s. 118
Makroporetab	Indarbejdning af gødning og/eller udskydelse af gødskning	SEGES faktaark om virkemidlet
	Miljøoptimeret positionsbestemt P-tilførsel	SEGES faktaark om virkemidlet
	Strukturkalkning	SEGES faktaark om virkemidlet
	Styret dræning	LandbrugsInfo: Sådan bruger du styret dræning på marken
	Minivådområder	DCE virkemiddelkatalog s. 88 og 104
	Integrerede randzoner	DCE virkemiddelkatalog s. 118
Brinkerosion	Træer langs vandløb	SEGES faktaark om virkemidlet

Fanen "Mere viden om fosfortab"

Information	Mere om tabsveje	Virkemidler	Mere viden om fosfortab
Mere viden om fosfortab SEGES har lavet dette korte faktaark med information om fosfortab (Fosfortab - kort fortalt). Læs også følgende rapporter fra Aarhus Universitet Fosforkortlægning af dyrkningsjord i Danmark Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet			

4 DIGITALE FAKTAARK OM FOSFORTAB OG VIRKEMIDLER

Der er udarbejdet følgende faktaark, som ligger samlet i bilag 2:

- Fosfortab – kort fortalt
- Indarbejdning af gødning og/eller udskydelse af gødsning
- Miljøoptimeret positionsbestemt P-tilførsel
- Strukturkalkning
- Vegetationsstriber
- Udyrkede randzoner
- Træer langs vandløb

5 FORMIDLING OG PRÆSENTATION AF KORTVÆRKTØJET

- Præsentation på Vandmiljøkonference d. 31/10 2023 (bilag 3)
- Artikel på LandbrugsInfo 20/12 2023: "Reducér fosfortab fra marken" (bilag 4)
- SEGES afholder et landmandsrettet [webinar d. 6/2 2024 med titlen "Fokus på fosfortab"](#). En del af webinarret omhandler kortværktøjet til reduktion af fosfortab (bilag 5).

6 ERFARINGER MED AT MÅLRETTE REDUKTION AF FOSFORTAB VIA KORTVÆRKTØJET

SEGES forventer tilbagemeldinger vedrørende erfaringer i det nye år samt efter webinarret d. 6/2 2024.

BILAG 1

Beskrivelse af model til beregning af matrice-udvaskning af opløst fosfor til dræn på mineraljorde

Jonas Rolighed, Institut for Bioscience, Aarhus Universitet

Introduktion

Følgende er en forkortet beskrivelse af beregning af udvaskning af opløst fosfor som følge af matrice-afstrømning, som beskrevet i Bilag 3 i Andersen and Heckrath (2020).

På baggrund af kortlægning af fosfortal i pløjelaget (Conterras P-tal), bindingskapacitet i pløjelaget (0-25cm) og i drændybden (75-100cm) samt drænastrømning, som stammer fra jordmatricen, beregnes den årlige udvaskning af opløst fosfor fra dræn.

1. Relation mellem P-tal og vandekstraherbart P (P_w)

Vandekstraherbart P i pløjelaget (0-25cm) beregnes ud fra P-tal efter følgende relation:

$$P_w = 0.32 (P_{tal} * 10)^{0.96}$$

2. P_w i drændybde (75-100cm)

P_w i drændybde tildeles værdi ift. P_w værdi i pløjelaget:

P_w (0-25cm) (mg P kg ⁻¹)	P_w (75-100cm) (mg P kg ⁻¹)
0-3.1	1,3
3.1-4.3	1,2
4.3-5.2	1,4
5.2-6.2	1,2
6.2-7.3	1,7
7.3-8.6	1,6
8.6-9.9	1,7
9.9-11.7	2,3
11.7-14.5	2,3
14.5-49	4,5

3. Beregning af ligevægtskoncentration af opløst fosfor i jordvand i drændybden

Til beregning af ligevægtskoncentration af opløst fosfor i jordvand ($C_{e_mg_L}$) anvendes værdi for P_w og bindingskapacitet (PAC) for jordlag i drændybden (75-100cm). Resterende værdier defineres i nedenstående beregning, som er skrevet i SAS.

```
Pw_dat      = Pw;  
if Pw_dat <= 0.5 then Pw_dat=0.5;
```

```

Pw_crit      = Pw_dat;
Pw           = 0;
PiMIN        = 0;
PiMAX        = 0.999999*beta*2*PAC;
Pi           = (PiMIN+PiMAX)/2;
Qm           = beta*2*PAC;
QQM          = Pi/Qm;

/*Ligning med 2 ubekendte løses numerisk*/
do pi= 0.0001 to PiMAX by 0.00001 until (abs(Pw-Pw_crit)<0.0001*Pw_crit);
Wsoil        = 0.001;
VH2O         = 0.00005;
KA           = K*KD;
CE           = PI/(K*(QM-PI));
df           = 50;
C0           = CE/df;
GAMMA        = Wsoil/(VH2O*10*10*10);
RECIP        = 1/GAMMA;
Q0           = PI - RECIP*C0;
A2           = -1 * KA * RECIP;
A1           = -1 * KA * (QM-PI) - KD * RECIP;
A0           = KD * PI;
D            = (A1 * A1) - 4 * A2 * A0;
SD           = SQRT(D);
P            = (2*A2*C0 + A1 - SD)/(2*A2*C0 + A1 + SD);
T            = 1;
TAU          = P * EXP(GAMMA*t*SD);
C1           = ((A1-SD)-(A1+SD)*TAU)/(2*A2*(TAU-1));
Q1           = PI - RECIP*C1;
PW           = (2.4163*10*10*10) * C1;
end;

Ce_mg_L=CE*30.973762 ;

```

4. Beregning af transport af opløst fosfor i dræn

I drænede områder gælder følgende beregning.

Afstrømning til dræn via matrice bestemmes ved at gange drænastrømningen fra median_disch_rf_cl_1990-2017.tif med andelen af matriceafstrømning i den pågældende makropore-klasse fra Macropore_5classes. Således skal drænastrømningen i klasse 0 og 1 ganges med 1, klasse 2 og 3 ganges med 0,7, mens klasse 4 og 5 ganges med 0,4 for at få drænastrømning, som stammer fra matriceafstrømning.

Den resulterende drænastrømning, som stammer fra matriceafstrømning skal nu ganges på ligevægtskoncentration af opløst fosfor i jordvand fra pkt. 3 for at beregne en transport af opløst fosfor fra matriceafstrømning til dræn. Nedenstående SAS-kode viser klassificering af andel af matriceafstrømning og beregning af transport samt tilpasning af enheder, så resultatet præsenteres i kg P/ha.

```

if Macropore_5classes in (0 1) then Macropore_5classes_f=0;
if Macropore_5classes in (2 3) then Macropore_5classes_f=0.3;
if Macropore_5classes in (4 5) then Macropore_5classes_f=0.6;

kg_ha_mt = ((1-Macropore_5classes_f) * median_disch_rf_cl_1990-2017 *10000)
*Ce_mg_L/1000/1000;

```

BILAG 2

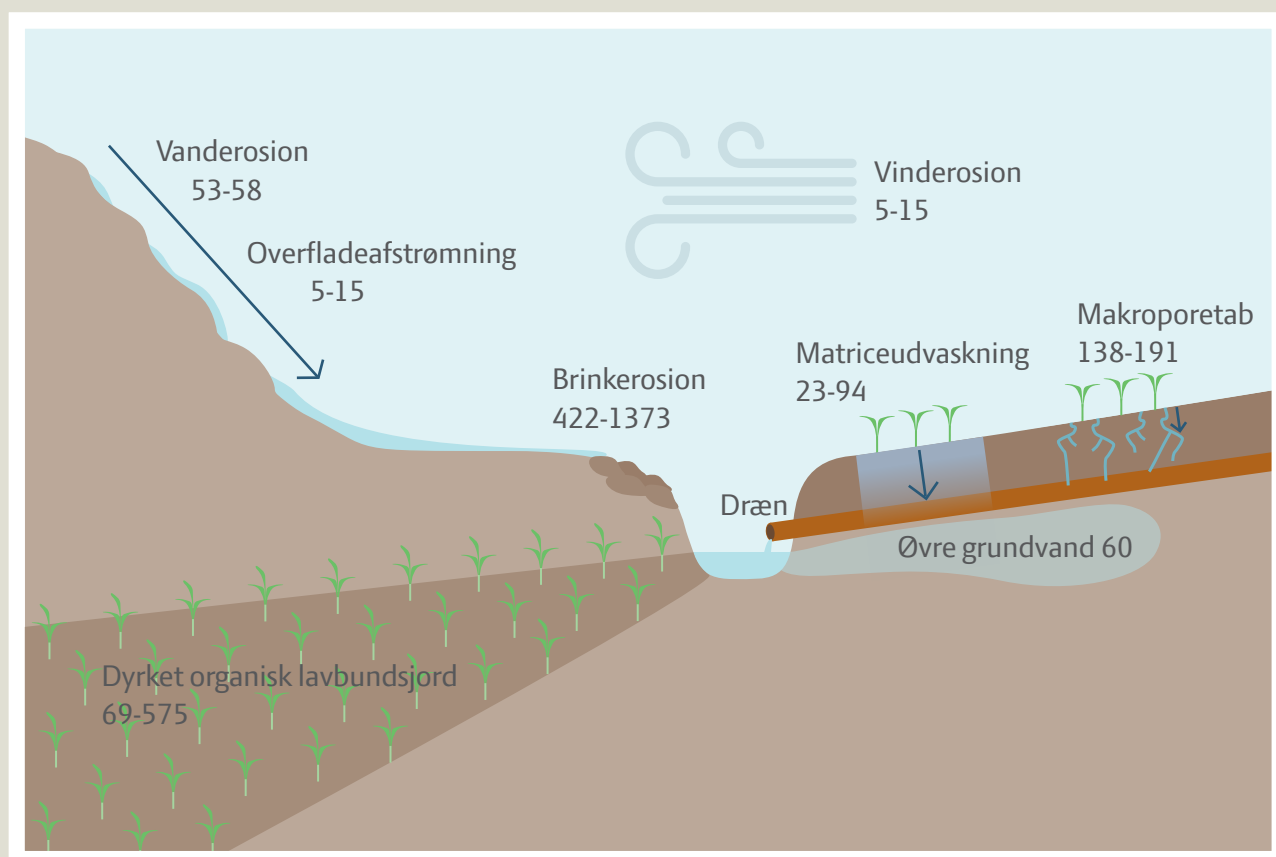
Fosfortab – kort fortalt

Fosfor bindes normalt hårdt til jordens partikler, og fosfor tabes derfor ikke i samme grad som kvælstof.

Det største bidrag til fosfortab til vandmiljøet kommer fra brinkerosion. Sammen med et mindre bidrag fra grundvand udgør brinkerosion et såkaldt baggrundsbidrag, som bidrager til lidt over 1/3 af tabet. De næststørste tabsposter er henholdsvis landbrug og punktkilder, som hver især udgør ca. 1/3 af det samlede tab. Det resterende tab på lidt under 5 % kommer fra spredt bebyggelse (Andersen et al. 2020).

Landbrugsbidraget kan opdeles på en række forskellige tabsveje. På figuren nedenfor fremgår hvordan tabet af fosfor fordeler sig på forskellige tabsveje på landsplan. Lokalt kan den enkelte tabsvej have stor betydning for vandmiljøet, selvom det samlede tab på landsplan er begrænset. På de næste sider findes mere information om de enkelte tabsveje.

Tabsveje for fosfor



Baggrundsbidrag og landbrugsbidrag, tons fosfor pr. år for hele landet. Illustrationen er baseret på data fra Andersen et al. (2020).

Beskrivelse af fosfortabsveje

Tabsveje som er inkluderet i kortværktøjet

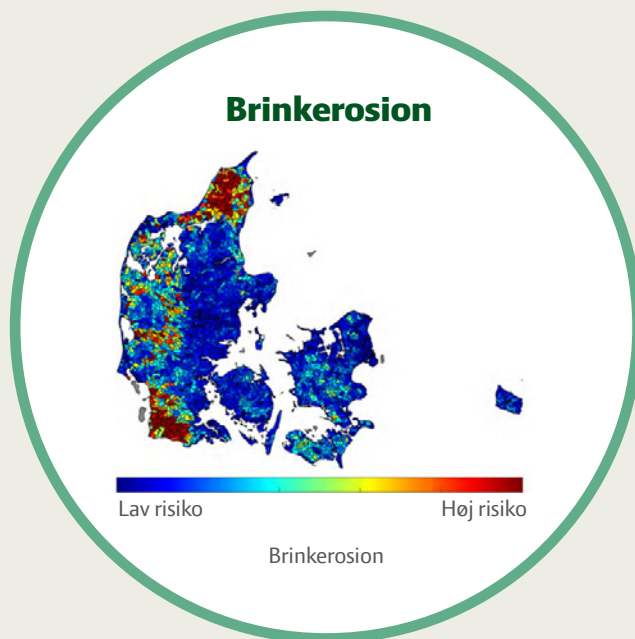
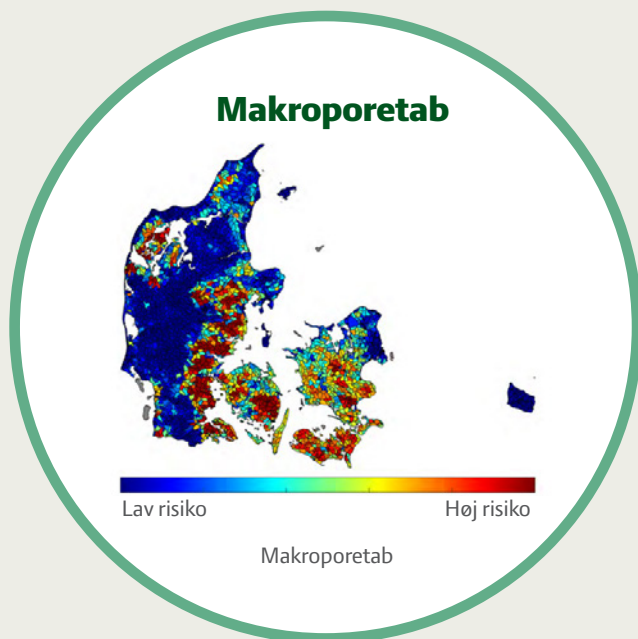
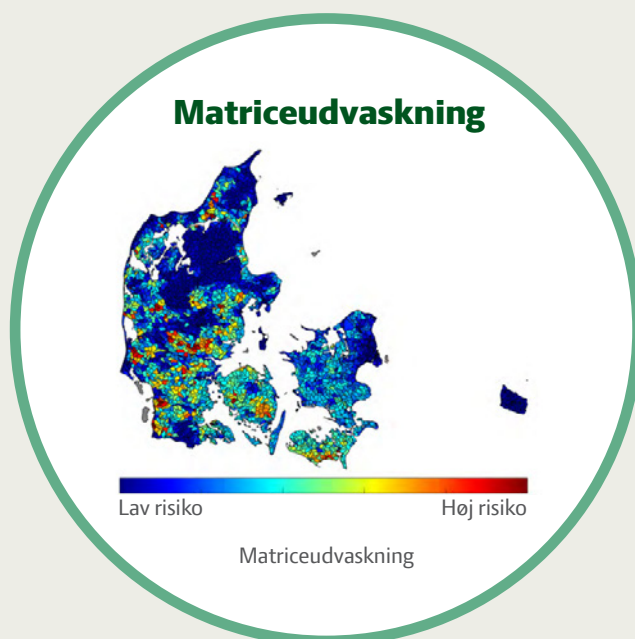
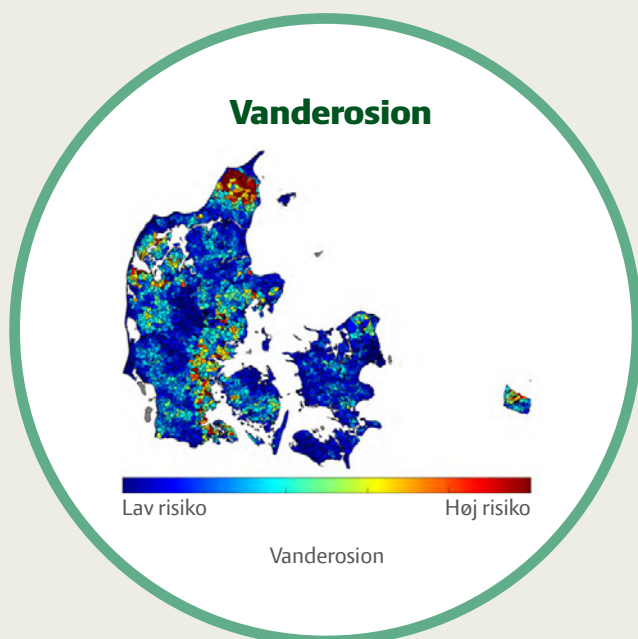
Tabsvej	Beskrivelse	Arealtyper med størst risiko for fosfortab
Vanderosion	Ved større nedbørshændelser kan det strømmende vand rive jordpartikler løs, hvortil der er bundet fosfor. Partiklerne skylles med vandet og deponeres andre steder eller tabes til vandløb og søer.	Skrånende arealer uden eller med kun lidt bevoksning
Matrice-udvaskning	Udvaskning af opløst fosfor gennem jordmatricen og derefter tab via dræn. På ikke-drænede arealer vil det opløste fosfor typisk blive bundet i de dybere jordlag og vil derfor ikke blive udvasket.	Drænede arealer med høj fosformætning
Makroporetabs	I jorder med mange makroporer (porer større end 3 mm) vil jordens evne til at binde fosfor blive forbigået, når vandet strømmer ned gennem makroporerne. Risikoen for tab er størst på drænede arealer, hvor makroporerne kan føre fosforen direkte ned mod dræne.	Drænede arealer på lerjord
Brinkerosion	Forekommer når vandet i vandløbet løsriver jordpartikler i brinkerne og det hertil bundne fosfor.	Stejle vandløbsbrinker med højt fosforindhold

Tabsveje som ikke er inkluderet i kortværktøjet

Tabsvej	Beskrivelse	Arealtyper med størst risiko for fosfortab
Overfladeafstrømning	Når vand strømmer af på overfladen kan fosfor fra øverste jordlag blive opløst i vandet og transporteret væk. Der er en glidende overgang mellem overfladeafstrømning og erosion.	Skrånende arealer
Vinderosion	Jordbundet fosfor tabes når jordens partikler blæses med vinden.	Sandjord uden bevoksning
Tab fra dyrket organisk lavbundsjord	I våde perioder kan der opstå forhold, hvor jernoxider, som ellers binder fosfor, vil frigive det bundne fosfor, som så kan udvaskes i opløst form via dræn.	Drænet organisk lavbundsjord

Geografisk udbredelse af risikoen for fosfortab ved de forskellige fosfortabsveje

Kortene nedenfor viser risikoen for fosfortab på ID15-niveau ved fire forskellige fosfortabsveje. Kortene kan dermed give et indtryk af den geografiske udbredelse af de forskellige tabsveje. Lokalt kan en given tabsvej dog have stor betydning, selvom den ikke viser høj risiko for et helt ID15-opland. På kortværktøjet "Reducér fosfortab" på land-mand.dk kan du se risikoen for de forskellige tabsveje på dine egne marker.



Baseret på Andersen et al. (2020).

Oversigt over virkemidler til reduktion af fosfortab

Tabstype	Virkemiddel	Link til mere info
Vanderosion	Miljøoptimeret positionsbestemt P-tilførsel	SEGES faktaark om virkemidlet
	Strukturkalkning	SEGES faktaark om virkemidlet
	Vegetationsstriber	SEGES faktaark om virkemidlet
	Udyrkede randzoner	SEGES faktaark om virkemidlet
	Pløjeretning på tværs af konturer	DCE virkemiddelkatalog s. 75
	Reduceret jordbearbejdningsintensitet	DCE virkemiddelkatalog s. 75
	Integrerede randzoner	DCE virkemiddelkatalog s. 140
Matriceudvaskning	Miljøoptimeret positionsbestemt P-tilførsel	SEGES faktaark om virkemidlet
	Styret dræning	LandbrugsInfo: Sådan bruger du styret dræning på marken
	Minivådområder	DCE virkemiddelkatalog s. 88 og 104
	Integrerede randzoner	DCE virkemiddelkatalog s. 118
Makroporetab	Indarbejdning og/eller udskydelse af gødskning	SEGES faktaark om virkemidlet
	Miljøoptimeret positionsbestemt P-tilførsel	SEGES faktaark om virkemidlet
	Strukturkalkning	SEGES faktaark om virkemidlet
	Styret dræning	LandbrugsInfo: Sådan bruger du styret dræning på marken
	Minivådområder	DCE virkemiddelkatalog s. 88 og 104
	Integrerede randzoner	DCE virkemiddelkatalog s. 118
Brinkerosion	Træer langs vandløb	SEGES faktaark om virkemidlet

Litteratur:

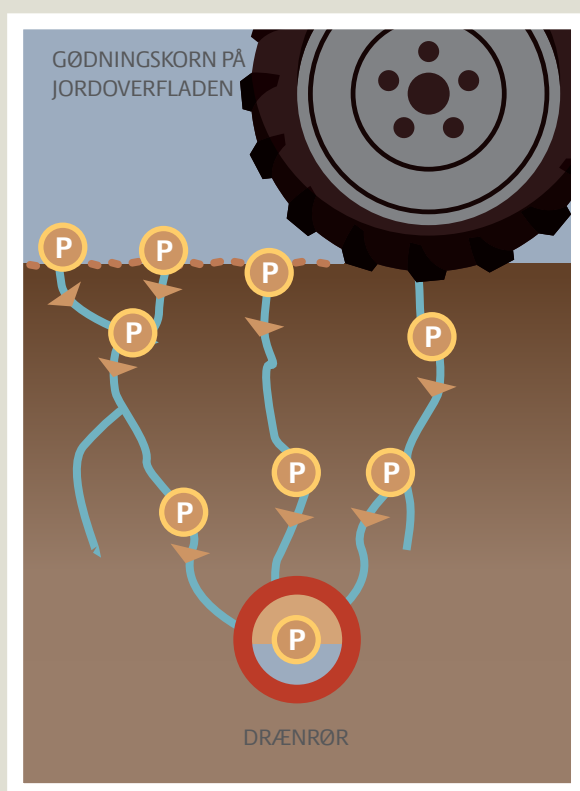
Andersen, H. E. & Heckrath, G. (redaktører). 2020. Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 338 s. - Videnskabelig rapport nr. 397 <http://dce2.au.dk/pub/SR397.pdf>

Indarbejdning af gødning og/eller udskydelse af gødskning

Virkemiddel mod tab via: makroporetransport, overfladeafstrømning

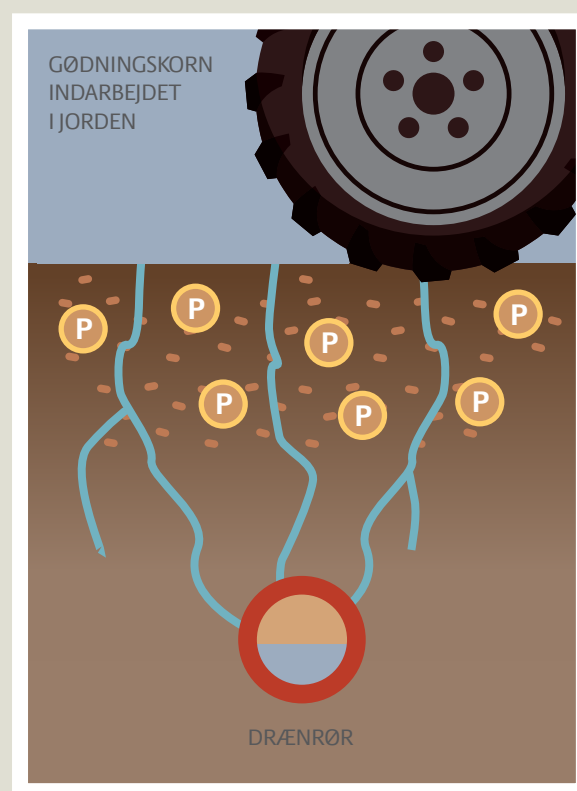
Beskrivelse: Husdyrgødning udbragt mellem høst og d. 1. april nedfældes direkte eller indarbejdes i jorden umiddelbart efter udbringning. Handelsgødning kan placeres eller nedharves for at bringe fosforen i kontakt til flere bindingsflader i jorden, hvilket vil mindske tilbøjeligheden til tab. Placering af fosforgødning sammen med såning giver samtidig en bedre fosforvirkning og merudbytter i forhold til bredspredt fosforgødning (Knudsen & Roelsgaard, 2016). Gødskning kan også udskydes til efter d. 1. april, hvor nedbøren aftager.

Gødning udbragt på jordoverflade



Når gødningen udbringes på jordoverfladen vil fosforen fra gødningen lettere tabes gennem makroporer.

Indarbejdning af gødning i jorden



Når gødningen indarbejdes i jorden kommer fosforen fra gødningen i kontakt med bindingsflader i jorden og der vil være mindre risiko for tab.

OBS:

- Nedfældning eller placering direkte i jorden er en mere sikker metode end indarbejdning efter udspreddning, da der vil være en risiko for at indarbejdningen ikke gennemføres grundet uforudsete nedbørshændelser.
- Udskydelse af kvælstofgødskning kan give en visuel forskel i vintersæd i løbet af foråret. Erfaringen er dog, at denne effekt ikke genfindes i udbyttet. Hvis den visuelle forskel alligevel ikke ønskes, kan der anvendes en handelsgødning med lavt/uden fosforindhold i den tidlige tildeling. For marker behandlet med husdyrgødning, kan første tildeling fint vente til april på arealer ramt af risiko for fosfortab.
- Nedfældning af gødning i vintersæd er muligt, men vil være mere tidomfattende fordi nedfælderen er betydeligt smallere i bredden end slangeudlæggere.
- Dette virkemiddel er mest effektivt på lerjorde, hvor jordstrukturen tillader dannelse af makroporer.

Virkemåde: Større nedbørshændelser, hvor jordens hydrauliske ledningsevne overskrides, kan medføre, at vandet transporteres gennem makroporer direkte til dræn. Fosfor fra dyrkningsfladen, der udvaskes med nedbøren, vil således få begrænset kontakt med bindingsflader i jorden og derfor ikke tilbageholdes effektivt. Nedbørshændelser der forårsager makroporetransport, forekommer overvejende i vinterhalvåret, hvorfor det kan hjælpe at udskyde udbringning af gødning på jordoverfladen til efter den 1. april.

Effekt og omkostninger:

Anslået effekt, omkostning og reduktionstab (Andersen et al., 2020; Rubæk et al., 2009).

Effekt (kg P pr. ha pr. år)	Omkostning (kr. pr. ha pr. år)	Omkostning i forhold til forventet effekt (kr. pr. kg P)
0,25	100	400

Positive sideeffekter:

- Der opnåes generelt en bedre udnyttelse af alle næringsstoffer i gødningen.
- I forårssåede afgrøder giver nedfældning af gylle eller placering af handelsgødning normalt merudbytte.
- Ved udskydelse af gødningstilførsel i vintersæd minimeres risikoen for kvælstoftab.

Usikkerhed:

Selvom det vurderes for sikkert at virkemidlet reducerer fosfortab ved makroporetransport, findes meget lidt data til fastsættelse af virkemidlets konkrete effekt (Rubæk et al., 2009).

Litteratur:

Andersen, H. E., Rubæk, G. H., Hasler, B., Jacobsen, B. H., Martinsen, L., Heckrath, G., Olsen, P., Munkholm, L. J., Hoffmann, C. C., Zak, D., Kronvang, B., van't Veen, S. G. W., Strandberg, B., Bruus, M., Lærke, P. E., Gundersen, P., Kudsk, P., Jørgensen, L. N., Hutchings, N., ... Pedersen, M. F. (2020). Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet: Bd. Vidensk. rapport 379 (H. E. Andersen, G. H. Rubæk, B. Hasler, & B. H. Jacobsen, Red.). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. <http://dce2.au.dk/pub/SR379.pdf>

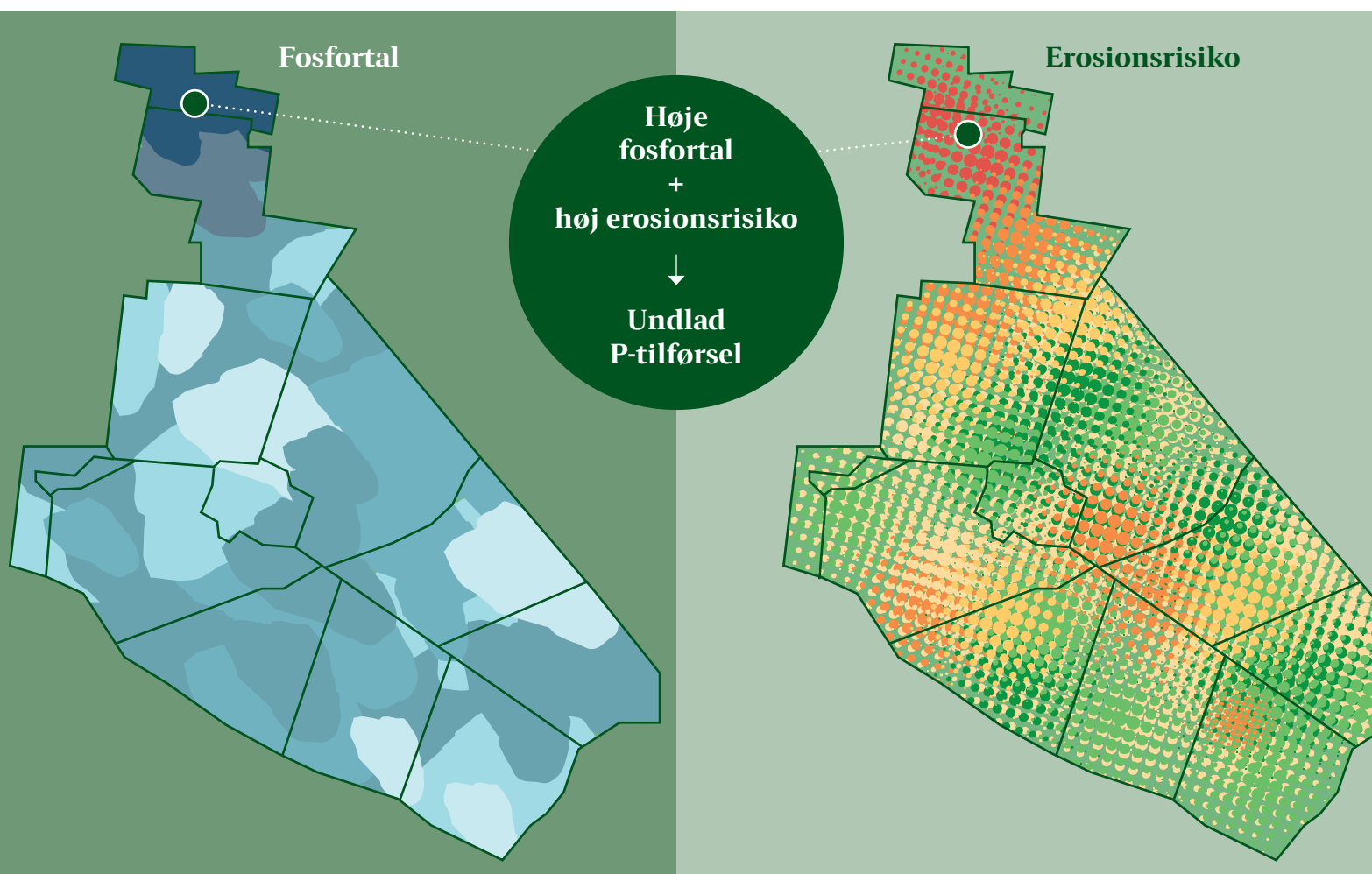
Knudsen, L., & Roelsgaard, J. S. (2016, januar 8). Virkemidler til reduktion af tab af fosfor. Landbrugsinfo.

Rubæk, G. H., Kjærgaard, C., Jørgensen, U., & Jacobsen, B. H. (2009). Direkte nedfældning eller indarbejdning i jorden af al gødning ved gødningsudbringning i perioden mellem høst og 1. april. I Kortlægning af risikoarealer for fosfortab i Danmark: Bd. Årgang 1 (Nummer Nr. A4, vers. 1, s. 1–5).

Miljøoptimeret positionsbestemt P-tilførsel

Virkemiddel mod tab via: vanderosion, makroporetransport

Beskrivelse: Fosfortal og risiko for fosfortab kan variere meget indenfor enkelte marker. Ved positionsbestemt P-tilførsel varieres tildelingen af fosfor inden for marken ud fra de målte fosfortal. Ved miljøoptimeret positionsbestemt P-tilførsel undlades tilførsel af fosfor i områder af marken med høje fosfortal og høj risiko for fosfortab. Det kan også være i hele marken, hvis den har jævnt høje fosfortal. Herved kan tab til vandmiljøet forhindres samtidig med at der ikke tilføres unødvendigt fosfor. Overordnet set bør der ikke tilføres fosfor når risikoen for fosfortab er høj og fosfortallet er over 4. I kortværktøjet identificeres disse områder direkte, når tabsrisikoen kobles med de målte fosfortal.



OBS:

- Til meget fosforfølsomme afgrøder som majs, roer og kartofler kan der fortsat være et behov for fosfor, selvom fosfortallet er højt. Undladelse af P-gødskning ved høje fosfortal vil i disse afgrøder kunne koste udbytter, men miljøeffekten vil stadig være der.
- På arealer med overset fosforbehov kan der være et fosforbehov selv ved høje fosfortal.
Se: [Arealer med overset fosforbehov: Vejledning om identifikation og gødskning \(landbrugsinfo.dk\)](https://landbrugsinfo.dk).
- Den største udfordring er, at gødskning med N og P oftest følges ad (f.eks. gylle eller NPK-gødning). Hvis man undlader P, er man derfor nødt til at supplere om med en ren N-gødning/NS-gødning: dvs. det kan være nødvendigt at ændre gødningssammensætning, og det kan evt. være nødvendigt med ekstra kørsler i marken når flere gødningstyper inddrages.
- For at reducere tilførsel af P i gylle, kan det være nødvendigt at afsætte mere gylle fra ejendommen.

Virkemåde: Fosfortallet er en indikator for plantetilgængeligt fosfor. Ved høje fosfortal over 4 er der tilstrækkeligt plantetilgængeligt fosfor i jorden og derfor ikke behov for yderligere tilførsel. Gødes der med fosfor på sådanne jorde vil fosforpuljen i dyrkningslaget blot øges uden gevinst. Denne forøgede fosforpulje er i fare for at tabes til vandmiljøet via makroporetab og vanderosion. Miljøoptimeret positionsbestemt fosfortilførsel vil påvirke kilden til fosfortab, og vil derfor påvirke fosfortab via alle tabsveje. Dog er der en meget lang tidshorizont for at ændre jordens mætningsgrad i drændybden, hvilket bestemmer størrelsesordenen af matrixudvaskning, hvorfor dette virkemiddel ikke er fremhævet som et løsningsforslag til tab via matrixudvaskning. Da dette er et langsigtet virkemiddel, skal det anvendes kontinuerligt over en årrække for at sænke jordens fosforpulje og opnå den ønskede effekt.

Effekt og omkostninger:

Anslået effekt, omkostning og reduktionstab (Rubæk et al., 2020).

Effekt (kg P pr. ha pr. år)	Omkostning (kr. pr. ha pr. år)
Vanderosion: 0,02 Makroporer: 0,01	100*

* Omkostninger kan variere fra indkomst til udgift alt efter om du har en planteavls- eller husdyrbedrift. En planteavlsbedrift vil kunne spare penge i indkøb af fosforgødning, mens en husdyrbedrift kan have omkostninger forbundet med øget transport til udbringning af husdyrgødning over længere distancer. Hvis husdyrgødningen derimod kan afsættes til planteavlsbedrifter eller biogasanlæg i nærområdet, kan der opstå en netto gevinst.

Positive sideeffekter:

- Der kan potentielt spares penge på fosforgødning, specielt for planteavlsbedrifter hvor man ikke har husdyrgødning der skal afsættes.

Usikkerhed:

Der findes et begrænset datasæt for sammenhængen mellem jordens fosforstatus og fosfortab til vandmiljøet, som er gældende for danske forhold. Derimod er evidensen for en sådan sammenhæng generelt stærk i den internationale data (Rubæk et al., 2020).

Litteratur:

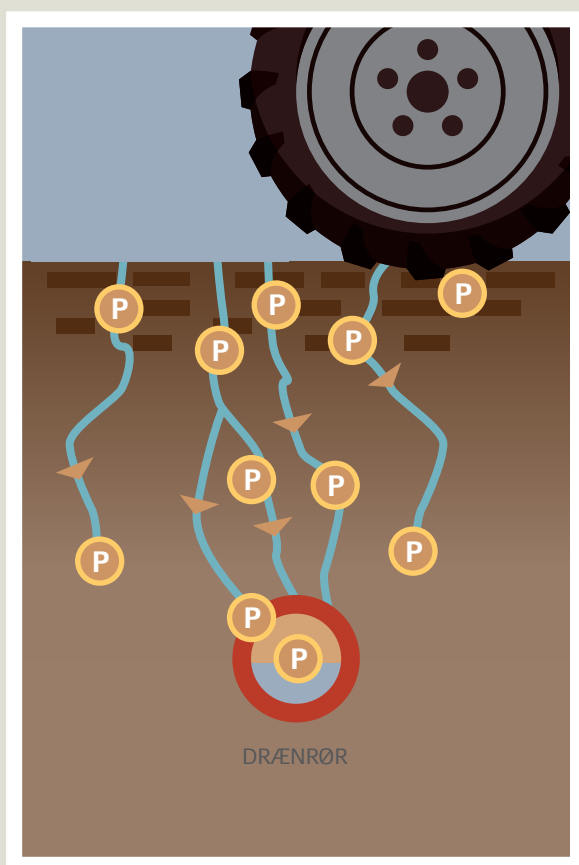
Rubæk, G. H., Heckrath, G., Andersen, H. E., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., & Jacobsen, B. H. (2020). Negativ fosforbalance (målrettet undergødskning med fosfor). I H. E. Andersen, G. H. Rubæk, B. Hasler, & B. H. Jacobsen (Red.), Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet: Bd. Vidensk. rapport 379 (s. 38–44). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. <http://dce2.au.dk/pub/SR379.pdf>

Strukturkalkning

Virkemiddel mod tab via: makroporetransport, vanderosion

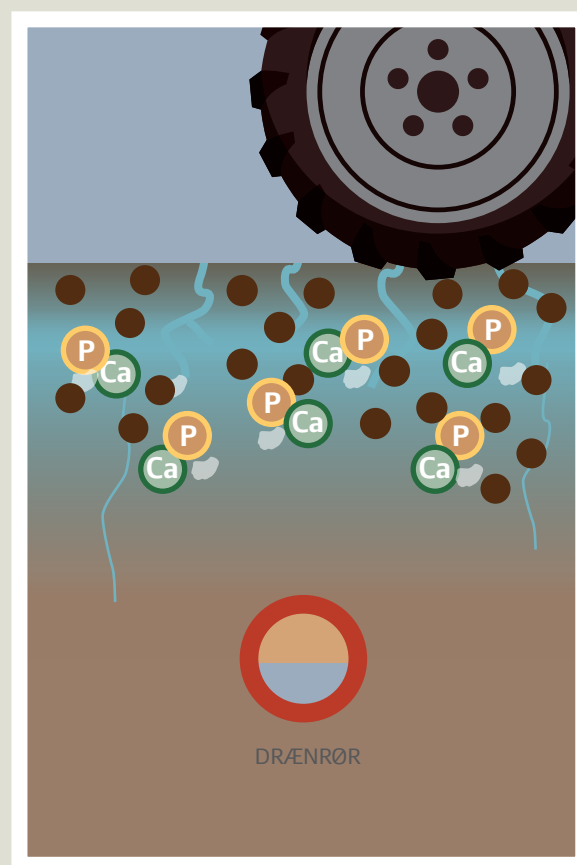
Beskrivelse: Strukturkalkning eller tilførsel af gips forbedrer aggregatstabiliteten på lerjorde, hvilket forbedrer jordstrukturen ved at stabilisere og homogenisere jordmatricen. Stabiliseringen mindsker risiko for vanderosion mens homogeniseringen reducerer makroporer, der ellers tillader vandopløst fosfor samt fosfor bundet til mindre partikler at blive udvasket direkte til dræn. Samtidig vil calcium fra kalkningen bidrage til øget binding af det vandopløselige fosfor og derved reducere tabsrisikoen.

Før strukturkalkning



En dårlig jordstruktur giver mere gennemgående makroporer.

Efter strukturkalkning



Kalkning løsner jorden og fosfor binder sig til calcium i kalken.

OBS:

- Gips bør ikke udbringes på oplandsområder til svovlfølsomme recipienter, men kan til gengæld bruges på manganfølsomme jorde, fordi gips ikke påvirker jordens pH.
- Strukturkalkning er ikke hensigtsmæssigt på jorde med høje reaktionstal.

Virkemåde: Både jordbrugskalk og gips kan anvendes til at forbedre jordstrukturen. Gips er mere strukturforbedrende end kalk og ændrer ikke på jordens reaktionstal. Effekten af kalk er større jo større kalkens aktivitet er (opløsningshastighed). I Sverige anvendes såkaldt strukturkalk som er en blanding af brændt kalk, som er letopløseligt, og jordbrugskalk. Brændt kalk er stærkt ætsende og derfor arbejdsmiljømæssigt uhensigtsmæssigt. Da dansk jordbrugskalk allerede er meget reaktivt, har det formodentlig samme effekt som strukturkalk. Ved lave reaktionstal (under 6.0) kan anvendes 5-8 ton jordbrugskalk pr. ha. Kalken skal udbringes på tør jord og efterfølgende nedharves for at få den bedste effekt. Strukturkalkning kan indsættes målrettet ved positionsbestemt kalkning i områder med risiko for fosfortab fx ved høje fosfortal eller ved lave reaktionstal, hvor man samtidig kan observere en dårlig jordstruktur.

Effekt og omkostninger:

Anslået effekt, omkostning og reduktionstab (Heckrath et al., 2020; Knudsen, 2023).

Effekt (kg P pr. ha pr. år)	Omkostning (kr. pr. ha pr. år)	Omkostning i forhold til forventet effekt (kr. pr. kg P)
0,6	300	500

Positive sideeffekter:

- Forbedret jordstruktur vil formodentlig øge afgrødevækst og mindske kvælstofudvaskning.
- Virkemidlet vil sandsynligvis reducere tab af pesticider med samme bindingsmekanismer som fosfor.
- Et højt reaktionstal reducerer angreb af visse plantesygdomme, men fremmer manganmangel.

Usikkerhed:

Meget begrænset datagrundlag fra Danmark. Udenlandske undersøgelser viser effekten på tunge lerjorde (JB > 6) (Heckrath et al., 2020).

Litteratur:

Blomquist, J. (2020). Kalknings effekt på jorden og P-tab. I Plantekongres. SEGES Innovation.

Heckrath, G., Strandberg, B., & Bruus, M. (2020). Gips og Strukturkalk. I H. E. Andersen, G. H. Rubæk, B. Hasler, & B. H. Jacobsen (Red.), Virkemidler til reduktion af fosforbelastning af vandmiljøet: Bd. Vidensk. rapport 379 (s. 53–59). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

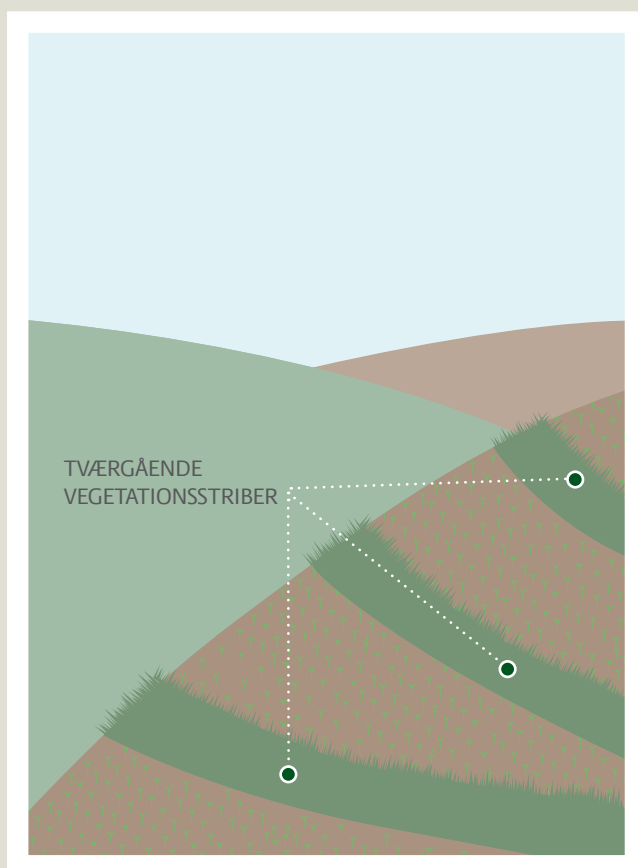
Knudsen, L (2023). Intern kommunikation.

Vegetationsstriber

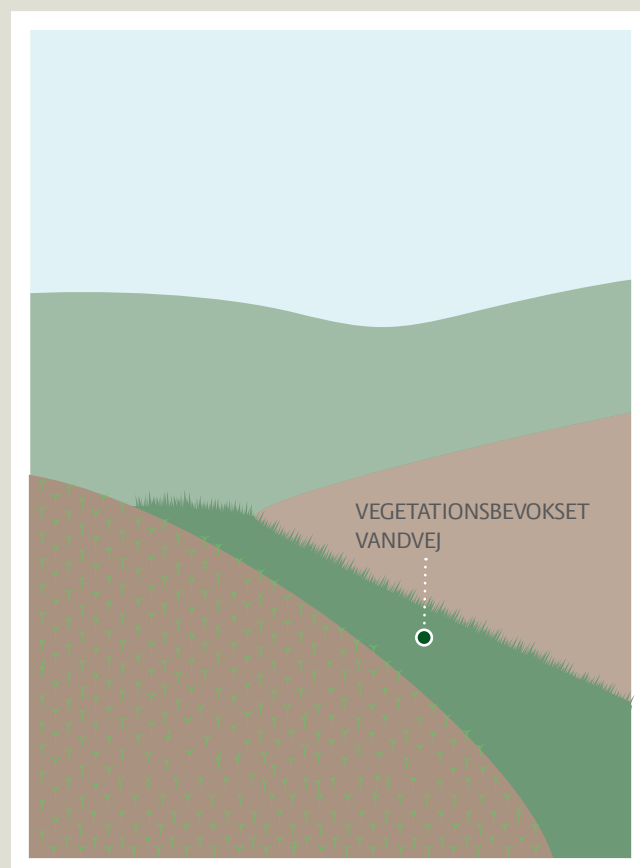
Virkemiddel mod tab via: vanderosion

Beskrivelse: Ved problemer med vanderosion på marker med en vis hældning kan tværgående vegetationsstriber etableres, hvorved en stribe på typisk 10 x 100 m med fx vedvarende græs udsås på tværs af markens hældning. Hvis marken har en naturlig tragttagtig landskabsform, hvor vandet samles og løber med høj afstrømning, kan der i stedet etableres en vegetationsbevokset vandvej, hvor vandvejen besås med fx græs. Vegetationsbevoksede vandveje egner sig bedst hvis sommerafstrømning er et problem.

Tværgående vegetationsstriber



Vegetationsbevokset vandvej



OBS:

Tværgående vegetationsstriber i marken kan besværliggøre markarbejdet, hvis dyrkningsretningen i marken er op og ned ad skråningerne. Vegetationsstriber på tværs af markens konturer kan derfor med fordel kombineres med konturpløjning, hvor pløjeretningen foregår på tværs af skråningen. Dette vil yderligere mindske vanderosion, da kørespor og andre riller i marken ikke længere vil facilitere og forstærke afstrømningen i retning af tyngdekraften ned langs marken.

Virkemåde:

- I tværgående vegetationsstriber, bremser vegetationen afstrømmende vand på tværs af vandets naturlige vej, spreder vandet over en større overflade og giver tid til at vandet kan infiltrere i jorden og at fosfor bundet til jordpartikler kan sedimentere.
- I modsætning til tværgående vegetationsstriber, er hovedformålet med vegetationsbevoksede vandveje at facilitere store vandmængder uden at den kraftige afstrømning eroderer jorden. Samtidig bremses vandet på samme måde som ved tværgående vegetationsstriber.
- For begge typer vegetationsstriber gælder at planterødder øger infiltrationskapaciteten i jorden og stabiliserer jorden, hvilket reducerer erosionen i området. Opløst fosfat i vandet kan optages i jorden og/eller i vegetationen, hvilket med fordel kan høstes for at recirkulere næringsstofferne.

Effekt og omkostninger:

Anslået effekt, omkostning og reduktionstab (Heckrath et al., 2020).

Effekt (kg P pr. 100 m stribe pr. år)	Omkostning (kg P pr. 100 m stribe pr. år)	Omkostning i forhold til forventet effekt (kr. pr. kg P)
0,2*	182	908*

* Effekten er udelukkende baseret på erosionsreduktion indenfor vegetationsstriberne. Effekten vil derfor formodentlig være højere, da afstrømmende vand bremses og jord kan sedimentere. Omkostning i forhold til den forventede effekt vil dermed også reduceres.

Positive sideeffekter:

- Virkemidlet kan reducere kvælstoftab til vandmiljøet, fordi kvælstof i overfladeafstrømningen ligesom fosfor infiltrere og sedimentere i vegetationsstriberne og efterfølgende optages i planterne eller denitrificeres. Effekten på kvælstof vil dog være lav på grund af det begrænsede areal.
- Vegetationsstriber vil forbedre leveforhold for dyr.
- Tab af pesticider og andre miljøfremmede stoffer med samme tabsvej som fosfor kan reduceres.
- 4 pct.-brakkravet kan med fordel bruges som vegetationsstribe.

Usikkerhed:

På erosionstruede arealer vil vegetationsstriber reducere risikoen for tab, men der kan være usikkerhed på størrelsen af reduktionen. Effekten af vegetationsstriber i Danmark er ikke afklaret og i international sammenhæng kun afklaret i forbindelse med casestudier. Effekten vil i alle tilfælde afhænge af udgangssituationen samt implementeringen, men erosionsundersøgelser og -modelleringer peger mod en god effekt af permanente græsstriber i marken.

Litteratur:

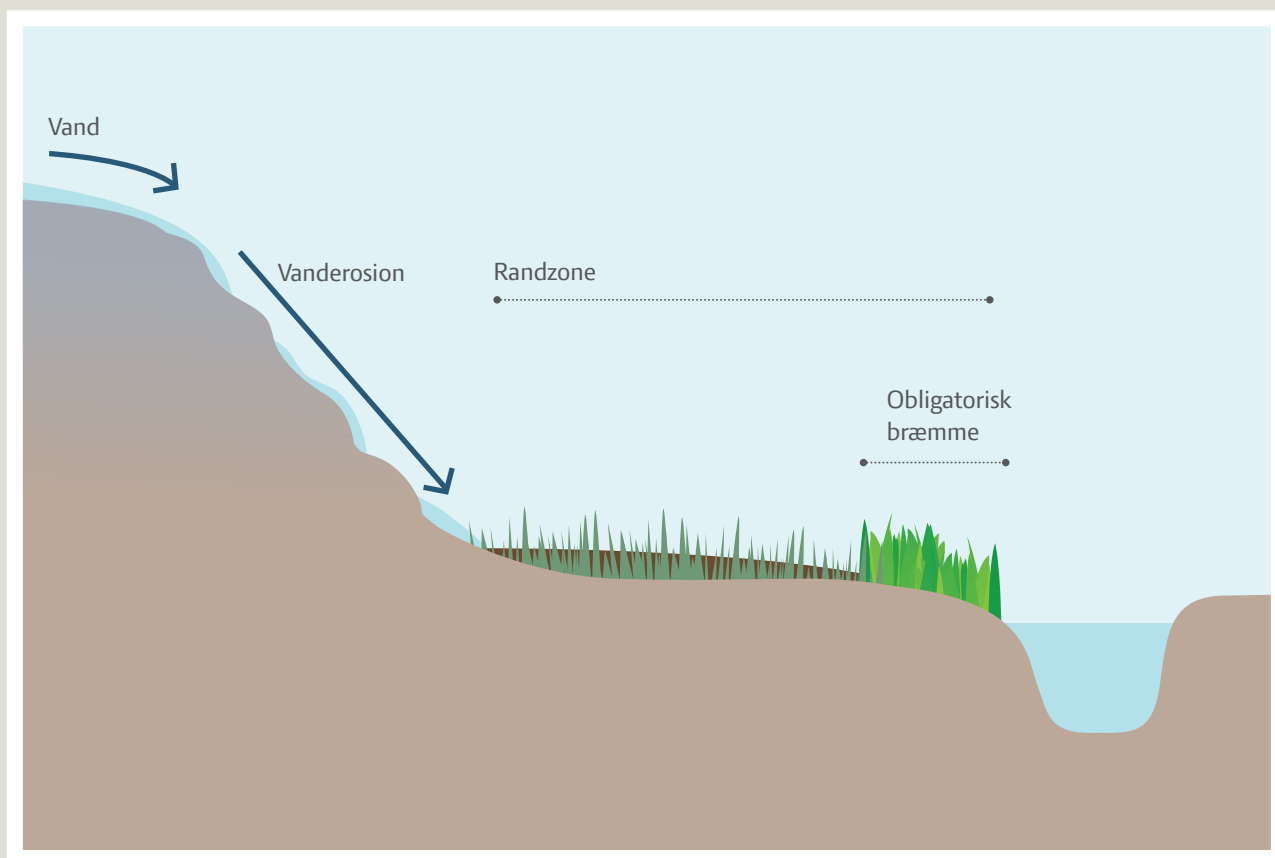
Heckrath, G., Olsen, P., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., & Jacobsen, B. H. (2020). Permanent plantedække på erosionstruede arealer og som barriere i landskabet. I H. E. Andersen, G. H. Rubæk, B. Hasler, & B. H. Jacobsen (Red.), *Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet: Bd. Vidensk. rapport 379* (s. 28–37). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. <http://dce2.au.dk/pub/SR379.pdf>

Udyrkede randzoner

Virkemiddel mod tab via: vanderosion

Beskrivelse: Udyrkede randzoner udlægges mellem vandløbet og marken. Bredden på randzonen tilpasses afstrømningen fra de ovenliggende marker. Hvis vandløbet allerede er omfattet af den lovpligtige 3 m bræmme, vil en udvidelse af bredden på bræmmen på op til 10-30 m. ofte have en yderligere effekt.

Udyrkede randzoner



OBS:

- Et stykke produktionsjord tages permanent ud af omdrift, når bredden på randzoner øges. Jorden kan godt lægges tilbage til produktion, men virkemidlet fungerer kun så længe randzonerne bibeholdes.
- Jorden i randzonen kan på sigt blive mættet med fosfor, hvorfor det kan være en god idé at pudse vegetationen årligt og bortføre den afhøstede biomasse.
- Der kan opbygges jordvolde fra det aflejede sediment, som vil lede vandet udenom randzonen eller bevirke at randzonen virker dårligere. I sådanne tilfælde skal randzonen vedligeholdes ved at udjævne eller fjerne jordvolden og flytte den frugtbare jord tilbage til marken.

Virkemåde:

Vegetation bremser afstrømmende vand, spreder vandet over en større overflade og giver tid til at vandet kan infiltrere i jorden og at fosfor bundet til jordpartikler kan sedimentere. Rødderne af den permanente vegetation øger infiltrationskapaciteten i jorden og stabiliserer jorden, hvilket reducerer erosionen i området. Opløst fosfat i vandet kan optages i jorden og/eller i vegetationen, hvilket med fordel kan høstes for at recirkulere næringsstofferne. Træer kan plantes/naturligt vokse frem i randzonen for at beskytte mod brinkerosion.

Effekt og omkostninger:

Anslået effekt, omkostning og reduktionsomkostning (Kronvang et al., 2020).

3 m bræmme eksisterer allerede?	Nej			Ja			Nej			Ja			Nej			Ja		
Bredde af nyetableret randzone (m)	3	10	20	3	10	20	3	10	20	3	10	20	3	10	20	3	10	20
	Effekt (kg P pr. 100 m randzone pr. år)						Omkostning (kr. pr. 100 m randzone pr. år)						Omkostning i forhold til forventet effekt (kr. pr. kg P)					
	0,59	0,93	1,13	0,20	0,42	0,58	102	341	682	102	341	682	173	365	602	517	815	1173

Positive sideeffekter:

- I det omlagte areal vil der være reduktion i gødningstilførsel og øget kulstoflagring.
- En reduceret kvælstofudvaskning er mulig med op til 34-49 kg N pr. ha (Eriksen et al., 2020).
- Omlægning fra omdrift til permanent vegetation vil forbedre leveforhold for dyr. Hvis træer plantes, giver de leve- og redesteder og forbedrer vandløbet som levested.
- Udyrkede randzoner beskytter mod spredning af gødning eller pesticider udover markskellet og mod tab af pesticider med samme tabsvej som fosfor.

Usikkerhed:

Grundet udfordringer vedrørende fosformætning af randzonen samt opbygning af jordvolde er randzonens effektive levetid usikker, hvis den ikke vedligeholdes.

Litteratur:

Eriksen, J., Thomsen, I. K., Hoffmann, C. C., Hasler, B., Jacobsen, B. H. 2020. Virkemidler til reduktion af kvælstofbelastningen af vandmiljøet. Aarhus Universitet. DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 452 s. – DCA rapport nr. 174 <https://dca.au.dk/djfpdf/DCArapport174.pdf>
Kronvang, B., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., Martinsen, L., & Hasler, B. (2020). Målttede, brede og tørre randzoner. I H. E. Andersen, G. H. Rubæk, B. Hasler, & B. H. Jacobsen (Red.), Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet: Bd. Vidensk. rapport 379 (s. 185–197). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. <http://dce2.au.dk/pub/SR379.pdf>

Træer langs vandløb

Virkemiddel mod tab via: brinkerosion

Beskrivelse: Træer plantes i en bræmme på hver side af vandløbet med 5-10 meters mellemrum. Alternativt kan man lade træerne indvandre naturligt i vandløbsbræmmen.

Beplantning i vandløbsbræmme



Træer langs vandløb kan give en effektiv effekt mod brinkerosion, da træernes rodnet stabiliserer brinken.

OBS:

- Træernes rødder kan ødelægge dræn. Derfor bør beplantning lige over eller umiddelbart omkring drænudløb undgås.
- Nogle kan mene at træerne ødelægger såvel den vide udsigt over markerne som også naturoplevelsen tæt på vandløbet. Da træerne ikke skal beplantes tættere end med 5-10 meters mellemrum og eventuelt også lidt ujævnt, så der trænger lys igennem til vandløbet, burde det fortsat være muligt at nyde vandløbet.

Virkemåde: Træernes rodnet stabiliserer brinken og reducerer løbende brinkerosion samt forlænger perioden mellem brinkkollaps. Træer og blade påvirker mikroklimaet, hvilket reducerer fugtighed og frost/tø i brinken, som reducerer erosion yderligere.

Effekt og omkostninger:

Anslået effekt, omkostning og reduktionstab (Kronvang et al., 2020).

	Effekt over 100 år* (kg P pr. 100 m vandløb pr. år)				Omkostning*** (kr. pr. 100 m vandløb pr. år)				Reduktions- omkostning (kr. pr. kg P)			
Udtagning af 3 m bræmme fra omdrift	Ja		Nej		Ja		Nej		Ja		Nej	
Plantning af træer**	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej
	0,76	0,76	0,76	0,76	143	75	68	0	190	100	90	0

* Effekten vil først indtræde efter ca. 15 år. Her er effekten angivet fordelt ud på 100 år.

** Modsat naturlig etablering.

*** Etableringsomkostningen for plantning af træer er angivet fordelt over 100 år, men er anslået til 6808 kr. pr. 100 m vandløb ved virkemidlets begyndelse, hvis man vælger at etablere træer i stedet for at vente på at de indvandrer naturligt.

Positive sideeffekter:

- Træernes skygge, input af blade, input af grene og stammer forbedrer vandløbet som levested og øger biodiversiteten. Træerne selv giver også leve- og redesteder, og blomstrende træarter giver næring til bestøvende insekter.
- Virkemidlet reducerer N-tab lidt.

Usikkerhed:

Større brinkskred er mindre hyppige end løbende brinkerosion, men kan bidrage med høj sedimenttilførsel til vandløb. Disse større skred inddrages i begrænset omfang i beregningerne for effekt, selvom det må antages at virkemidlet vil reducere både hyppighed og omfang af sådanne hændelser. Det kan derfor forventes at virkemidlet er mere effektivt end angivet ovenfor.

Litteratur:

Kronvang, B., Strandberg, B., Bruus, M., Hutchings, N., Martinsen, L., & Hasler, B. (2020). Træer langs vandløb mod brinkerosion. I H. E. Andersen, G. H. Rubæk, B. Hasler, & B. H. Jacobsen (Red.), Virkemidler til reduktion af fosforbelastningen af vandmiljøet: Bd. Vidensk. rapport 379 (s. 210–219). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. <http://dce2.au.dk/pub/SR379.pdf>

Bilag 3

Reducer fosfortabet fra marken

Rita Hørfarter

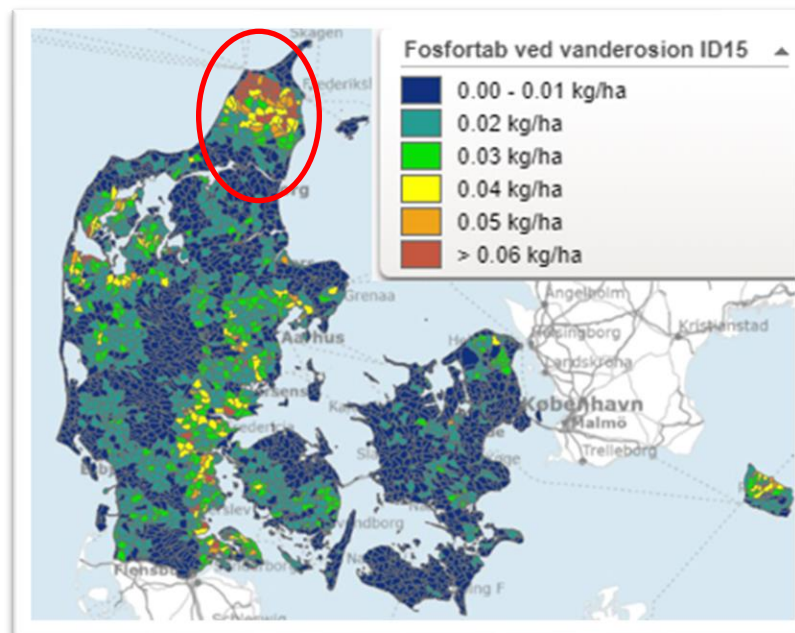
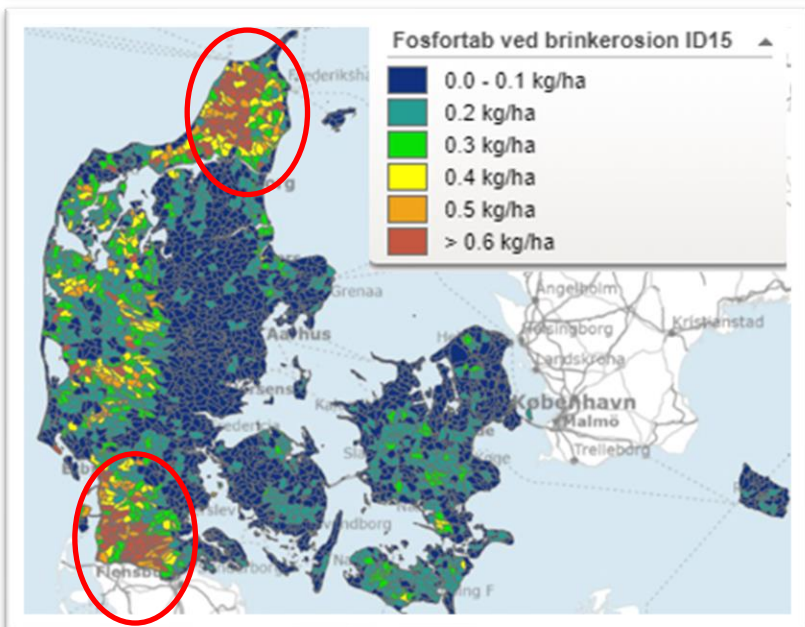
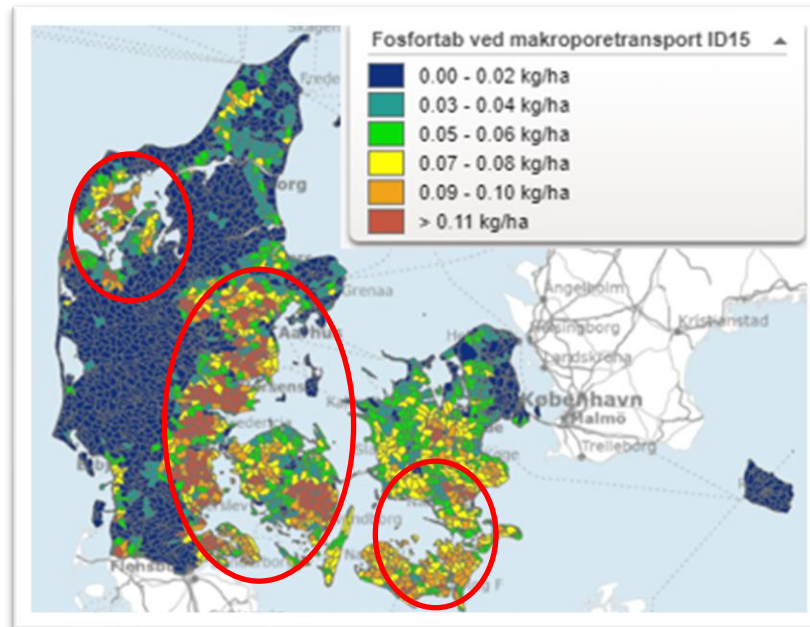
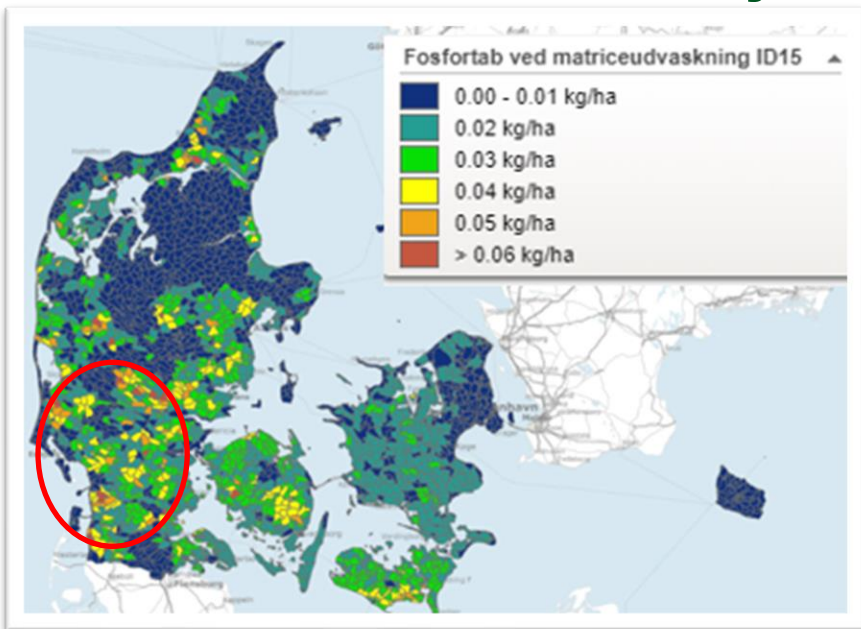
SEGES

31-10-2023

STØTTET AF
Promilleafgiftsfonden for landbrug

SEGES
INNOVATION

Fosfortab til vandmiljøet



Hvad ønsker SEGES at opnå ved at vise fosfor-risiko kortene på Landmand.dk ?

- At øge fokus på fosfortab
- At give faglig viden om, hvornår fosfor er/kan være et problem
- At vise landmanden specifikt, hvor i marken der er en risiko for fosfortab
- At give handlemuligheder for helt at udgå eller reducere fosfortabet

Sikre faglig dialog mellem landmænd og konsulenter ved at begge parter har adgang til Landmand.dk

Vigtigt input i modellerne er fosfortal

1. Brinkerosion
2. Matriceudvaskning
3. Makroporeafstrømning
4. Vanderosion



Modelberegnet
fosfortal

Nye kortlag, hvor landmandens egne fosforanalyser indgår:

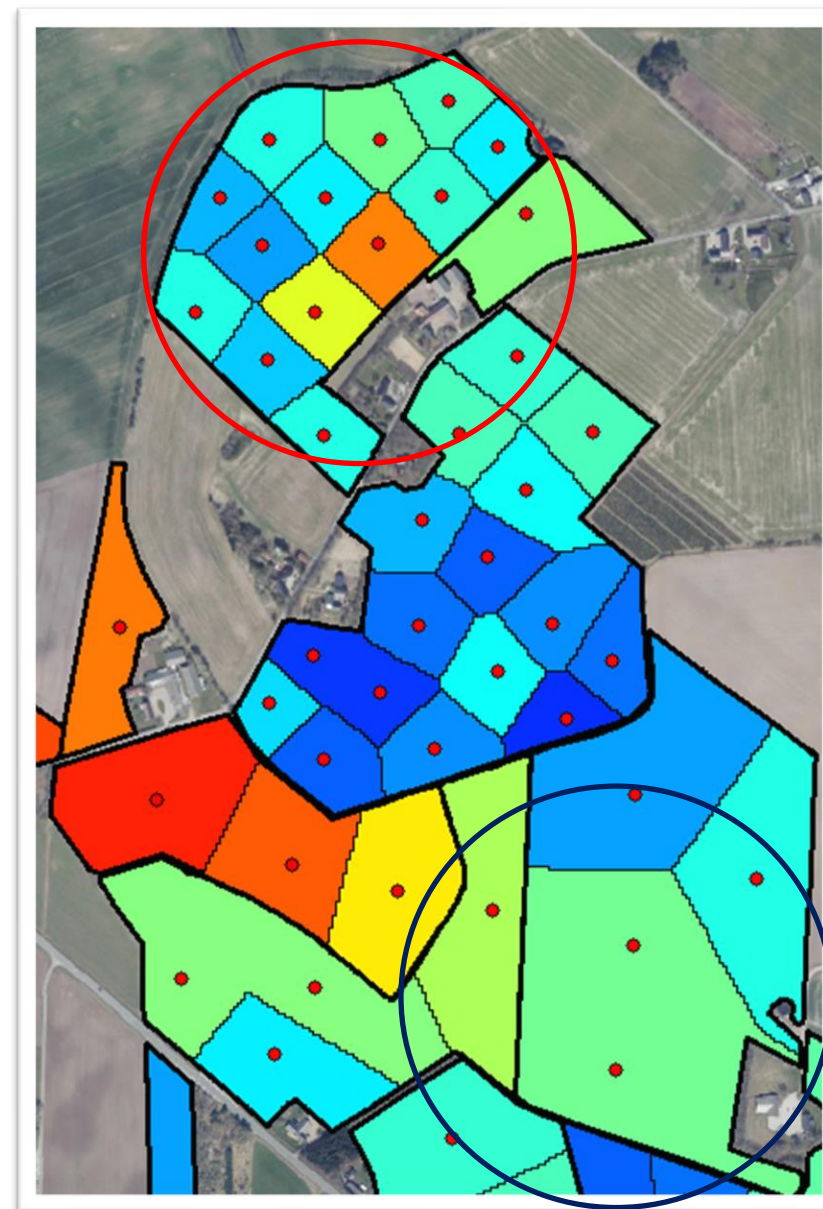
Ad 2. Matriceudvaskning

Ad 3. Makroporetab

Ad 4. Vanderosion

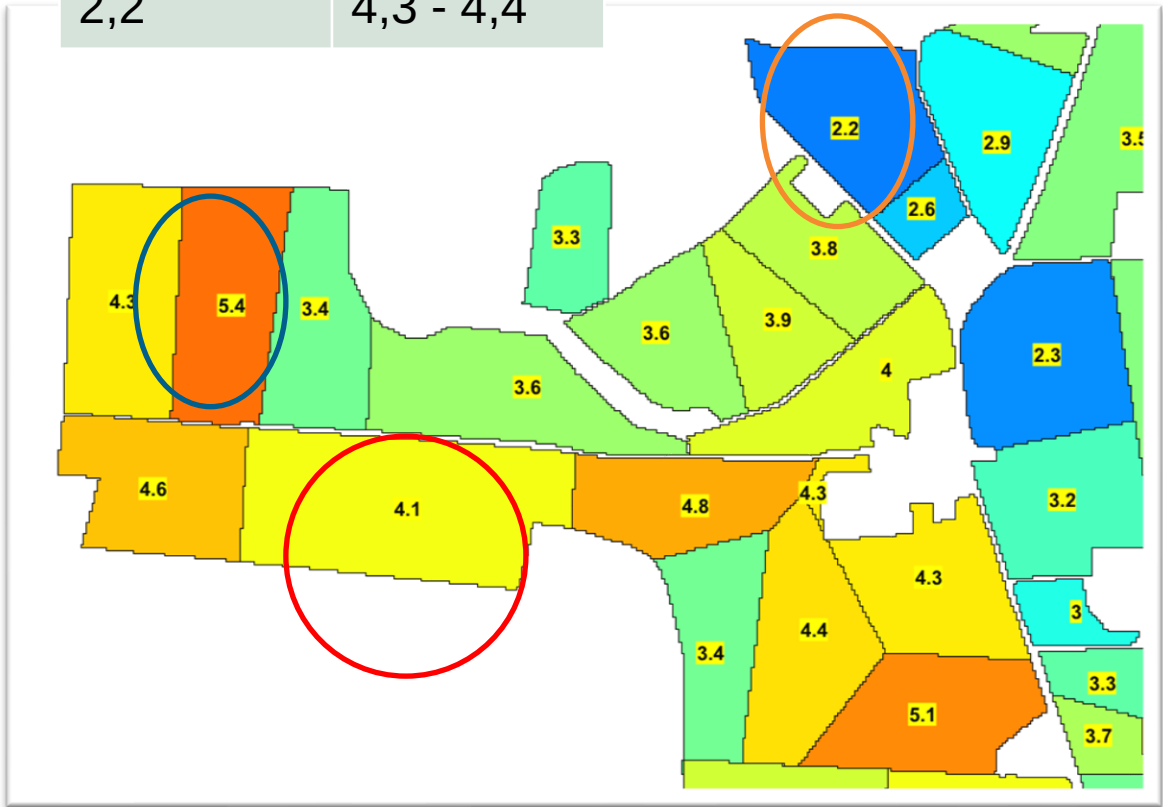
Mark Analyse Online: 100.000 nye jordprøver pr. år

- Jordprøveudtagning gentages ca. hvert 5 år:
 - 100 * 100 m
 - 1 prøve pr. 2-3 ha
- Nyeste jordprøver pr. mark er anvendt
- For at undgå interpolering over markgrænse er anvendt voronoi (nærmeste nabo)

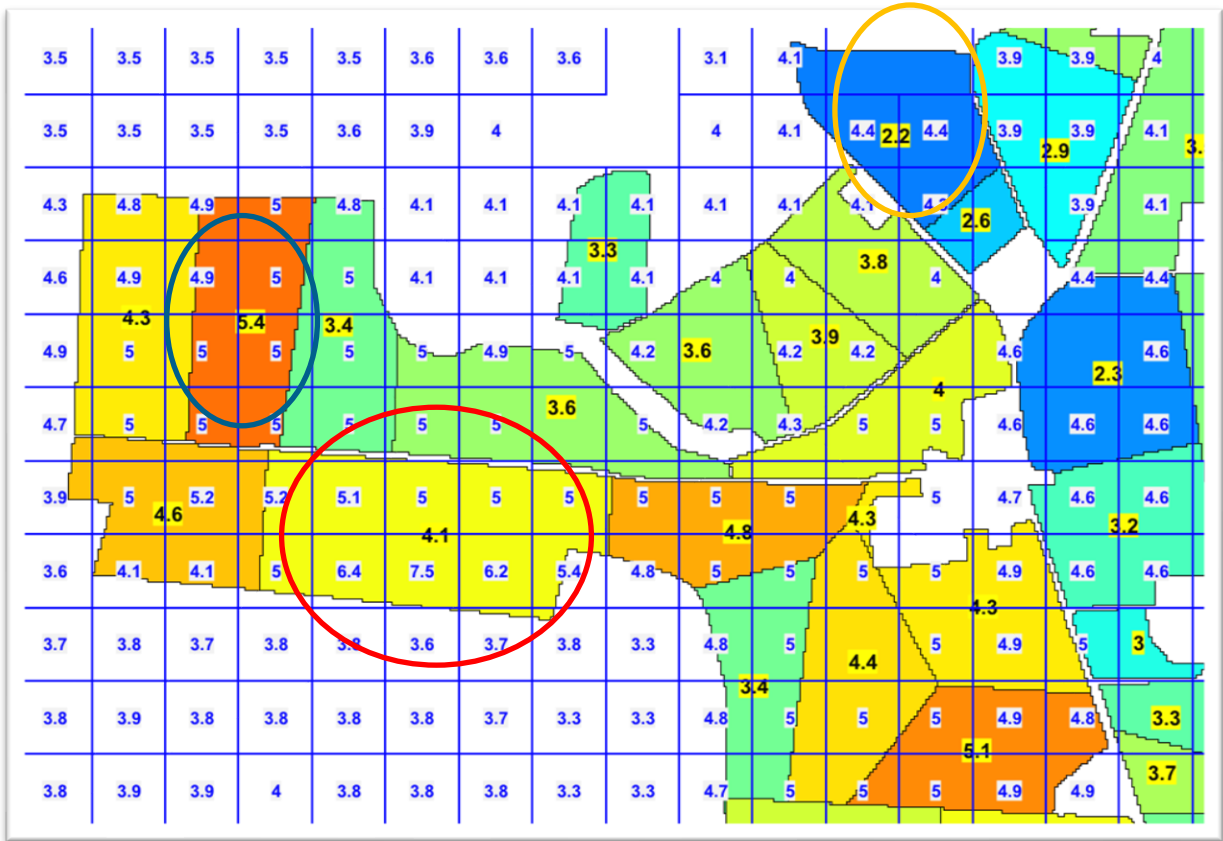


Eksempel på mark med modelberegne og analyserede fosfortal

Målt Pt	Beregnet Pt
5,4	4,9 - 5
4,1	5,0 – 7,5
2,2	4,3 - 4,4



Modelberegne fosfortal:
10*10 m grid



Landmand.dk – besøges af 2.000 unikke landmænd pr. dag

LANDMAND.DK

 **FORSIDE**

 **FORETRUKNE**

 **NYHEDER**

Rita

Dansk Drænkort

Offentlig adgang

Klik her og få overblik over danske dræn og drænprojekter.





Dansk Drænkort

Konsulentadgang

Indtast cvr-nummer på den landmand du ønsker at se drænkort for:





Prosulfocarb-følsomme marker 2023

Konsulentinformation

Indtast CVR-nummer og se de marker, der ligger indenfor 1 km af prosulfocarb-følsomme afgrøder.





Hydrologisk risikokort

Klik her for at se kortet.

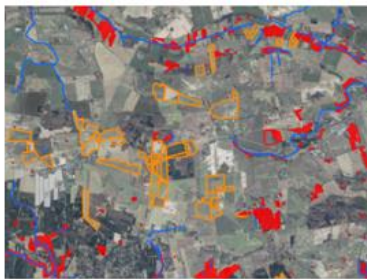


 **SE KORT**

§3 registrerede naturtyper

Konsulent Information 2023

Indtast cvr-nummer på den kunde du ønsker at se marker for.



 **SE MERE**

Vådområde- og klimaindsatsen i Danmark

Klik her for at se gennemførte projekter og forundersøgelser af vådområde- og lavbundsprojekter i hele Danmark.



Interesse for udtagning af landbrugsjord

Konsulentinformation

Indtast cvr-nummer på den landmand du ønsker at arbejde med jordfordeling for.

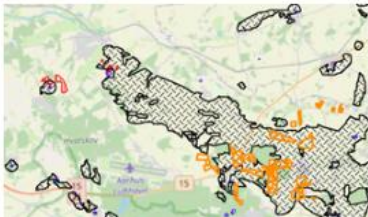
Hvis du ønsker at arbejde med *alle* de landmænd, der har givet dig adgang, klik da på "Mit overblik" nedenfor.



Grundvand og BNBO

Konsulentinformation

Indtast cvr-nummer på den kunde du ønsker at se marker for.



Naturkortet

Indtast cvr-nummer på den ejer du ønsker at se naturkortet for.





Tørvejorde

Konsulentinformation

Indtast cvr-nummer på den kunde du ønsker at se marker for.





Risiko for fosfortab



Info om
kortværktøjet

Mere om tabsveje

Virkemidler

Tabsveje

Tabsveje som er inkluderet i kortværktøjet		Arealtyper med størst risiko for fosfortab
Vanderosion	Ved større nedbørshændelser kan det strømmende vand rive jordpartikler løs, hvortil der er bundet fosfor. Partiklerne skylles med vandet og deponeres andre steder eller tabes til vandløb og søer.	Skrånende arealer uden eller med kun lidt bevoksning
Matriceudvaskning	Udvaskning af opløst fosfor gennem jordmatricen og derefter tab via dræn. På ikke-drænede arealer vil det opløste fosfor typiske blive bundet i de dybere jordlag og vil derfor ikke blive udvasket.	Drænede arealer med høj fosformætningsgrad
Makroporetab	I jorder med mange markoporer (porer større end 3 mm) vil jordens evne til at binde fosfor blive forbipasseret, når vandet strømmer ned gennem makroporerne. Risikoen for tab er størst på drænede arealer, hvor makroporene kan føre fosforen direkte ned mod drænene.	Drænede arealer på lerjord
Brinkerosion	Forekommer når vandet i vandløbet løsriver jordpartikler i brinkerne og det hertil bundne fosfor.	Stejle vandløbsbrinker med højt fosforindhold

6 fakta ark om virkemidler

1. Træer langs vandløb
2. Vegetationsstriber
3. Strukturalkning
4. Indarbejdning og/eller udskydelse af gødskning
5. Miljøoptimeret positionsbestemt P-tilførsel
6. Udyrkede randzoner

SEGES
INNOVATION

Træer langs vandløb

Virkemiddel mod tab via: brinkerosion

SEGES
INNOVATION

Vegetationsstriber

Virkemiddel mod tab via: vanderosion

SEGES
INNOVATION

Strukturalkning

Virkemiddel mod tab via: makroporetransport, vanderosion

SEGES
INNOVATION

Indarbejdning og/eller udskydelse af gødskning

Virkemiddel mod tab via: makroporetransport, overfladeafstrømning

SEGES
INNOVATION

Miljøoptimeret positionsbestemt P-tilførsel

Virkemiddel mod tab via: vanderosion, makroporetransport

SEGES
INNOVATION

Udyrkede randzoner

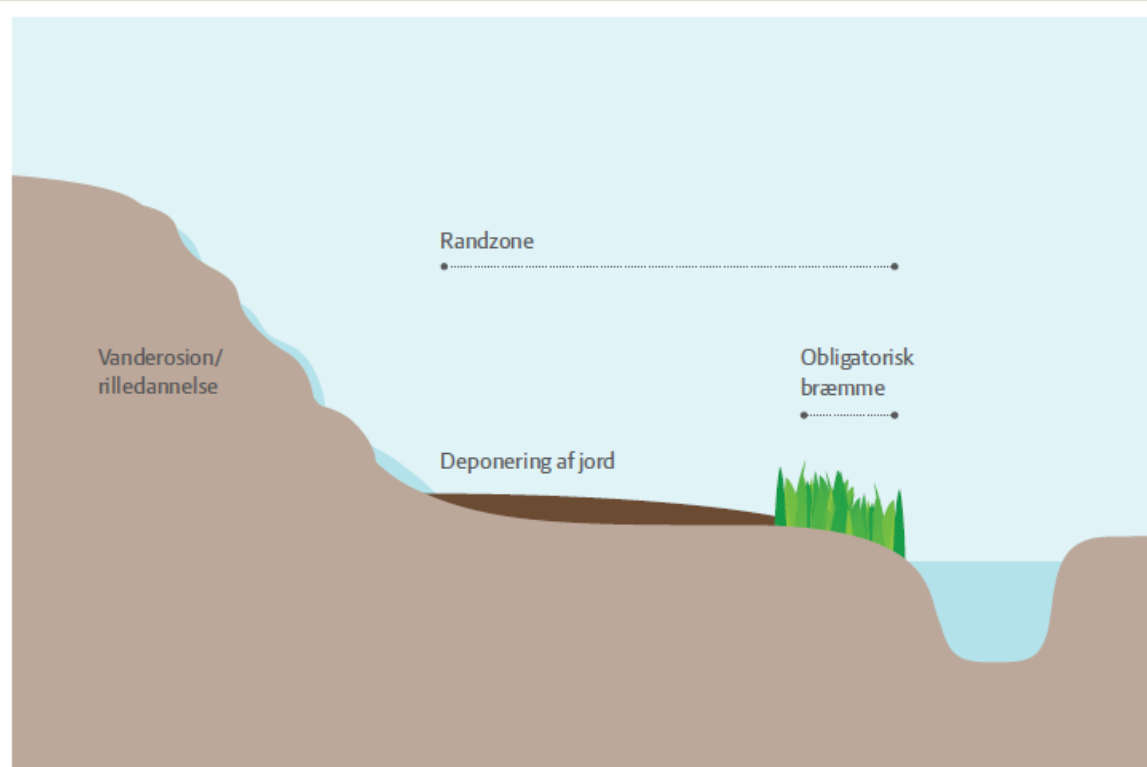
Virkemiddel mod tab via: vanderosion

Udyrkede randzoner

Virkemiddel mod tab via: vanderosion

Beskrivelse: Udyrkede randzoner udlægges mellem vandløbet og marken. Bredden på randzonen tilpasses afstrømningen fra de ovenliggende marker. Hvis vandløbet allerede er omfattet af den lovpligtige 3 m bræmme, skal bræmmen udvides for at virkemidlet har en effekt.

Udyrkede randzoner



Udyrkede randzoner - videre information

Virkemåde:

Vegetation bremser afstrømmende vand, spreder vandet over en større overflade og giver tid til at vandet kan infiltrere i jorden og at fosfor bundet til jordpartikler kan sedimentere. Rødderne af den permanente vegetation øger infiltrationskapaciteten i jorden og stabiliserer jorden, hvilket reducerer erosionen i området. Opløst fosfat i vandet kan optages i jorden og/eller i vegetationen, hvilket med fordel kan høstes for at recirkulere næringsstofferne. Træer kan plantes/naturligt vokse frem i randzonen for at beskytte mod brinkerosion.

Effekt og omkostninger:

Anslået effekt, omkostning og reduktionsomkostning (Kronvang et al., 2020).

3 m bræmme eksisterer allerede?	Nej			Ja			Nej			Ja			Nej			Ja		
Bredde af nyetableret randzone (m)	3	10	20	3	10	20	3	10	20	3	10	20	3	10	20	3	10	20
	Effekt (kg P pr. 100 m randzone pr. år)						Omkostning (kr. pr. 100 m randzone pr. år)						Omkostning i forhold til forventet effekt (kr. pr. kg P)					
	0,59	0,93	1,13	0,20	0,42	0,58	102	341	682	102	341	682	173	365	602	517	815	1173

Positive sideeffekter:

- I det omlagte areal vil der være mindre brug af fossile brændstoffer til markoperationer, reduktion i gødningstilførsel og øget kulstoflagring.
- En reduceret kvælstofudvaskning er mulig med op til 55-66 kg N pr. ha (Kronvang et al., 2009).
- Omlægning fra omdrift til permanent vegetation vil forbedre leveforhold for dyr. Hvis træer plantes, giver de leve- og redesteder og forbedrer vandløbet som levested.
- Udyrkede randzoner kan tilbageholde pesticider med samme tabsvej som fosfor.

Tak for opmærksomheden

**Arbejdet er lavet med økonomisk støtte fra
Miljøstyrelsen og Promilleafgiftsfonden**

Planter, Natur og vandmiljø

Kortværktøj til reduktion af fosfortab

Et nyt kortværktøj på landmand.dk kan bruges til at identificere marker eller områder i marker med øget risiko for fosfortab. Samtidig giver værktøjet inspiration til virkemidler som målrettet kan sættes ind på arealer med høj risiko for tab.

Viden om

Reducér fosfortabet – nyt kortværktøj

Kortværktøjet kan findes på landmand.dk under navnet "Reducér fosfortab". Kortene er baseret på Aarhus Universitets fosforrisikokort, som er beskrevet i rapporten [Fosforkortlægning af dyrkningsjord og vandområder i Danmark](#). Kortene viser risiko for tab gennem tre forskellige tabsveje:

- Udvasning (matriceudvasning)
- Makroporetab
- Brinkerosion

Derudover vil der senere blive tilkoblet et kort over risiko for tab ved vanderosion.

Se de forskellige tabsveje forklaret i: Fosfortab – kort fortalt



Mulighed for tilkobling af egne målte fosfortal

I kortværktøjet vises standardkortene lavet af Aarhus Universitet, men det er også gjort muligt for brugeren at tilkoble egne data for målte fosfortal og markens dræningsstatus. Inddragelse af disse mere præcise data gør kortene mere retvisende for den enkelte landmand.

Faktaark om virkemidler

Kortværktøjet giver også inspiration til valg af virkemidler, som målrettet kan sættes ind på arealer med høje risiko for tab. SEGES Innovation har i den forbindelse lavet en række digitale faktaark med beskrivelser af forskellige relevante virkemidler. I oversigten er virkemidlerne oplistet efter, hvilken tabsvej de virker på.

- Oversigt over virkemidler til reduktion af fosfortab fra marken til vandmiljøet
- Indarbejdning af gødning og/eller udskydelse af gødskning
- Miljøoptimeret positionsbestemt P-tilførsel
- Strukturkalkning
- Vegetationsstriber
- Udyrkede randzoner
- Træer langs vandløb

Mere info om fosfortab

I faktaarket Fosfortab – kort fortalt er skitseret hvordan det samlede fosfortab i Danmark fordeler sig på forskellige tabsveje. De forskellige tabsveje og deres risikoarealer samt geografsk udbredelse er beskrevet. Desuden er lavet en oversigt over virkemidler til reduktion af fosfortab herunder links til faktaarkene og andre beskrivelser af virkemidlerne.

Observer vanderosion i egne marker

I forbindelse med de kraftige nedbørshændelser i efteråret forekom der erosion i mange marker landet over. Lige nu vil det derfor være et oplagt tidspunkt at gå ud på egne marker og undersøge for erosion. Hvis du observerer erosion, vil det derfor være oplagt at overveje virkemidler mod erosion. Se faktaark ovenfor.

I kortværktøjet på landmand.dk vil det også på et senere tidspunkt blive muligt at se kort over risiko for fosfortab ved vanderosion.



Erosion i mark i Østjylland, efteråret 2023. Foto: Kristian Furdal Nielsen, SEGES Innovation.

Emneord

Dyrkning og høst

Fosfor (P)

Gødningsstrategier

+2

Publiceret: 19. december 2023

Opdateret: 19. december 2023

Vil du vide mere?



Camilla Lemming

Specialkonsulent, Gødning

SEGES Innovation P/S

cal@seges.dk

+45 6126 2169

Støttet af



PLANTEWEBINARER

Ny viden og friske resultater

Hver tirsdag frem til jul og to ekstra i det nye år

Fokus på fosfor

Webinaret præsenterer dig for positionsbestemt tildeling og reduktion af fosfortab fra marken. Den nye CropManager model for positionsbestemt fosfortildeling præsenteres. Derudover præsenteres også det nye kortværktøj på landmand.dk, som skal hjælpe landmanden til at identificere områder i egne marker med høj risiko for fosfortab og vælge et virkemiddel, som kan mindske risikoen på det pågældende areal.

*Webinaret henvender sig til landmænd – og andre interesserede er også velkommen til at deltage.
Et webinar koster 180 kr. Vælger du alle webinarer i rækken koster det 500 kr. Alle priser er ekskl. moms.*

Indlægsholdere:

Leif Knudsen, SEGES Innovation, Planter & Miljø
Kristian Furdal, SEGES Innovation, Planter & Miljø
Camilla Lemming, SEGES Innovation, Planter & Miljø

Dato og tid

Tirsdag d. 6/2 kl. 08.15 – 09.00

