

Åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark – effekt på kort och lång sikt

Greppa näringen Linköping 7 nov 2023

Helena Aronsson SLU- mark och miljö

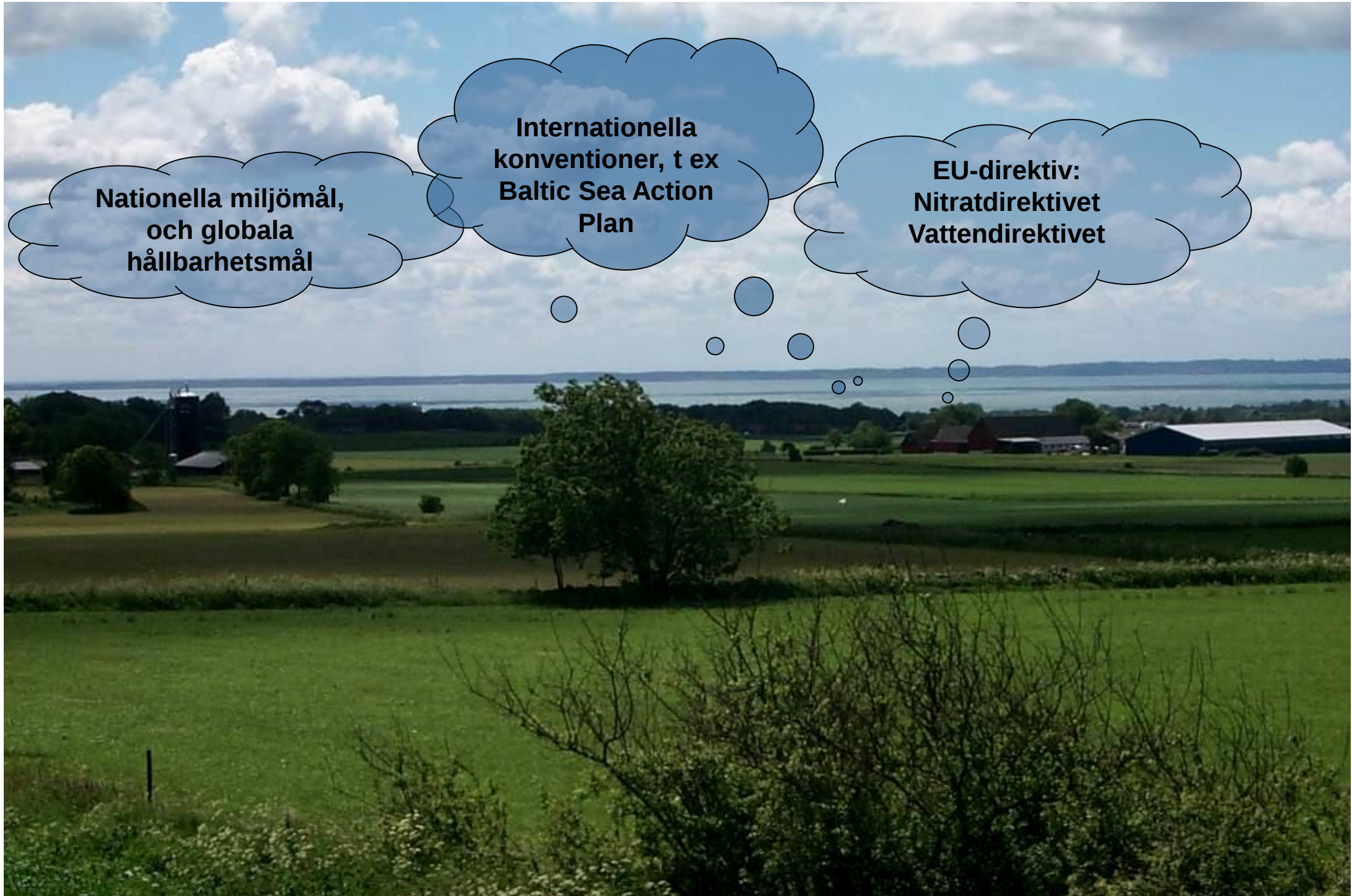
Näring övergöder sjöar och hav



**Nationella miljömål,
och globala
hållbarhetsmål**

**Internationella
konventioner, t ex
Baltic Sea Action
Plan**

**EU-direktiv:
Nitrattendirektivet
Vattendirektivet**



Näringsläckage är en naturlig process, men odling leder till nästan alltid till större läckage än naturlig mark



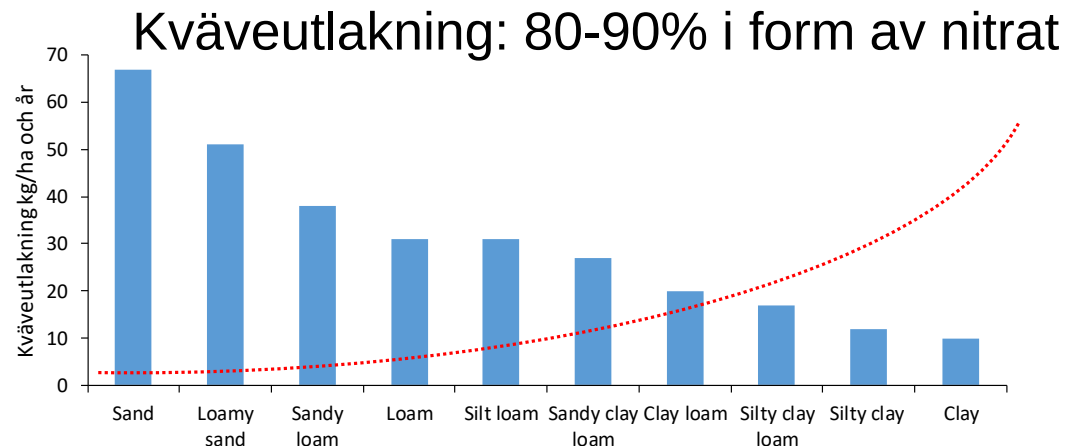
Medelförlust från odlad mark
Kväve: ca 20 kg/ha och år
Fosfor: ca 0,5 kg/ha och år



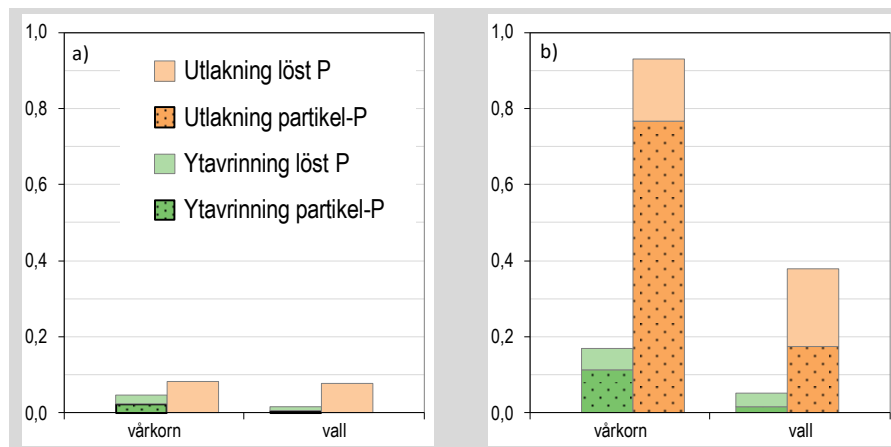
Bakgrundsläckage
Kväve: 6 kg/ha och år
Fosfor: 0,1 kg/ha och år

Nationella belastningsberäkningarna. Bra beskrivning i Johnsson m.fl. (2019) NLeCCS – ett system för beräkning av läckage av näringsämnen från åkermark, Ekohydrologi 159

I vilka former förloras kväve och fosfor från åkermarken?



Fosforförluster på ytan och utlakning: fosfat (löst P) och partikelbundet



Sand

Lera

Flödesvägar för näringsförluster

Vatten

Nederbörd-avdunstning

Förlust=
koncentration*vattenmängd

Flöde genom marken

Makroporflöde eller jämn infiltration; påverkas av bl a:

Jordart (lerhalt)

Struktur/Sprickbildning

Dräneringsförhållanden

Vatten sköljer ut nitrat, men fosfor kan bindas vid jämn infiltration

Fosforbindande förmåga påverkas av:

Jordens bindningsförmåga

Mängd upplagrad fosfor (P-AL)/mättnadsgrad

Ytavrinning och erosion

Uppstår vid:

Kraftiga regn

Markpackning, förstörd struktur

Dålig dränering, stående vatten

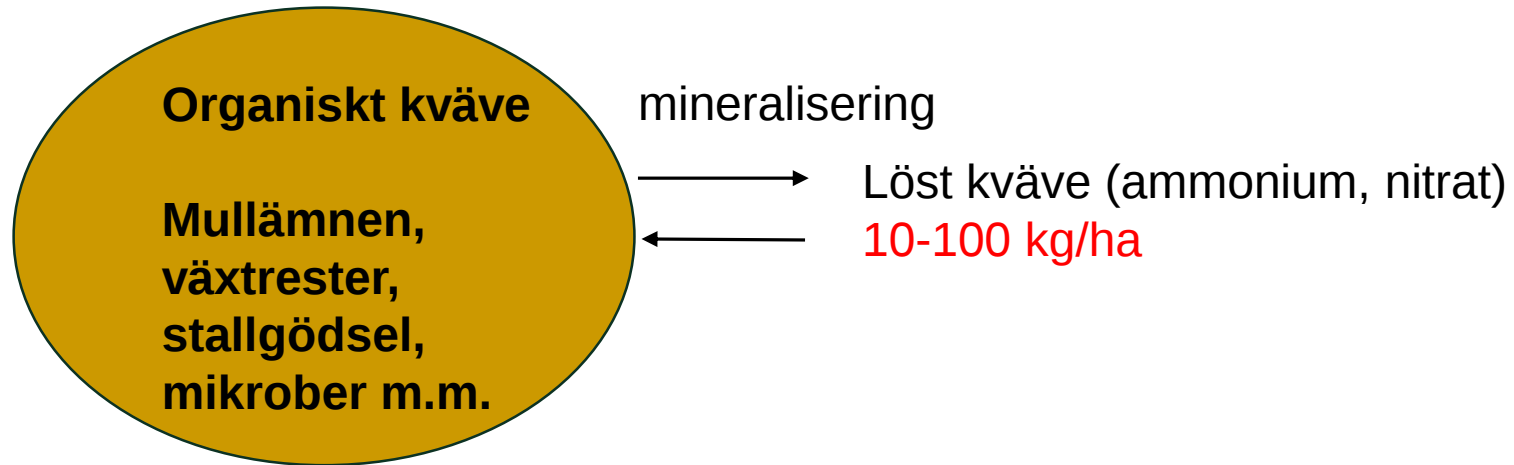
Lutande mark

Frusen mark



Kvävet i marken

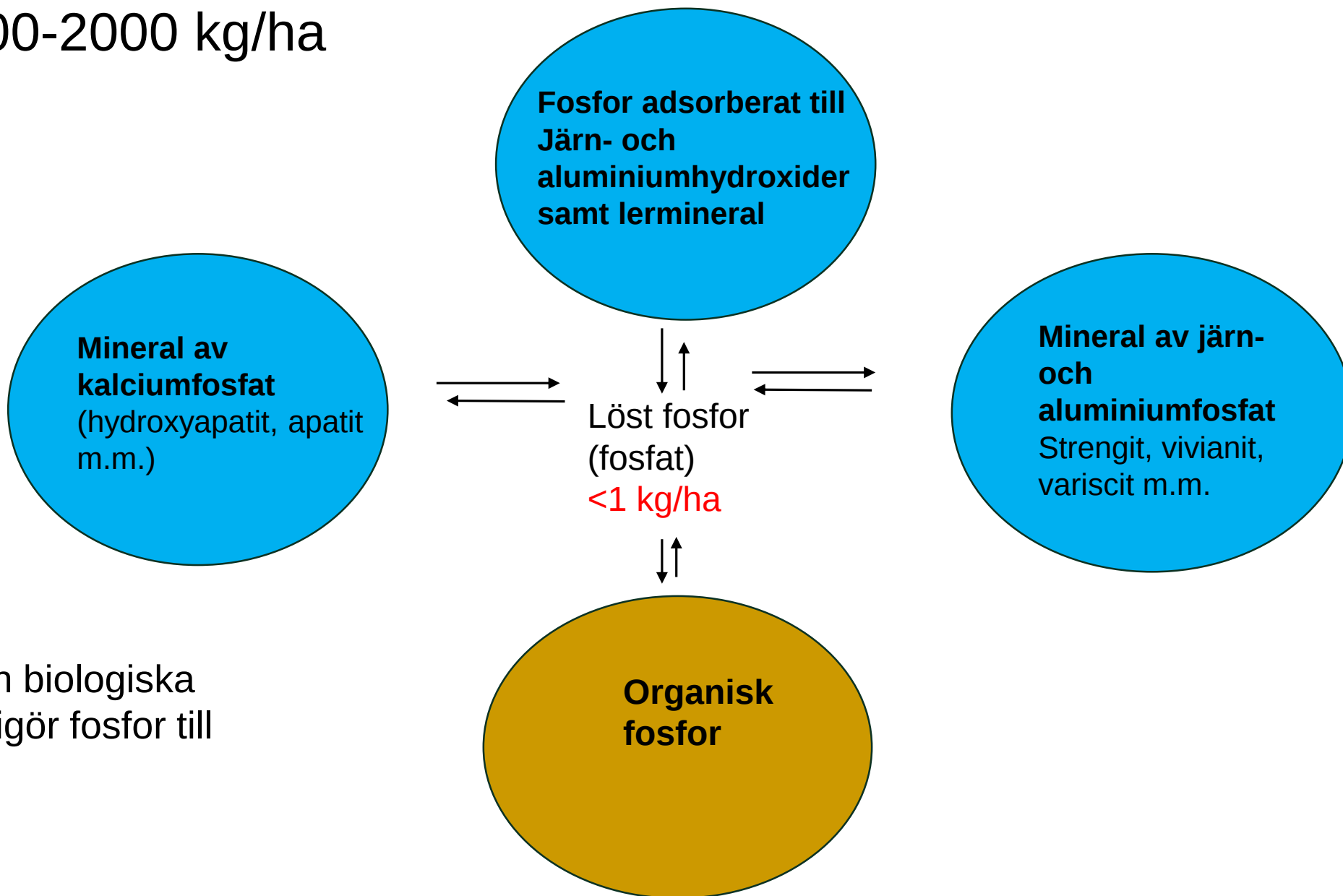
3000-8000 kg/ha



Mikrobiella processer styr frigörelse av
växttillgängligt kväve

Fosfor i marken

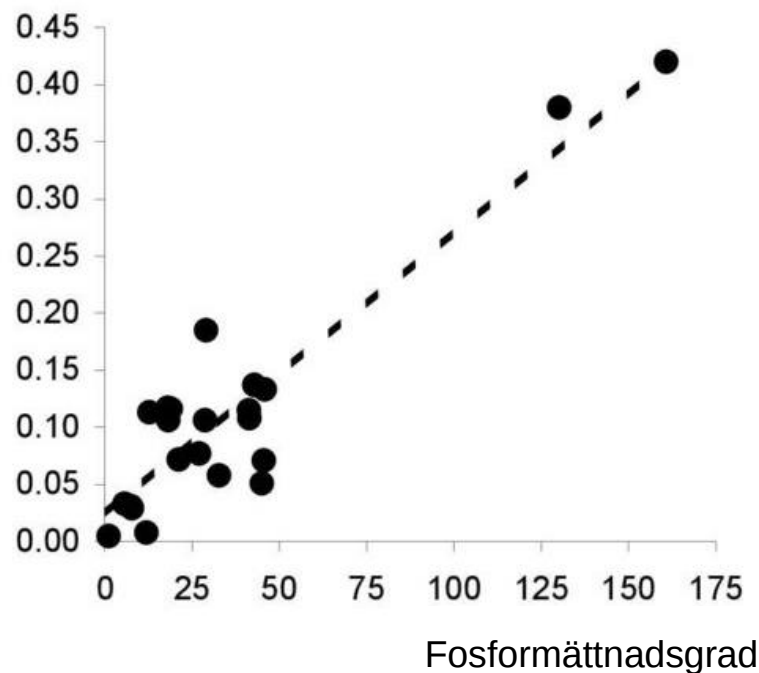
300-2000 kg/ha



Kemiska och biologiska processer frigör fosfor till växterna.

Samband mellan fosformättnad i marken och fosforhalt i dräneringsvatten

Fosfor i dräneringsvatten mg/l



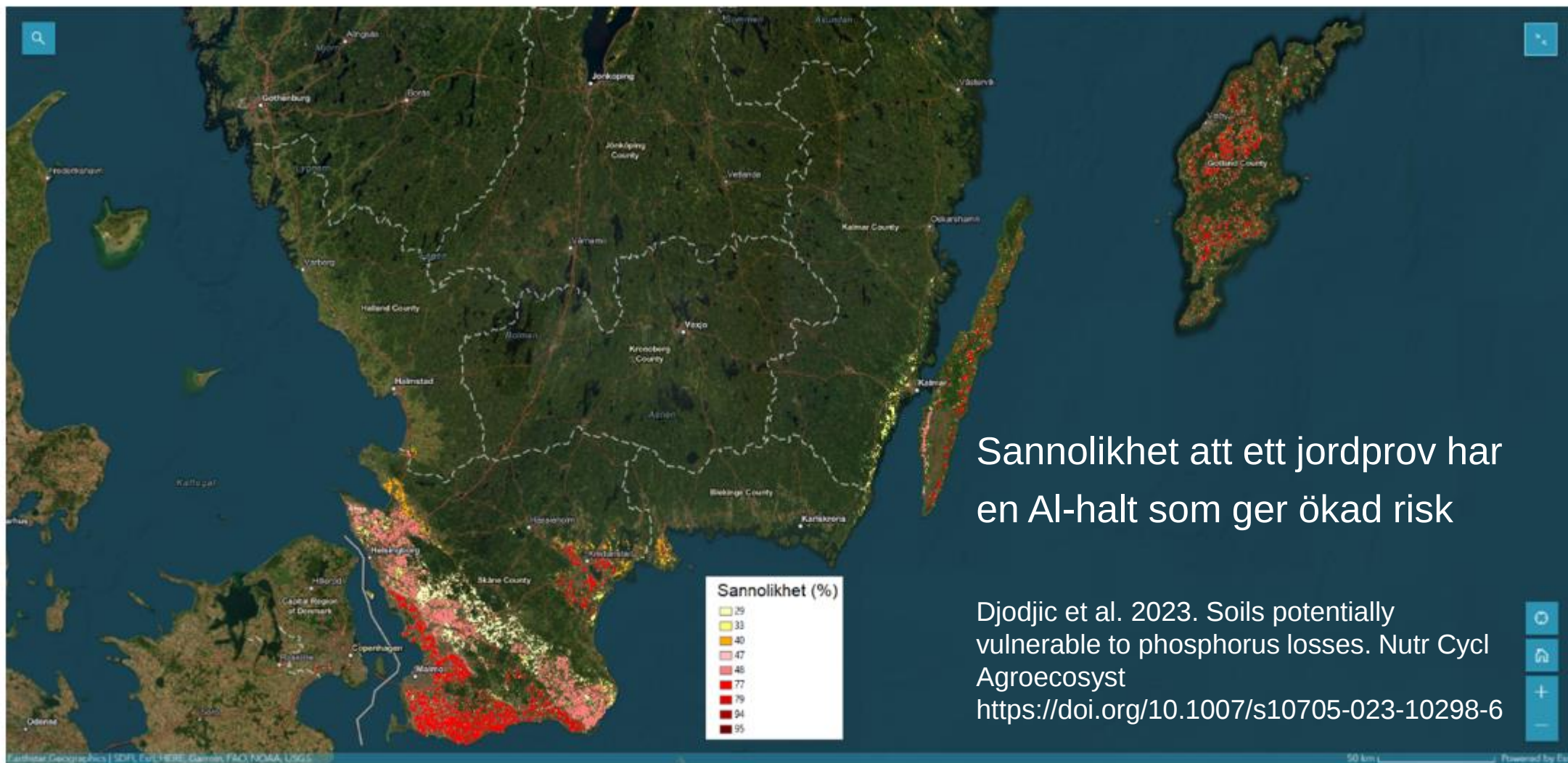
Fosformättnadsgrad brukar beräknas så här:

$$P\text{-AL}/(Fe\text{-AL}+Al\text{-AL})$$

Marken binder fosfor, men sämre när markens bindningsställen börjar fyllas. Aluminium verkar vara särskilt viktig för att binda P

Figur 3. Graden av fosformättnad uttryckt som kvoten mellan fosfor, järn och aluminium (DPS_AL) och medelhalten av fosfatfosfor (PO₄P) i dräneringsvatten från några svenska och nordiska fält (Ulén , 2005). För sandjordar har fosformättnaden i alven utnyttjats.

Låg aluminiumhalt ökar risken för fosforläckage



Figur 1. Bilden är ett utdrag ur en karta som Faruk Djodjics forskargrupp har skapat utifrån Jordbruksverkets nationella studie av aluminiumhalten i 12 500 jordprover över hela landet. Utifrån SLU-forskarnas studie verkar de jordar som har aluminiumhalter under 20 mg per 100 gram jord vara mest känsliga för förluster av löst fosfor. Ju rödare på kartan desto större sannolikhet att ett jordprov hamnar under den kritiska gränsen.

Principer för åtgärder att minska kväveutlakningen

Minska risken för att mineralkväve ansamlas i marken på hösten:

- Hålla marken bevuxen med en gröda som tar upp kvävet
- så lite jordbearbetning som möjligt
- se till att kväve i mineral- och stallgödsel utnyttjas optimalt av grödan

Riskjordar för kväveläckage: jordar med låg lerhalt (vattnet sköljer ut nitraten)



Principer för att minska fosforförluster (utlakning och erosion)

- Ha en bra struktur på marken som gynnar infiltrationen av regnvatten
- Skydda marken mot yterosion under vinterhalvåret (gröda, obearbetat)
- Gödsla efter markkartan (inte i onödan bygga upp markens fosforförråd)

Riskjordar för fosforförluster:

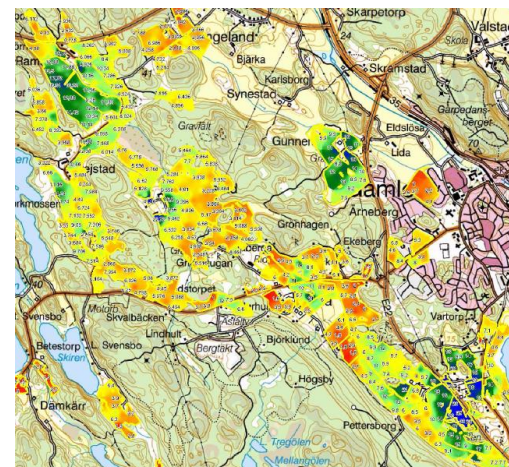
Struktursvaga lerjordar

Mo/mjälajordar

Sluttande fält med risk för ytvattenbildning

Jordar med lågt aluminiuminnehåll

Jordar med hög fosformättnadsgrad

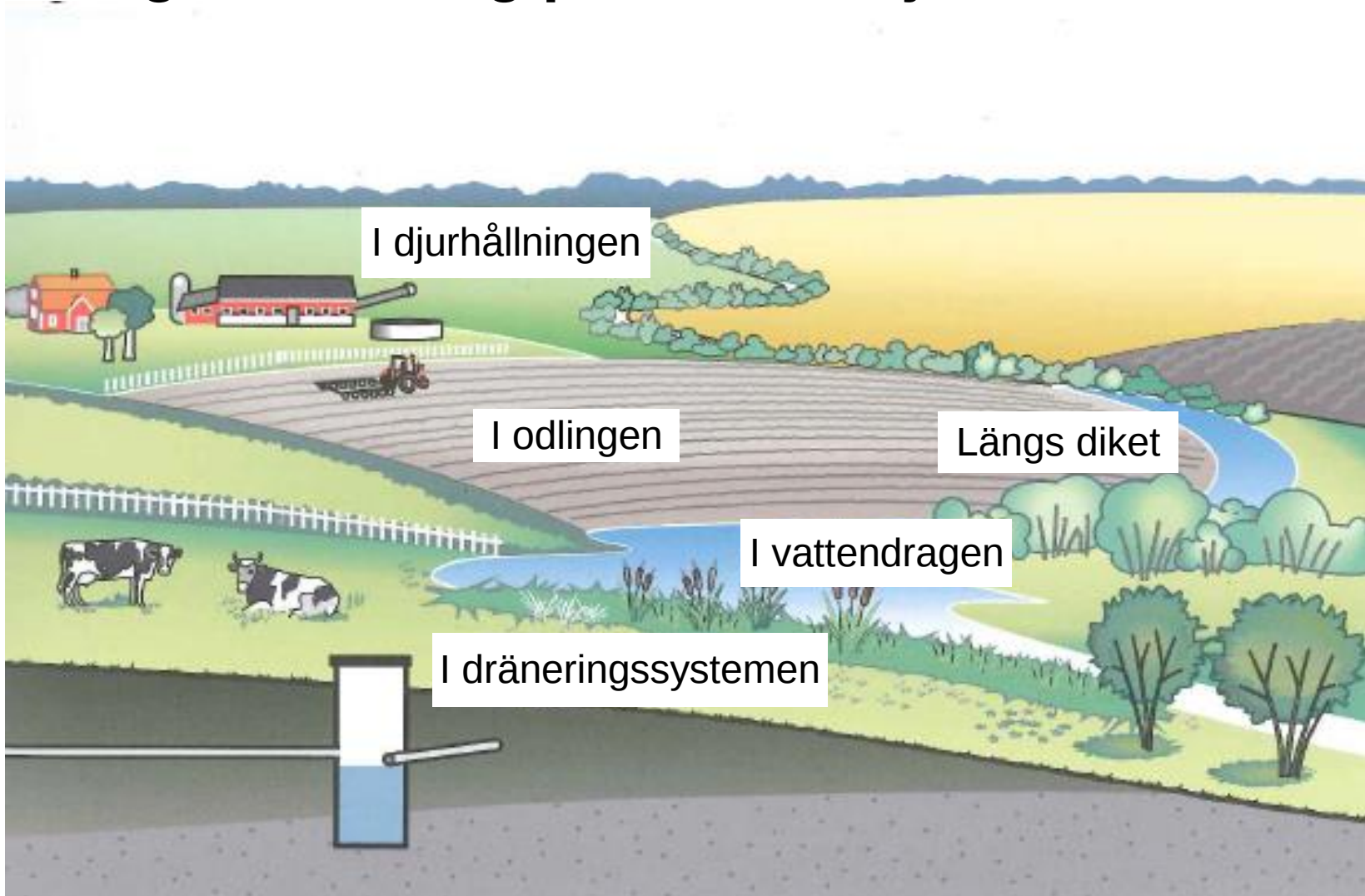


För att hitta rätt åtgärd mot fosforförluster krävs kunskap om fälten
Var uppstår fosforförlusten och varför?

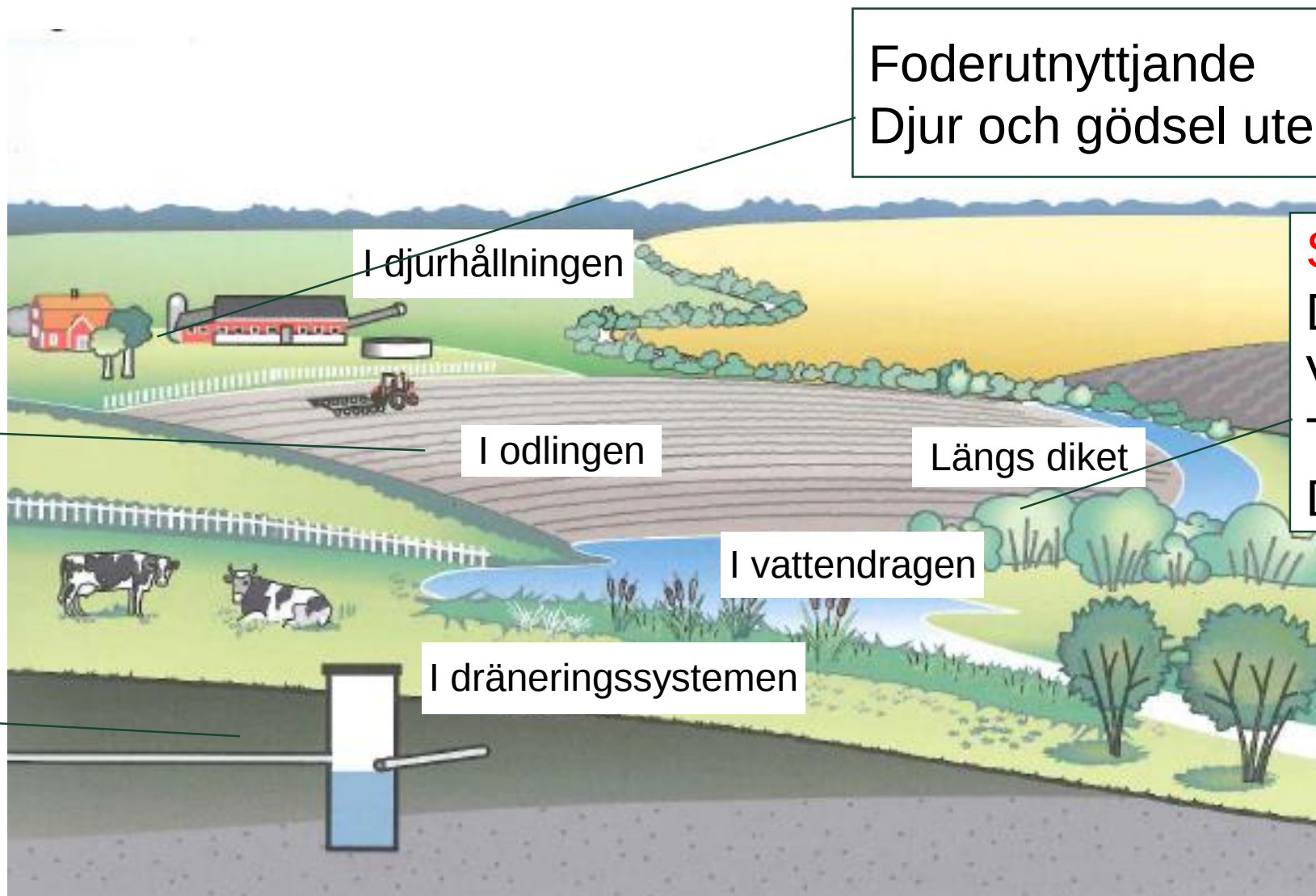
- Hur vattnet rör sig (förlustvägarna)
- Om och var risker för ytavrinning uppstår
- Dräneringsförhållanden på fältet, uppströms och nedströms
- Markens egenskaper; jordart, fosforinnehåll, struktur

Hur mycket fosforförlusterna minskar efter insatt åtgärd beror på om
den har placerats där den kan göra nytta

Åtgärdsarbetet för minskad näringsbelastning på vattenmiljön



Åtgärdsarbetet för minskad fosforbelastning på vattenmiljön



Foderutnyttjande
Djur och gödsel ute

I djurhållningen

Gödsling
Gröda
Struktur-
förbättring

I odlingen

Längs diket

Skyddszon
Damm
Våtmark
Tvåstegsdiken
Dikesunderhåll

I vattendragen

Kalkfilterdike
Underhåll

I dräneringssystemen





Fånggröda mot
kväveläckage

Skyddszon mot
fosforerosion

Fosforförluster via
ytavrinning sker på de
platser där vatten samlas



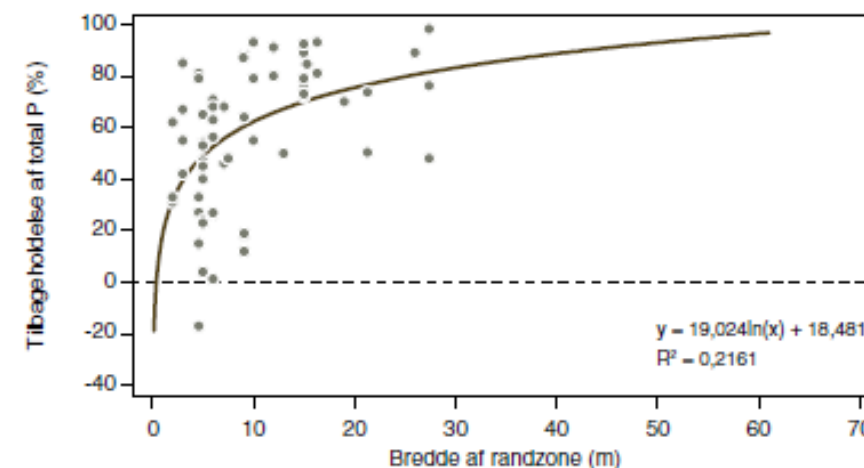
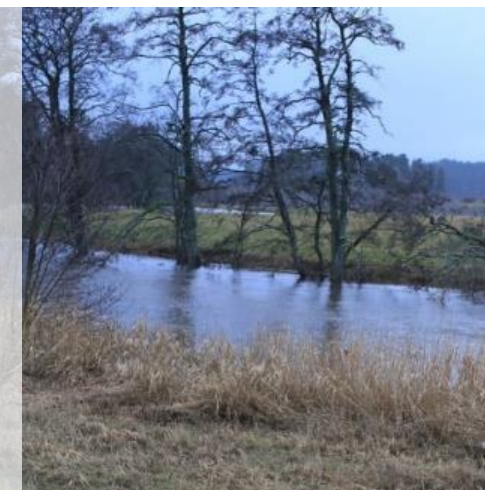
Skyddszon

Faktorer som påverkar behovet:

- Lutning
- Sträcka
- Regnmängd
- Infiltrationskapacitet
- Jordart/struktur/partikelstorlek

Faktorer som påverkar funktionen:

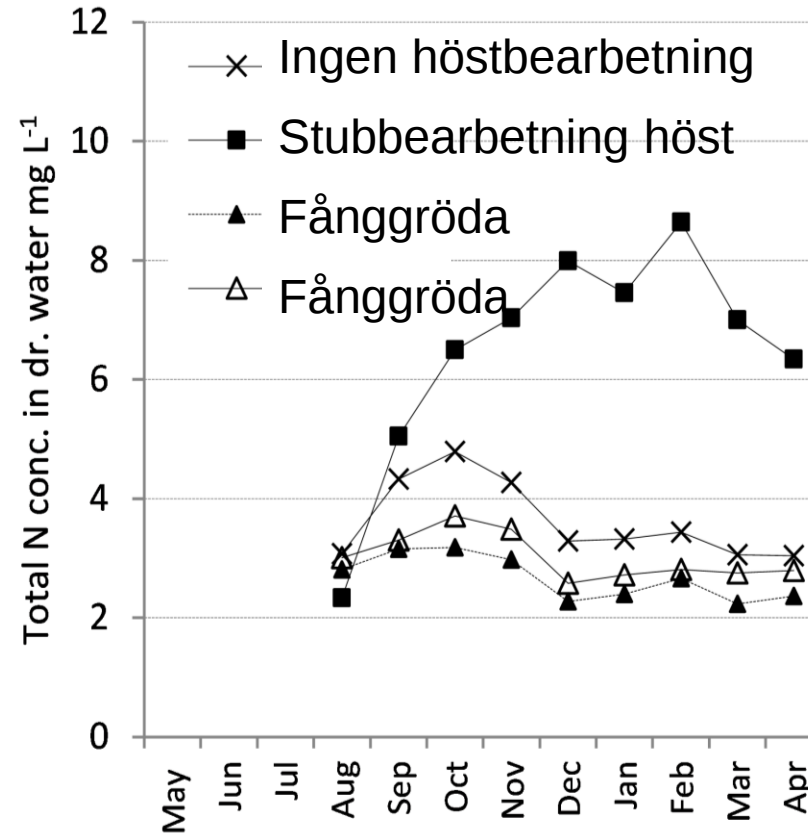
- Bredd: första metrarna viktigast
- Flerårig vegetation, fritt artval
- Placering där vattnet kommer
- Avslagning minskar sorkproblem
- Skörd för bort fosfor



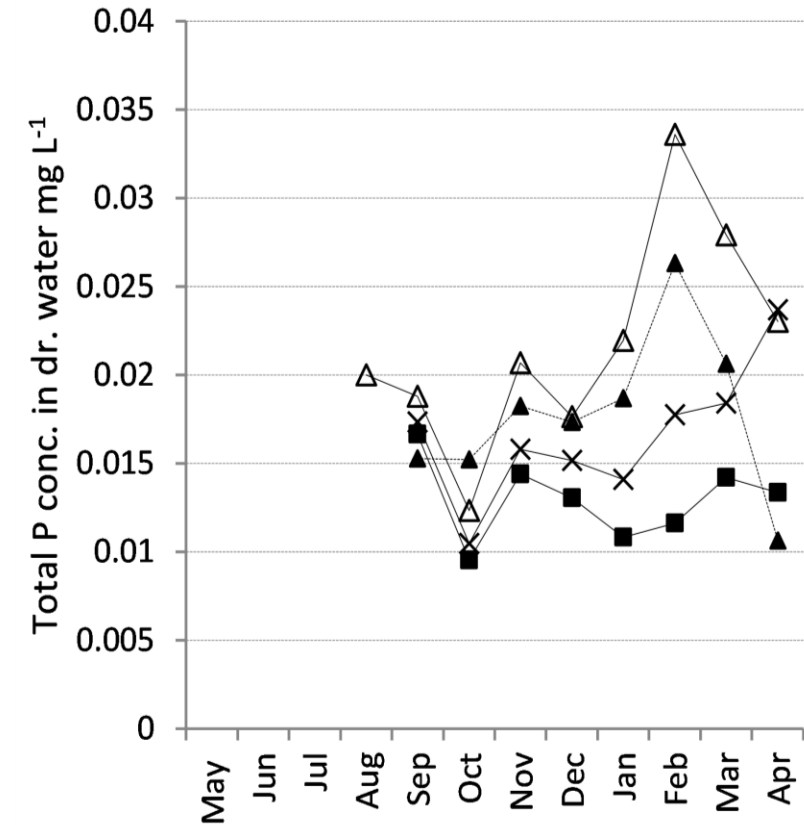
Odlingssystem med mindre bearbetning och mer vintergrönt kan minska erosion och minskar utlakning av kväve, men inte av fosfor

- Höst-/vintergrönt minskar kväveläckaget
- Skyddszon, stubbåker och väletablerad gröda skyddar mot erosion
- Mellangröda/fånggröda minskar inte läckage av löst P

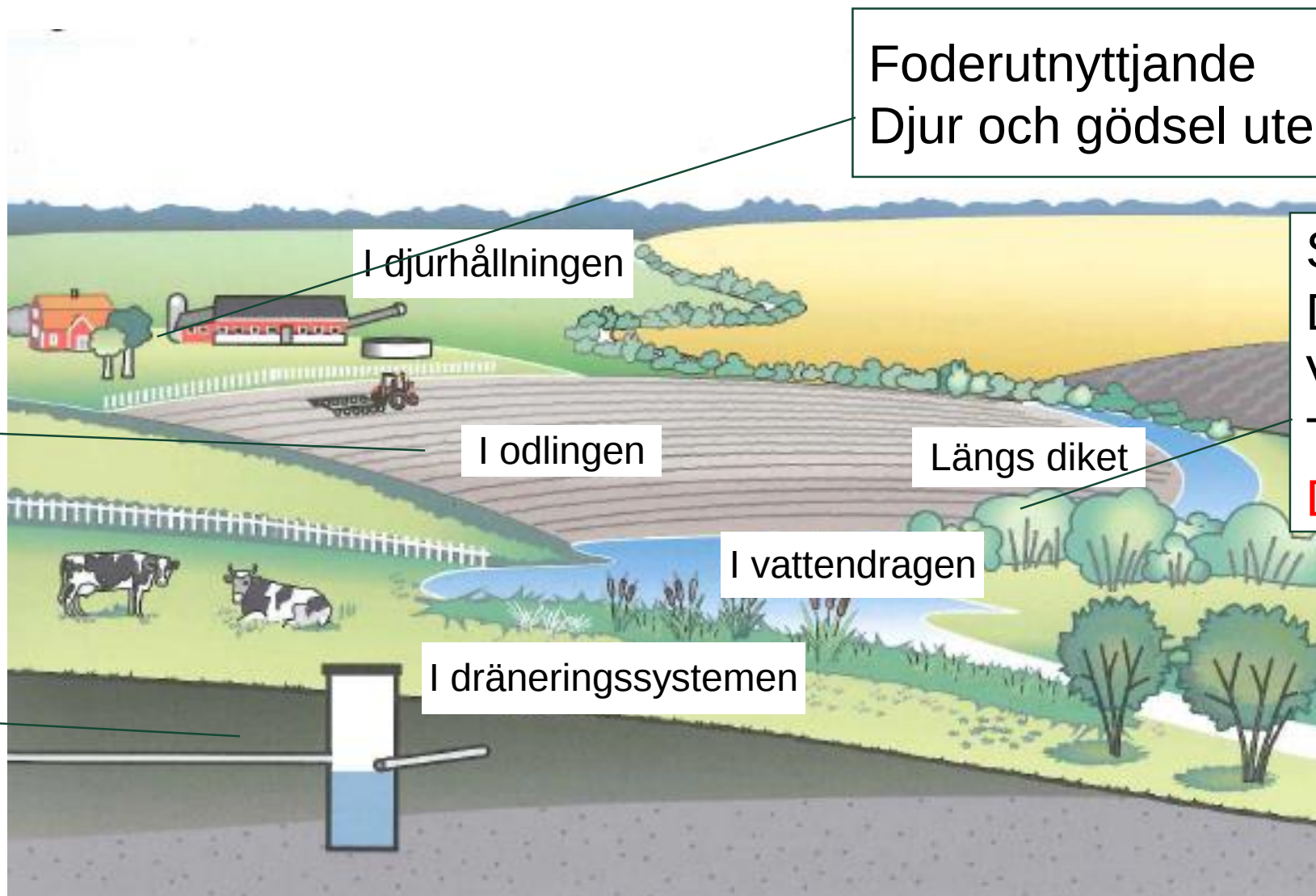
Kväve i dr. vattnet



Fosfor i dr. vattnet



Åtgärdsarbetet för minskad fosforbelastning på vattenmiljön



Foderutnyttjande
Djur och gödsel ute

I djurhållningen

Gödsling
Gröda
Strukturkalk

I odlingen

Längs diket

Skyddszon
Damm
Våtmark
Tvåstegsdiken
Dikesunderhåll

I vattendragen

I dräneringssystemen

Kalkfilterdike
Underhåll

Bra dränering och bra markstruktur viktigt för minskad risk för fosforförluster

- Dräneringssystemet på fältet
- Dikesåtgärder uppströms och nedströms
- Kalkfilter vid täckdikning
- Andra typer av filter?
- Strukturfrämjande åtgärder:
 - ökad mullhalt (växtföljd, organiska jordförbättringsmedel)
 - undvika markpackning
 - strukturkalkning

L1-151, Ny täckdikning – effekter på avkastning och näringsutlakning

Stiftelsen JTI

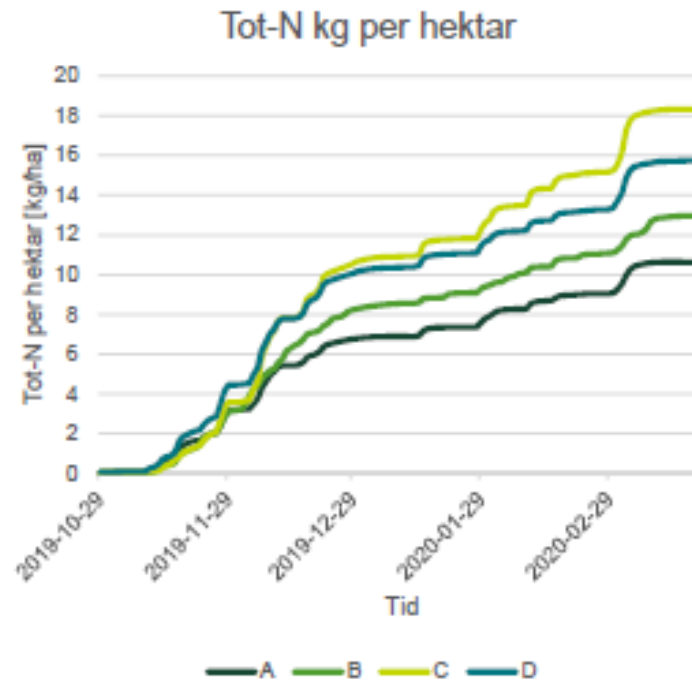
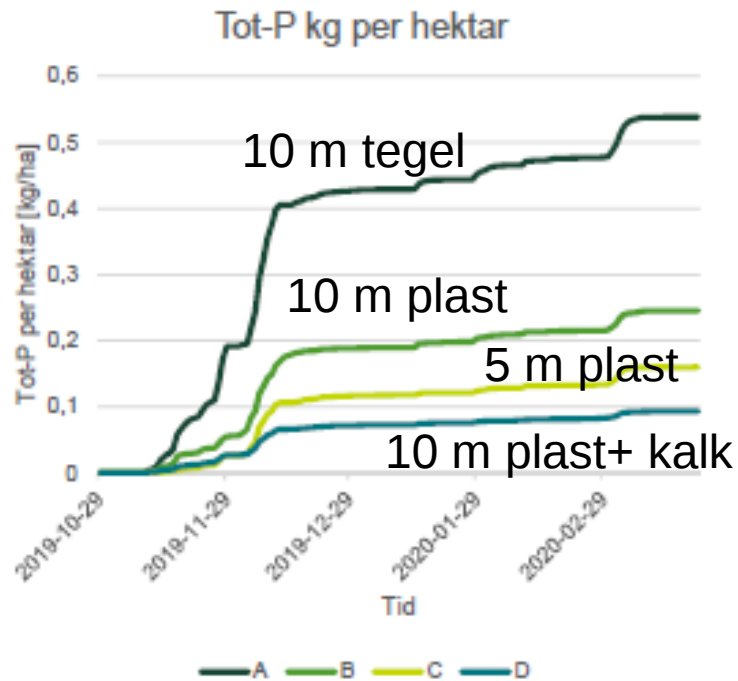
Ingrid Wesström, SLU, Abraham Joel, SLU, Petter Ström, Väderstad

- Sala, Västmanland (59°48'26"N 16°47'09"Ö)
- Konventionellt odlad mellanlera med hög multhalt i matjorden
- Fyra behandlingar; (A) gammalt tegelrörsystem, 10 m dikesavstånd, (B) nya plaströr, 10 m dikesavstånd, (C) nya plaströr, 5 m dikesavstånd, (D) nya plaströr, 10 m dikesavstånd med kalk inblandad i täckdikesåterfyllnaden
- Kontinuerliga mätningar av avrinning och turbiditet. Vattenprovtagning för analys av fosfor och kväve. Mätning av skörd.



Foto: Bob Wennström

Fosfor- och kväveutlakning år 2019/20



Tidigare försök i Västmanland visar att kalkåterfyllnad minskat ytavrinning med 80% och fosforläckaget med 16%.

Lindström, J. & Ulén, B. 2003. Effekt av kalk i täckdikesåterfyllningen på fosforförluster från jordbruksmark. Slutrapport SJV, Dnr 25-5666/99, Jordbruksverket, Jönköping.

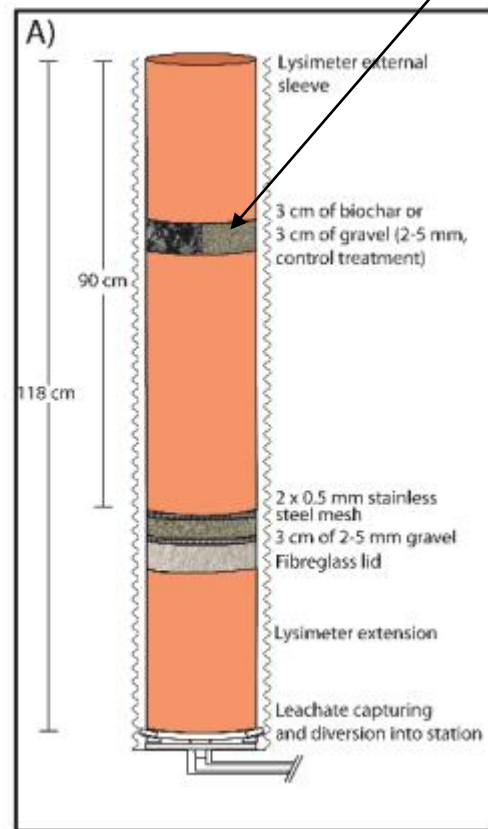
Kan tillsats av biokol minska fosforläckaget?

Phosphorus Leaching from Swedish
Arable Organic Soils

Quantification and Mitigation Using Biochar

Matthew Riddle

*Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences
Department of Soil and Environment
Uppsala*



Biokol som laddades med järn- respektive magnesium för att binda fosfor som läckte från mulljord undersöktes i en doktorsavhandling från 2018.

Utan coating: dålig effekt
Fe-coating: 62% minskat fosfatläckage
Mg-coating: 74% minskat fosfatläckage

Strukturkalkning

Strukturkalk är vanlig jordbrukskalk med 15-20% inblandning av släckt eller bränd kalk. Strukturkalkning av lerjord förbättrar struktur och stabilitet.

Odlingsförutsättningarna förbättras och risken för erosion och läckage av fosfor minskar.

Slutsatser från Jens Blomquists doktorsavhandling på SLU 2021:

- Strukturkalkning ger 15-35% förbättrad aggregatstabilitet på lerjordar (bättre struktur)
- Effekten beror av lerhalt, pH, mullhalt och lermineralogi
- Effekten avtar över tid
- Effekten på skörden har varierat

Råd:

Prioritera jordar med lågt pH (<7) och hög lerhalt ($>25\%$) för strukturkalkning

Strukturkalkningens effekter på fosforläckage

Södermanland (2 försök), Uppland (1 försök) , Halland (1 försök)

Några slutsatser:

- Strukturkalkning har minskat läckaget av fosfor på jordar med 30% ler eller mer.
- Både minskat läckage av löst och partikulärt P (upp till 40% effekt)
- Avtagande effekt efter 6 år (försök i Södermanland)

Strukturkalk på Lilla Böslid

Mellanlera 29%, pH 6,6

Strukturkalkades i september
2018

Nordkalk Fostop struktur 8 resp
16 ton/ha

Kontroll utan kalkning

6 replikat

5 års resultat

Norberg, L m fl (2021). *Strukturkalkning för minskat fosforläckage – En fältstudie på mellanlera i Halland*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. (Ekohydrologi, 170).

Stiftelsen lantbruksforskning



Foto: Lisbet Norberg

Strukturkalk Lilla Böslid kalkat 2018

Resultat

Ingen mätbar effekt på aggregatstabilitet

2018/2019: ingen effekt på fosforutlakning

2019/2020: 45% minskat läckage av total-P

2020/2021: 26-38% minskning

2021/2022: 45% minskning

2022/2023: 38-67% minskning (störst effekt vid hög kalkgiva)

Även minskat läckage av löst fosfor (35%), utom år 5

Ingen effekt på kväveläckaget

Ingen påverkan på skördarna

Strukturkalk Lilla Böslid 2022

Nytt försök utlagt i september 2022 på andra hälften av utlakningsfältet

Kalkning i augusti 2022 under optimala förhållanden (Spridning 2018 gjordes i september efter en regnperiod)

Frågeställningar:

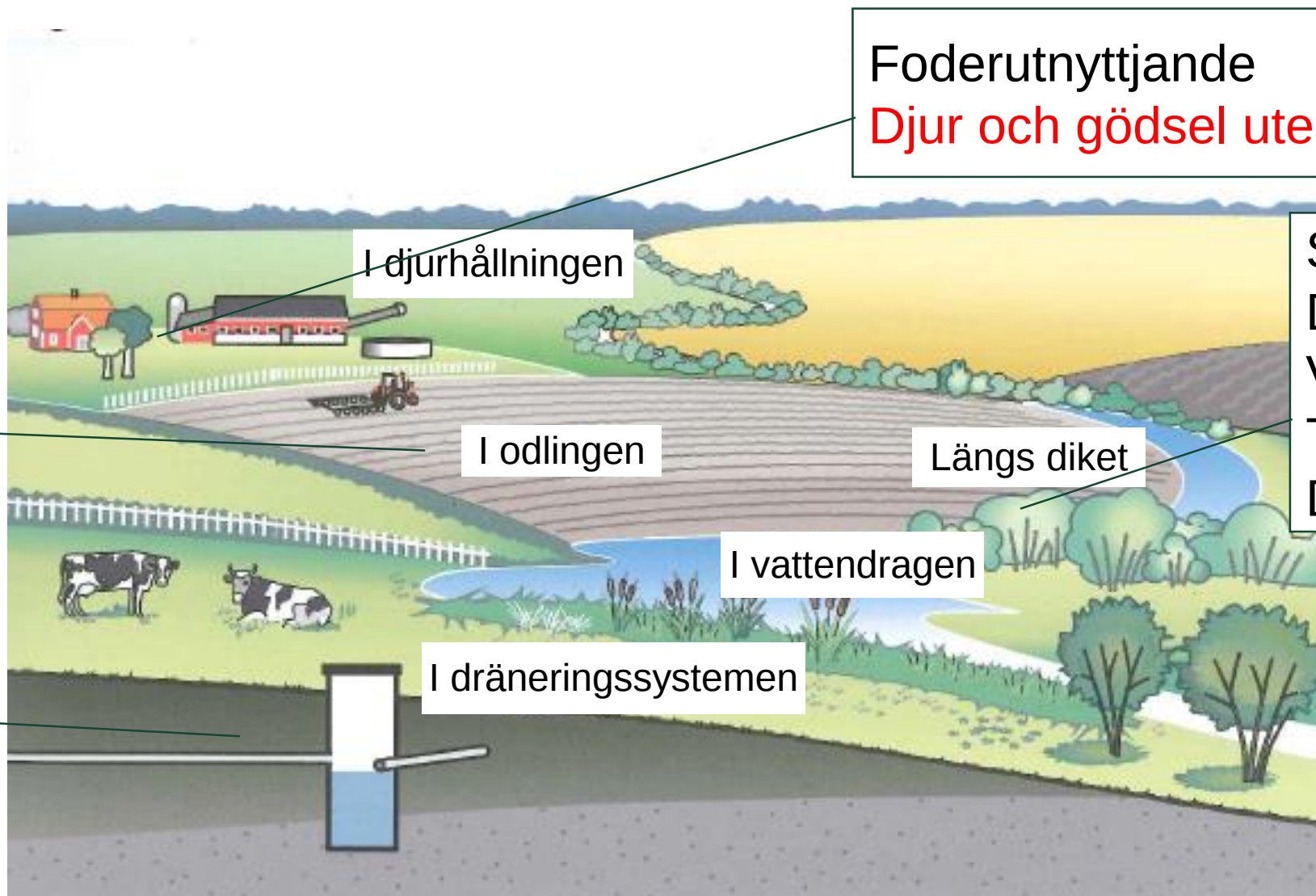
Är effekten beroende av förhållandena vid spridning?

Hur länge håller effekten från kalkning 2018 i sig?

Preliminära resultat 2022-2023:

Ca 65% minskat läckage av totalfosfor

Åtgärdsarbetet för minskad fosforbelastning på vattenmiljön



Foderutnyttjande
Djur och gödsel ute

I djurhållningen

Gödsling
Gröda
Strukturkalk

I odlingen

Längs diket

Skyddszon
Damm
Våtmark
Tvåstegsdiken
Dikesunderhåll

I vattendragen

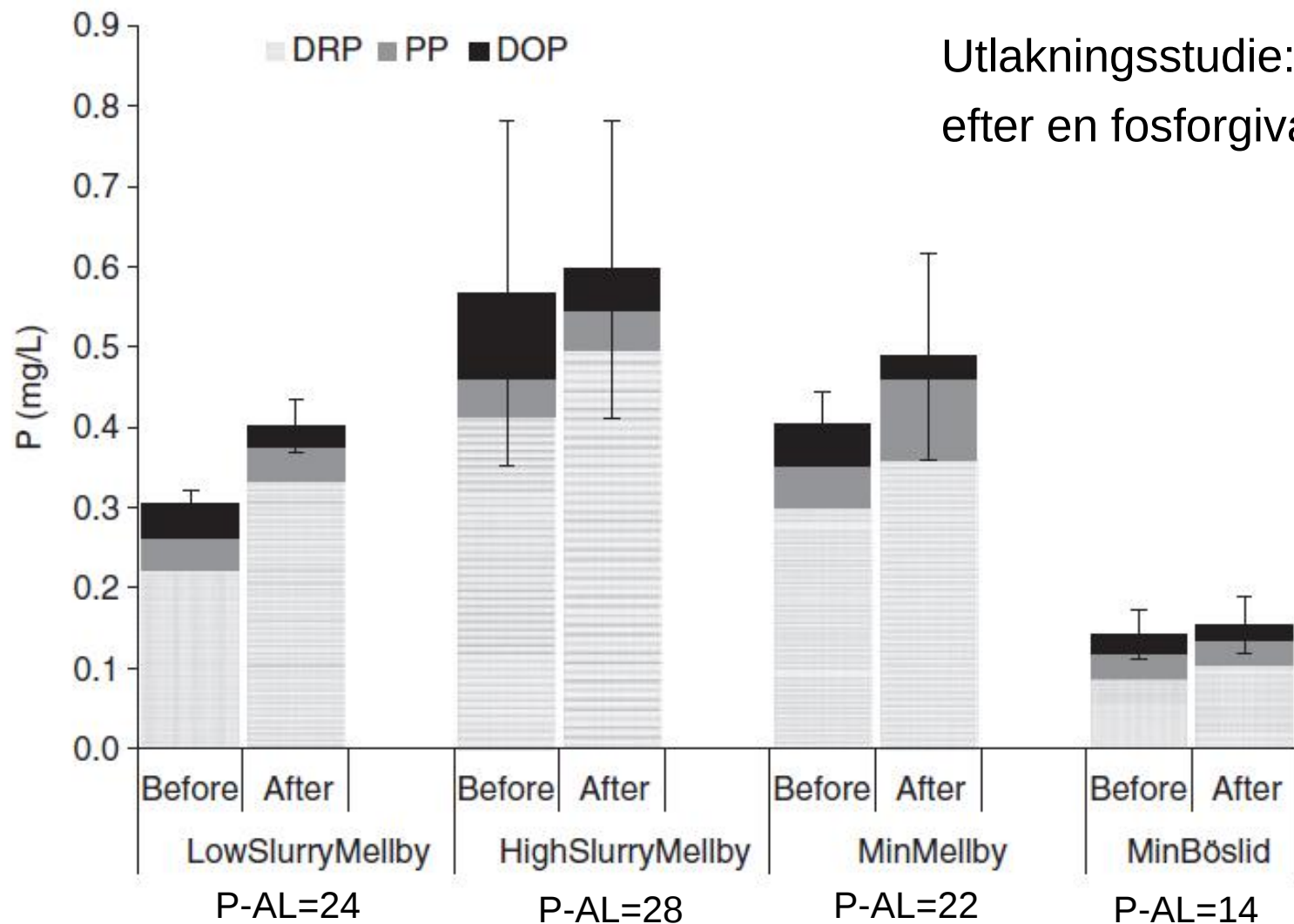
I dräneringssystemen

Kalkfilterdike
Underhåll

Åtgärder gödsel och gödsling

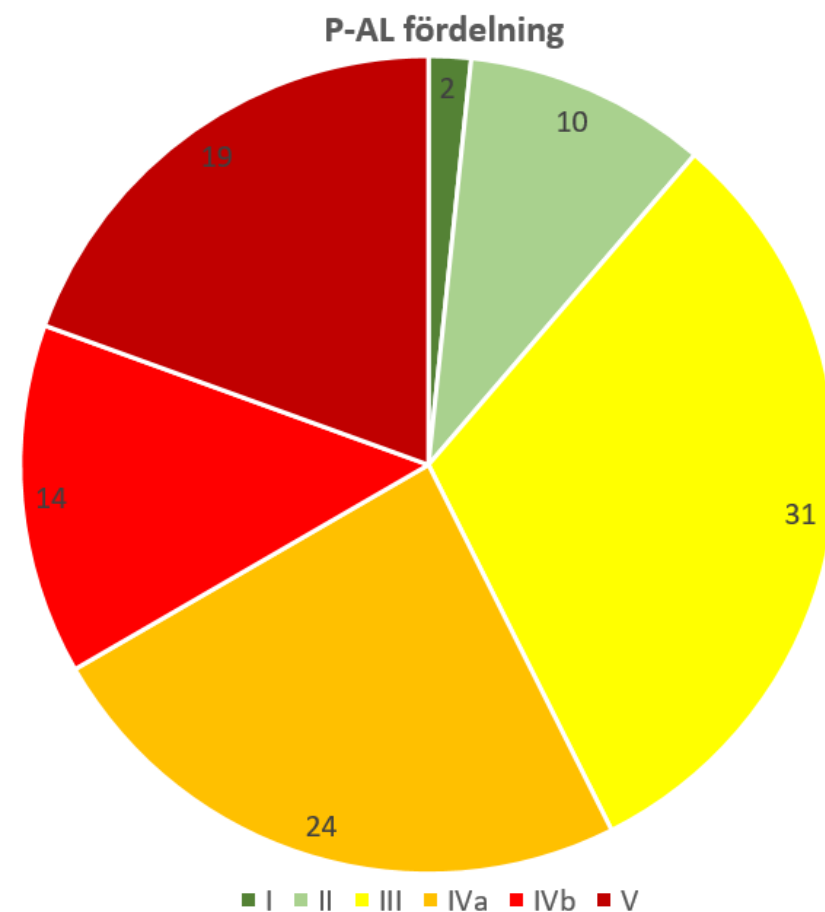
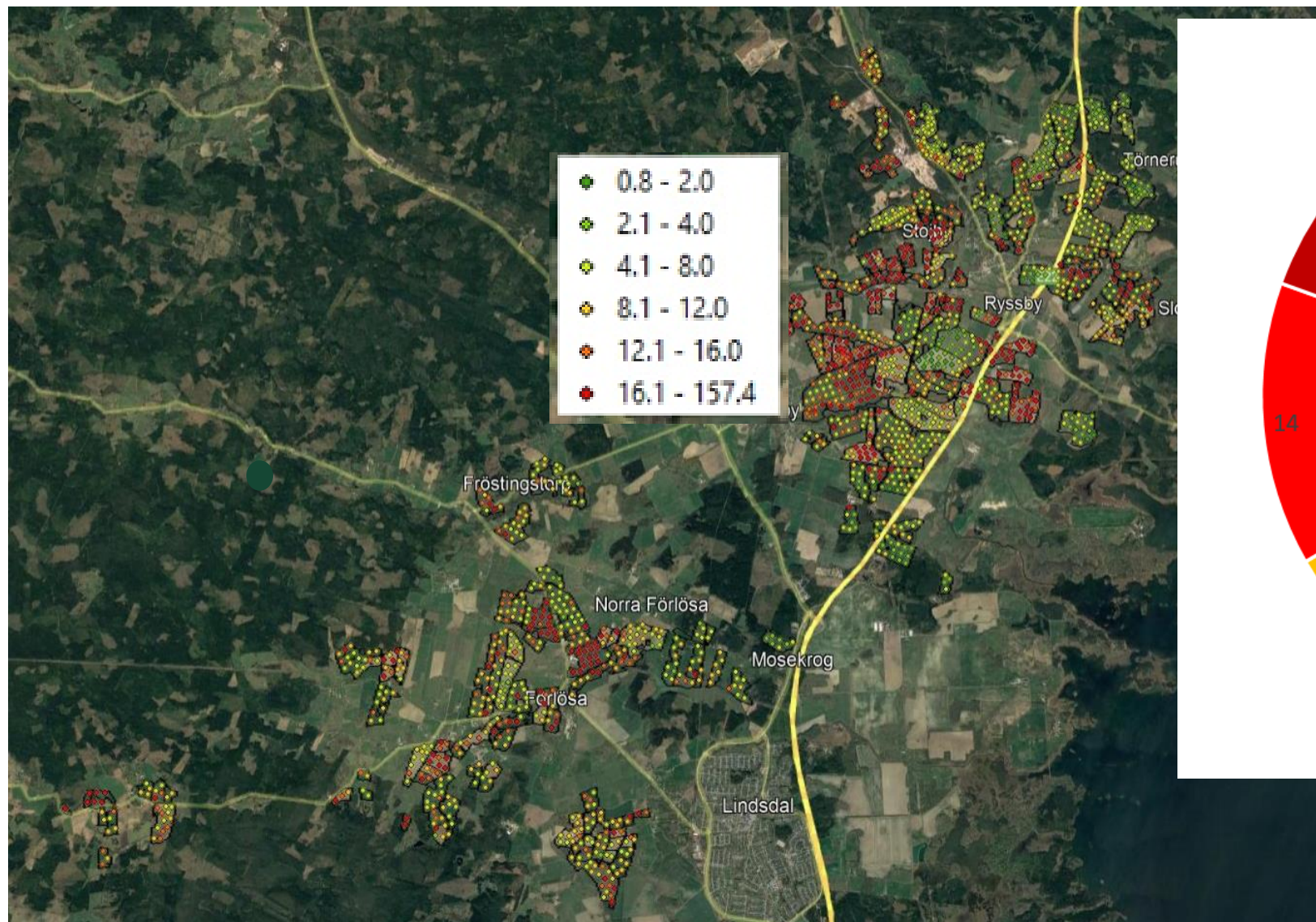
	Åtgärd	
Giva	Precisionsgödsling för P= gödsla efter markkarta	Viktigt att dra ned giva på jordar med högt P-AL(>12), lågt Al-AL(< 20) och hög mättnadsgrad för P
Tidpunkt	Undvik spridning vid risk att sammanfalla med vattenöverskott, t ex sen höst	Viktigt på jord med snabba transportvägar (lerjord) Och på fält med risk för ytavrinning
Spridning	Mylla för ökad markkontakt= binder in fosfor	Särskilt viktigt på jord med snabba transportvägar
Gödsel ute	Stukor eller utehagar kan bli punktkällor, ta hänsyn till risker	Riskbedömning transportvägar och närhet till miljö som måste skyddas

Historien har stor betydelse för dagens läckage Dagens gödsling blir också historia med tiden

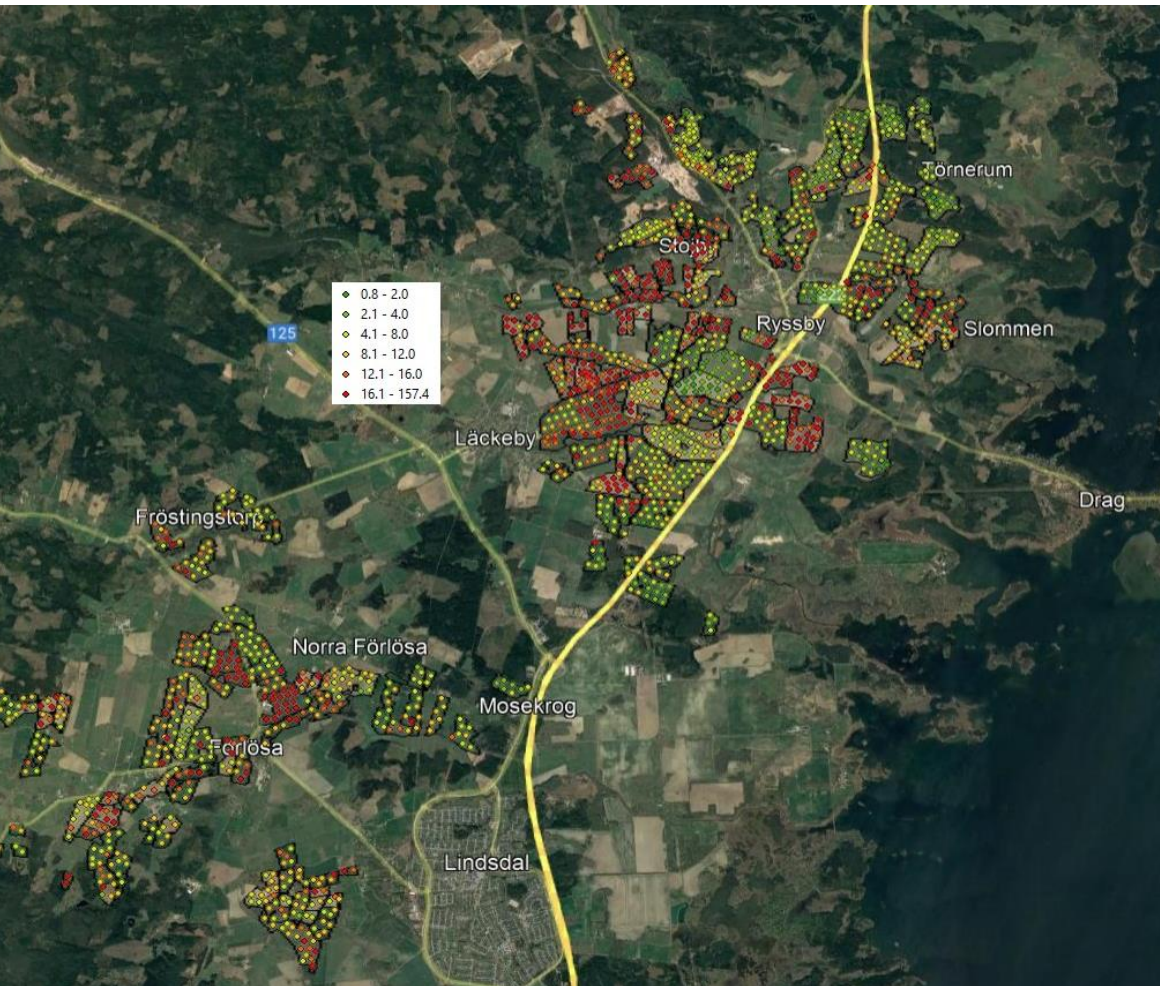


Liu, J. m.fl. 2012. Potential phosphorus leaching from sandy topsoils with different fertilizer histories before and after application of pig slurry. Soil Use and Management 28:457-467.

Exempel: Halter av lösligt P (P-AL), enligt lantbrukares markkartor



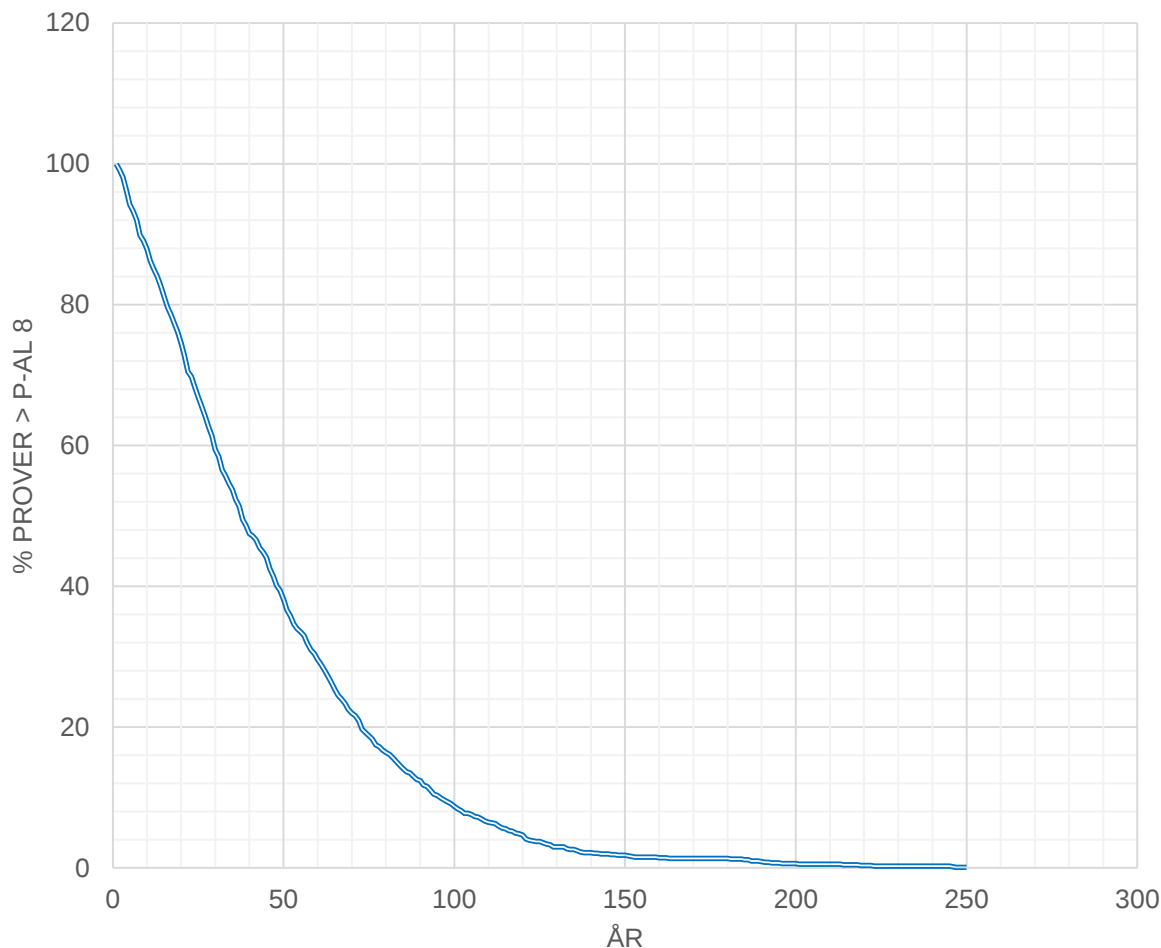
Vad händer om vi minskar fosforgödslingen på fosforrika marker i det här området?



Data från långliggande försök användes för att uppskatta hur snabbt P-AL kan klinga av om man slutar gödsla med P. Vi utgick från provpunkter med initial-värden över 10 mg/100g jord om man slutar gödsla med fosfor.

Data från läckagestudier i regnsimulator m.m. användes för att uppskatta vad det skulle betyda i form av minskat läckage

Vad händer om vi slutar tillföra fosfor på fosforrika marker i det här området (Jordar med P-AL>10)?



Det gör skillnad på **lång sikt**

Det skulle kanske ta ca 50 år innan 60% av fosforrika fält når under gränsen för klass III (<8), 160 år innan alla gör det!

Dagens fosforläckage uppskattas till ca 280 kg från området. Om alla fält hade P-AL<8 skulle läckaget vara ca 100 kg.

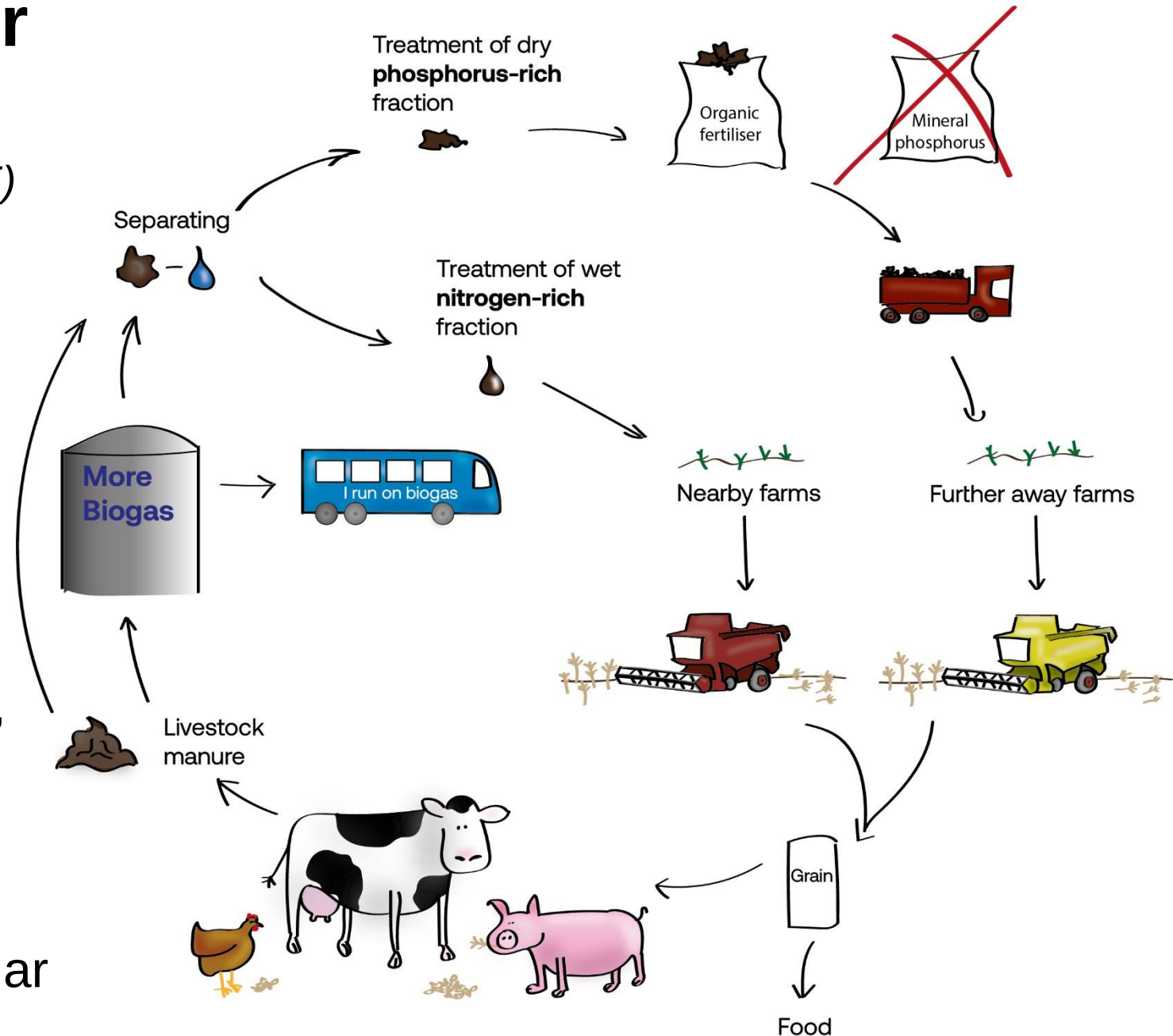
Preliminära resultat Faruk Djodjic, SLU

Bättre kretslopp för djurgödsel

(BalticWaters2030, SLU och RISE)

Separationstekniker med efterbehandling för att framställa transporterbara fosforrika gödselmedel

- Ökat växtnäringsutnyttjande
- Mindre beroende av "gruvfosfor"
- Ökad självförsörjning
- På sikt minskad risk för fosforläckage från fosforrika jordar



Gödselspridning under riskförhållanden

västra Sverige 4 april 2023



60% av fosfor i
stallgödseln är
vattenlöslig

Förluster av N, P och K från hästgödsel som lämnats ute

Fältstudie under 5 månader (dec 2020-maj 2021). Nederbörd 218 mm som regn och snö

Gödselhögar lämnades på markytan. Prover (5 replikat) vid 12 tillfällen för analys av kvarvarande biomassa och näringskoncentrationer. Efter 5 månader återfanns:

- 67% av gödselns biomassa
- 77% av kvävet i gödseln
- 31% av fosfor
- 12% av kalium

Nästan alla förluster hade skett efter 130 mm regn (2,5 mån)



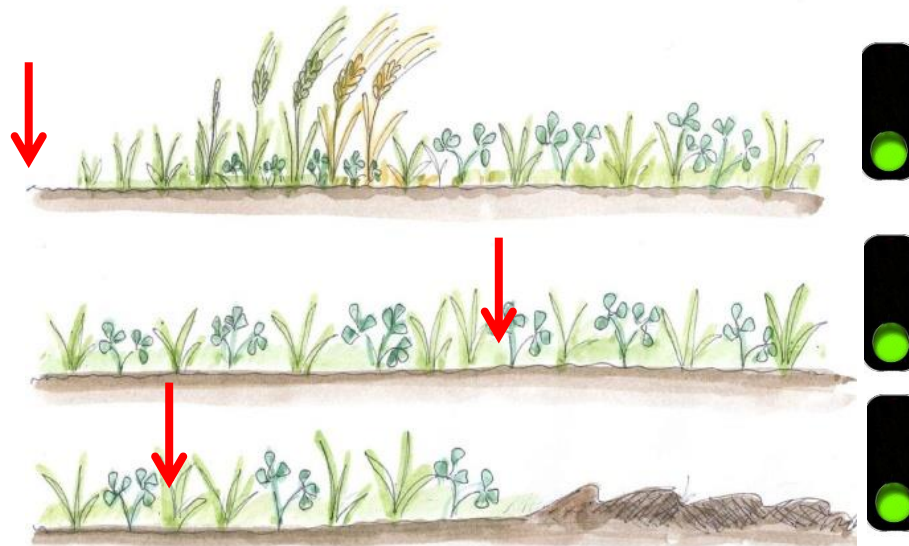
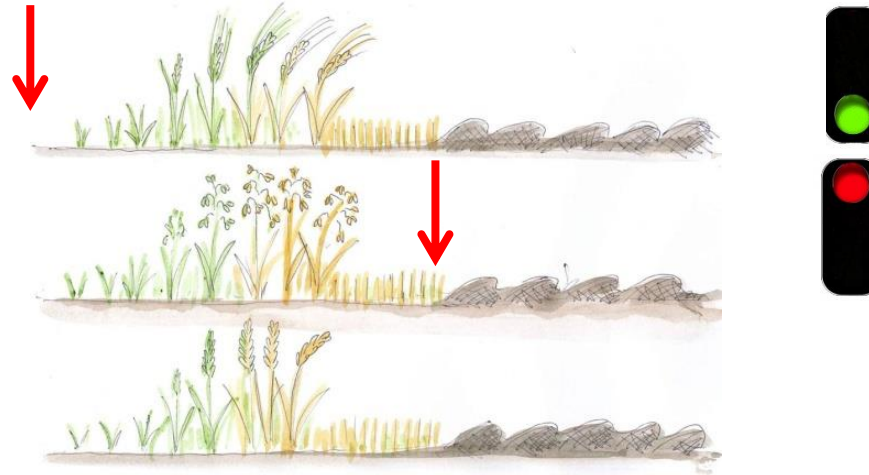
Aronsson et al (2022) Losses of phosphorus, potassium and nitrogen from horse manure left on the ground, Acta Soil & Plant Science, 72:1, 893-901

Tidpunkt och myllning av gödsel

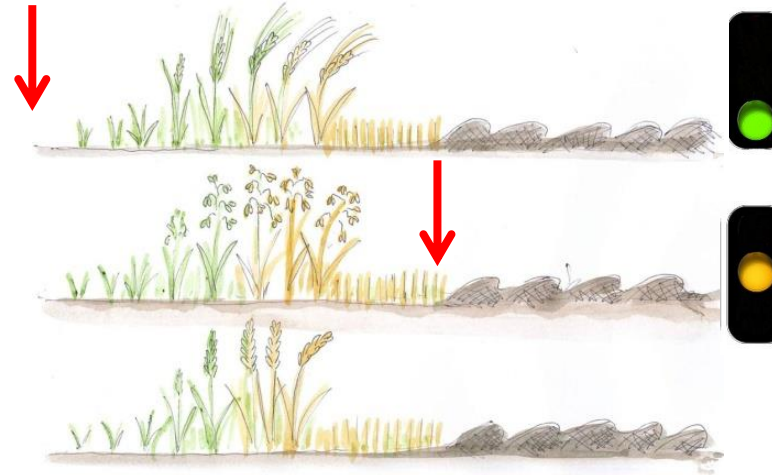
KVÄVE

Vallen buffrar bra mot kväveläckage, även vid gödsling i oktober. Har även bekräftats för mojord.

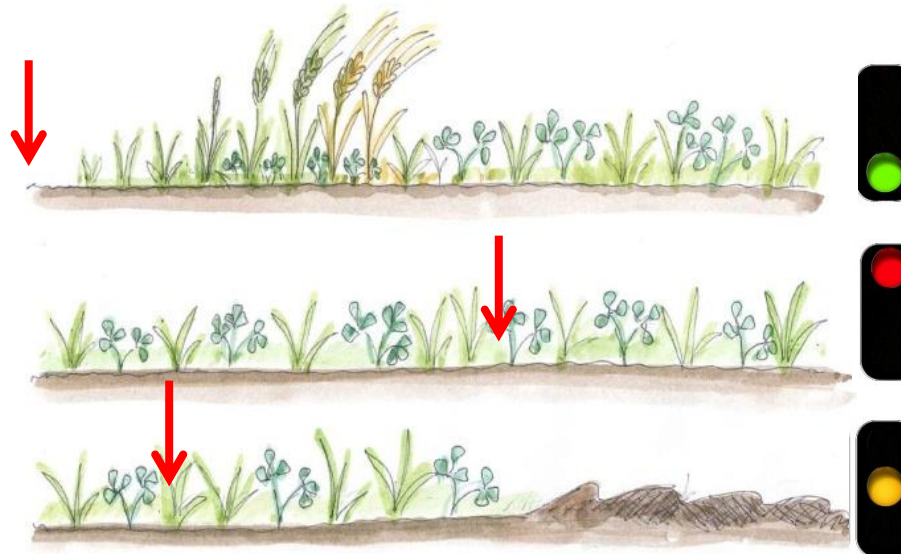
(Torstensson m fl, 2012.
Ekohydrologi nr 133)



Tidpunkt och myllning av gödsel



För **lerjordar** är höstgödsling ett riskmoment för fosforläckage, särskilt på vallar där det är svårt att mylla gödseln



Djur ute som punktkälla

Ytan närmast stallet är ca 750 m², ca 1% av hela hagen.

Provtagning av dräneringsvatten utanför hönsstall. 17 prover (9 från referensytor)

- Kväve: medelhalt 44 mg/l = 4 ggr referens på åkermark
- Fosfor: medelhalt 2,25 mg/l = 10 ggr referens på åkermark

(Lovang & Aronsson, JV-projekt)



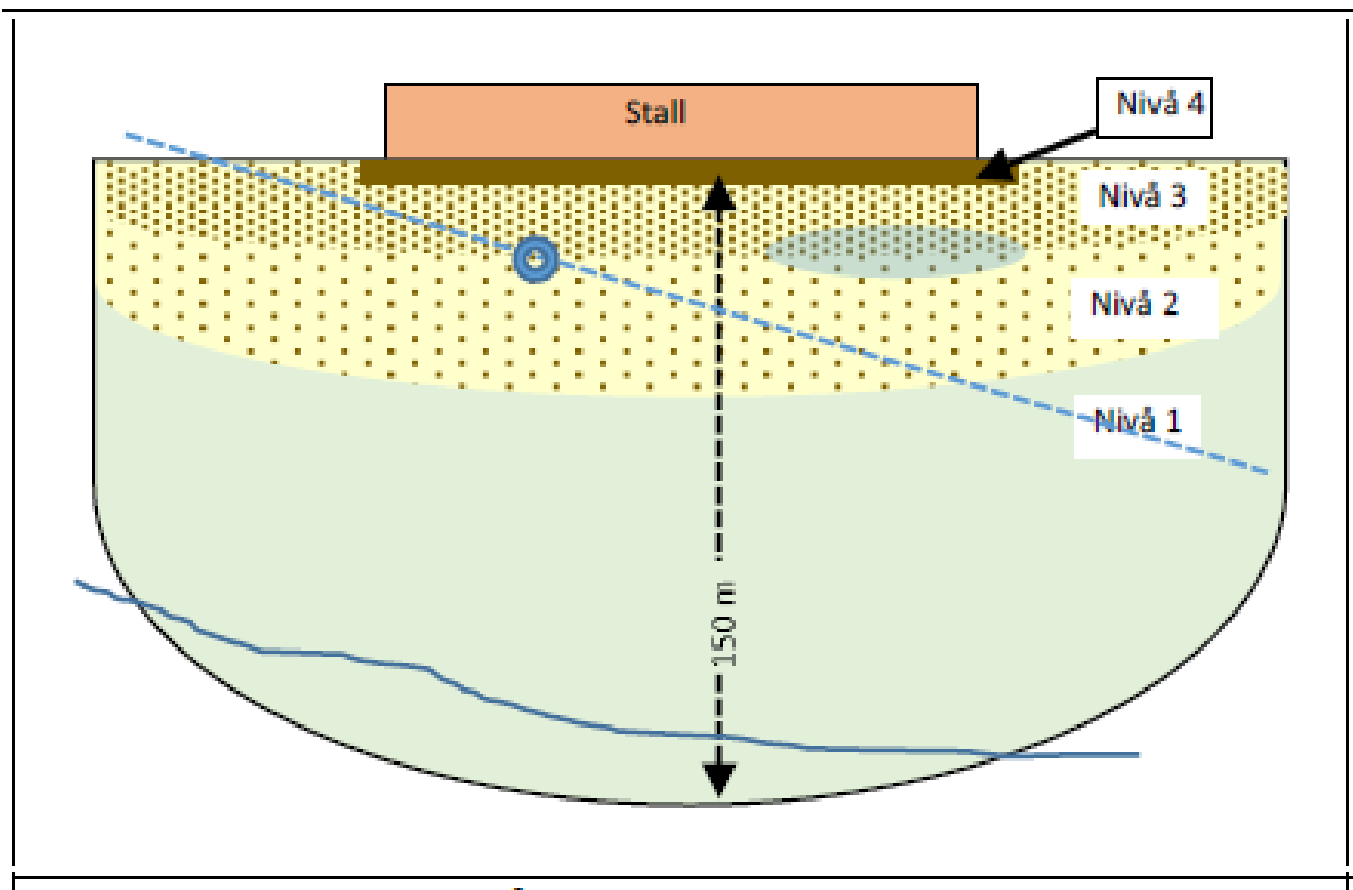
Minskade fosforförluster från rasthagar för höns

–metod för riskbedömning samt åtgärdsförslag

Helena Aronsson och Malin Lovang

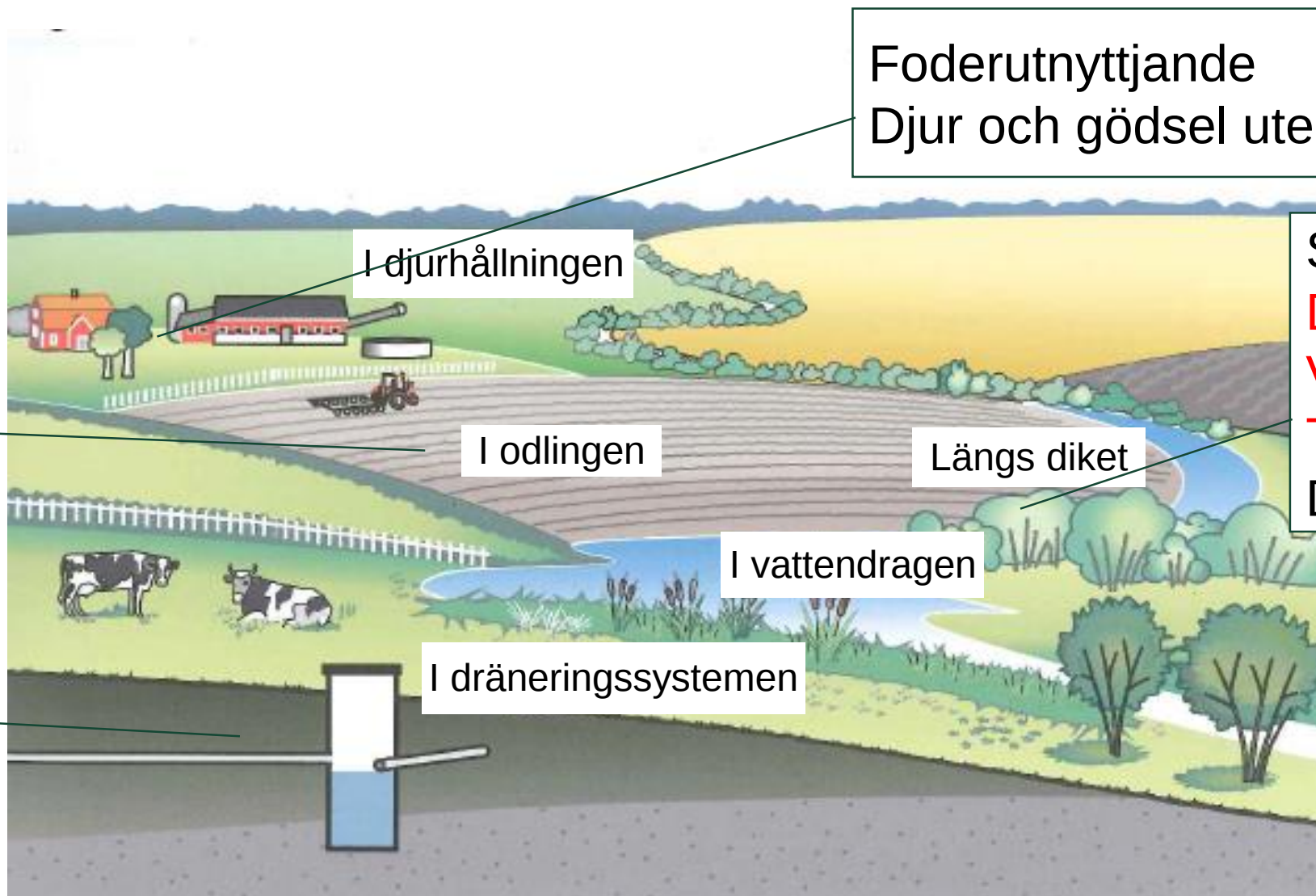


Djur ute som punktkälla



Första steget i åtgärdsarbetet:
Att hitta de platser där belastningen är stor, och framför allt där den sammanfaller med risk för transport och påverkan på vattenmiljö

Åtgärdsarbetet för minskad fosforbelastning på vattenmiljön



Foderutnyttjande
Djur och gödsel ute

I djurhållningen

Gödsling
Gröda
Strukturkalk

I odlingen

Längs diket

Skyddszon
Damm
Våtmark
Tvåstegsdiken
Dikesunderhåll

I vattendragen

Kalkfilterdike
Underhåll

I dräneringssystemen

Bromsa vatten och näring på vägen

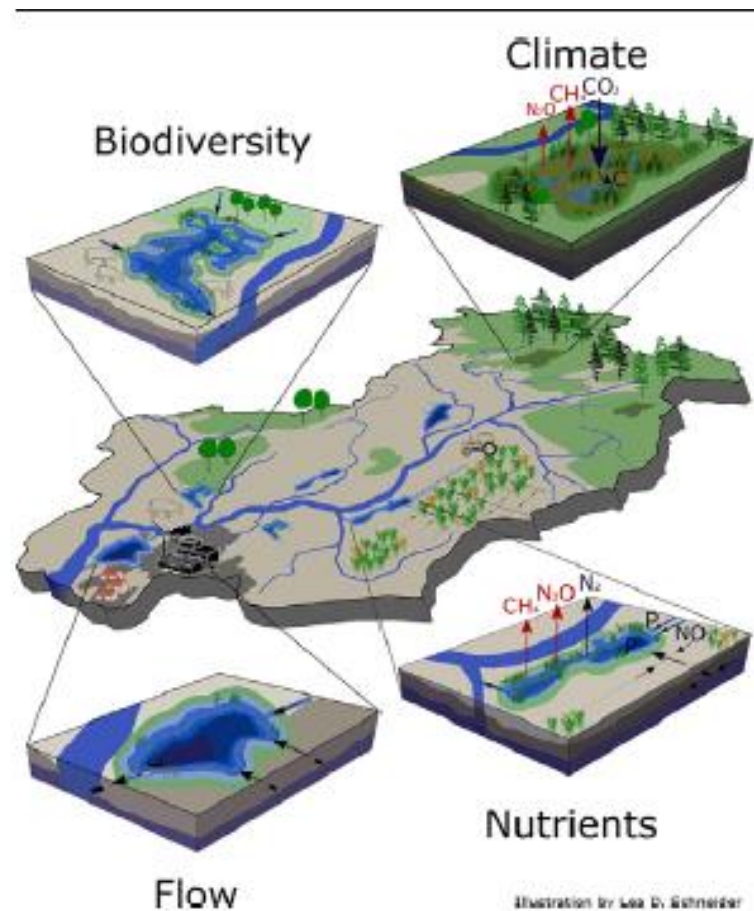
Tvåstegsdiken, fosfordammar och våtmarker

Minska översvämning
Fånga fosforrika partiklar
Öka växtupptag
Ökad denitrifikation

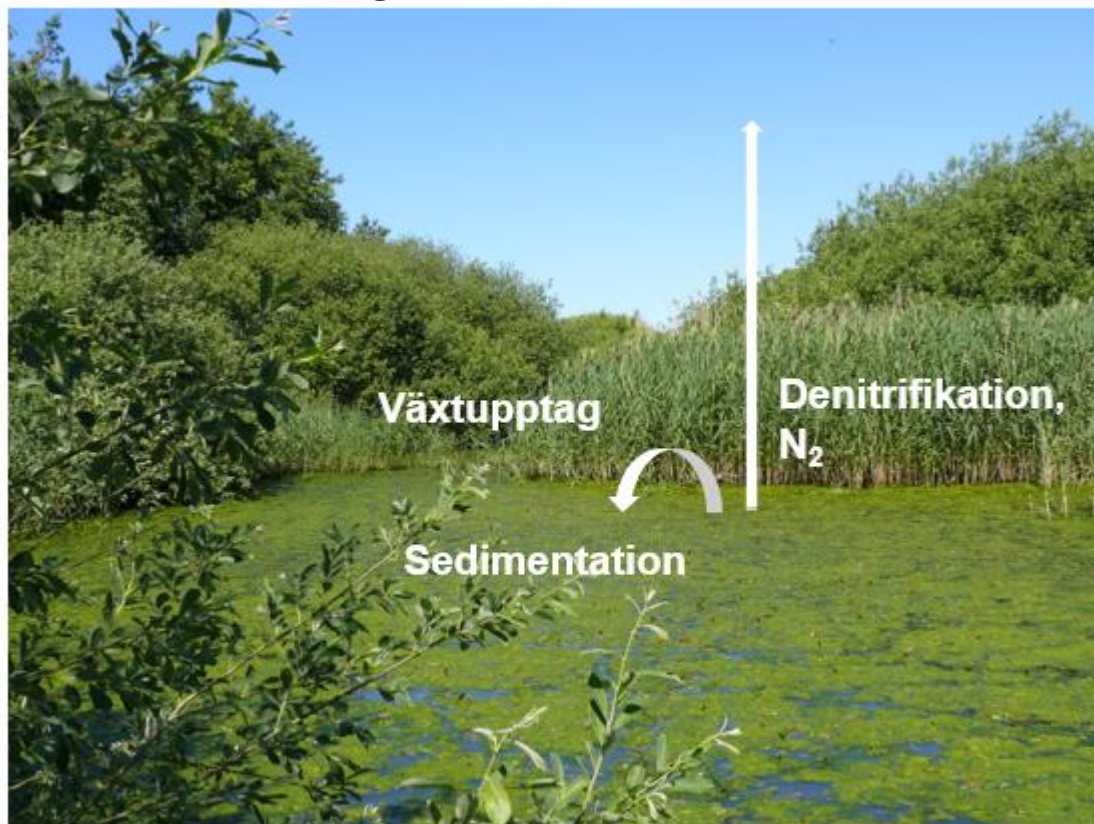
Biodiversitet
Klimat

Svårt att kombinera alla nyttor i varje våtmark

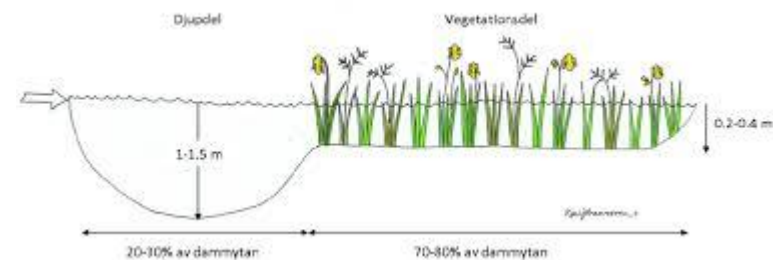
Hambäck m.fl. 2023. Tradeoffs and synergies in wetland multifunctionality. Science of the Total Environment 862, 160746



Klassisk våtmark med fokus kväverening



Fosfordamm för partikelsedimentation



Faktorer som påverkar våtmarkers och fosfordammars näringsavskiljning

- Hydraulisk belastning
- Ingående halter
- Storlek och form
- Våtmarkens/dammens ålder (stabilisering, sedimentanhopning)
- Temperatur

Bäst effekt (kg/ha våtmarksyta) av våtmarken om näringsbelastningen är hög = stort inflöde och höga halter av näring/partiklar. Detta inom rimliga gränser för hydraulisk belastning (tillräcklig uppehållstid)



Pia Geranmayeh SLU arbetar med våtmarker och effektiv placering

Tvåstegsdike

Doktorsavhandling av Lukas Hallberg våren 2024 med utvärdering av 10 tvåstegsdiken under 3 år:

Säsongsvariationer i sedimentation

Denitrifikation på terrasserna

Dikens placering

m.m.



Tvåstegsdike utanför Varberg (vänster) och Nyköping (höger)

Två rapporter från SLU om fosforåtgärder, åtgärdsutrymme och uppföljning





SCIENCE AND
EDUCATION **FOR**
SUSTAINABLE
LIFE