

# Landskabsfiltre (drænvirkemidler) til reduktion af N og P

Charlotte Kjærgaard, Chefforsker Miljø, SEGES  
(tidligere seniorforsker Aarhus Universitet)

E-mail: [chkj@seges.dk](mailto:chkj@seges.dk)

**SEGES**

STØTTET AF  
**Promille**afgiftsfonden for landbrug

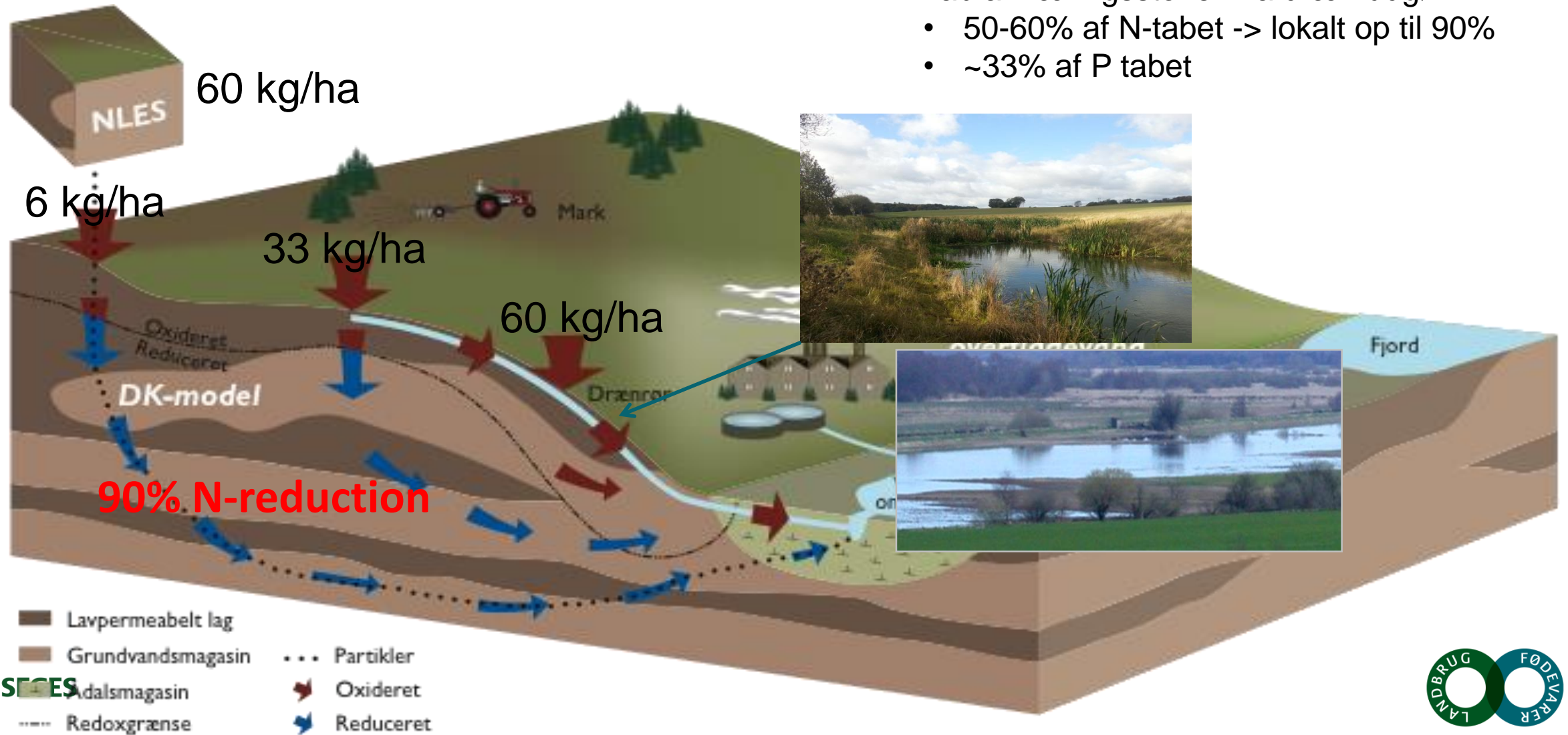


# Indhold

1. Baggrund for den målrettede indsats med drænvirkemidler
2. Grupper af drænvirkemidler – funktion, effekt og afledte effekter
  1. **Vandløbsnære lavbundsarealer / reetablering af vådområder**
  2. **Minivådområder med overflade strømning**
  3. **Matrice-minivådområder / flis-baserede bioreaktorer**
  4. Små lokale vådområder i terræn
  5. Integrerede bufferzoner
  6. Mættede randzoner
3. Grundlaget for implementering / placering af drænvirkemidler
4. Perspektivering – betydning på vandoplandets kvælstofbalance

# Drænvirkemidler som en del af den målrettede virkemiddelsindsats

- Tab af næringsstoffer via dræn udgør :
- 50-60% af N-tabet -> lokalt op til 90%
  - ~33% af P tabet






# Vådområder som naturlige landskabsfiltre – før og nu

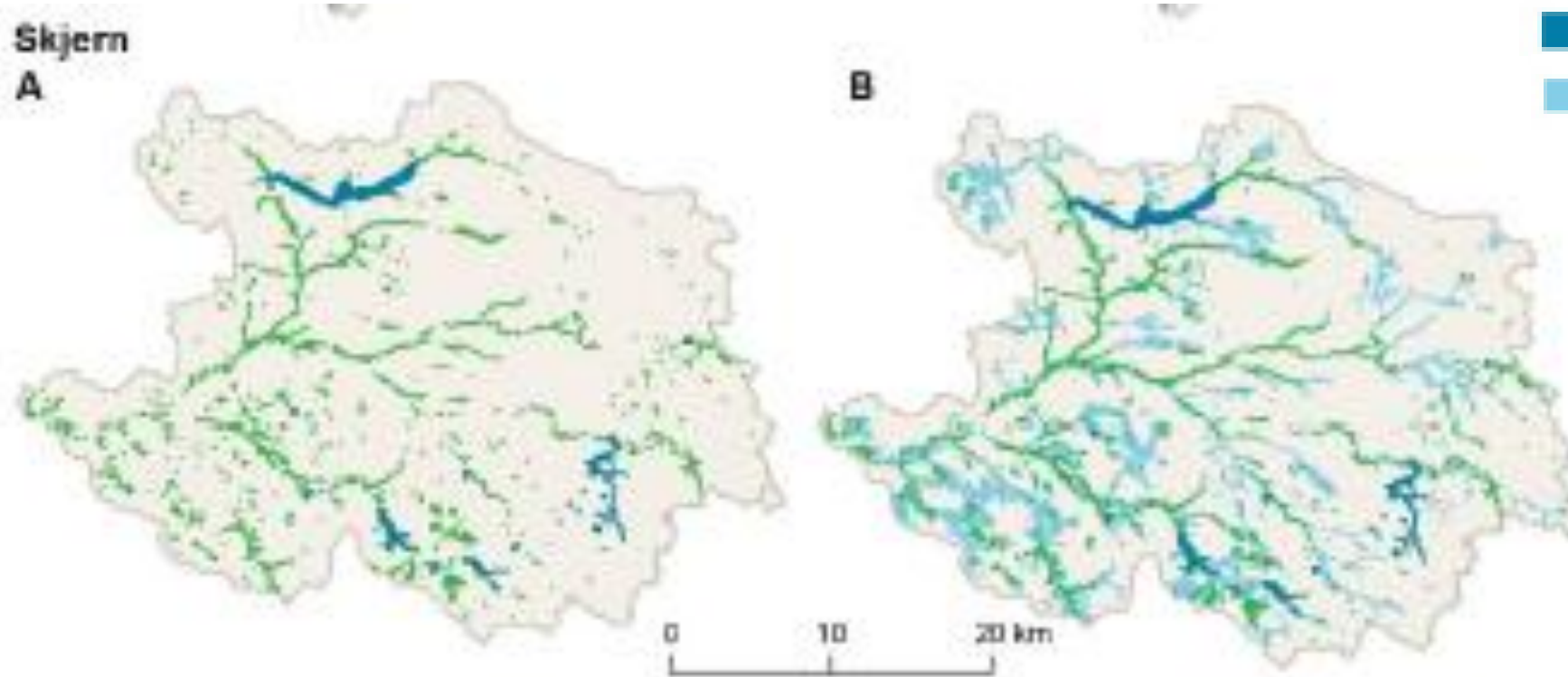
Lav N-retention (anno 2017)

Højere N-retention (anno 1890)

Skjern  
A

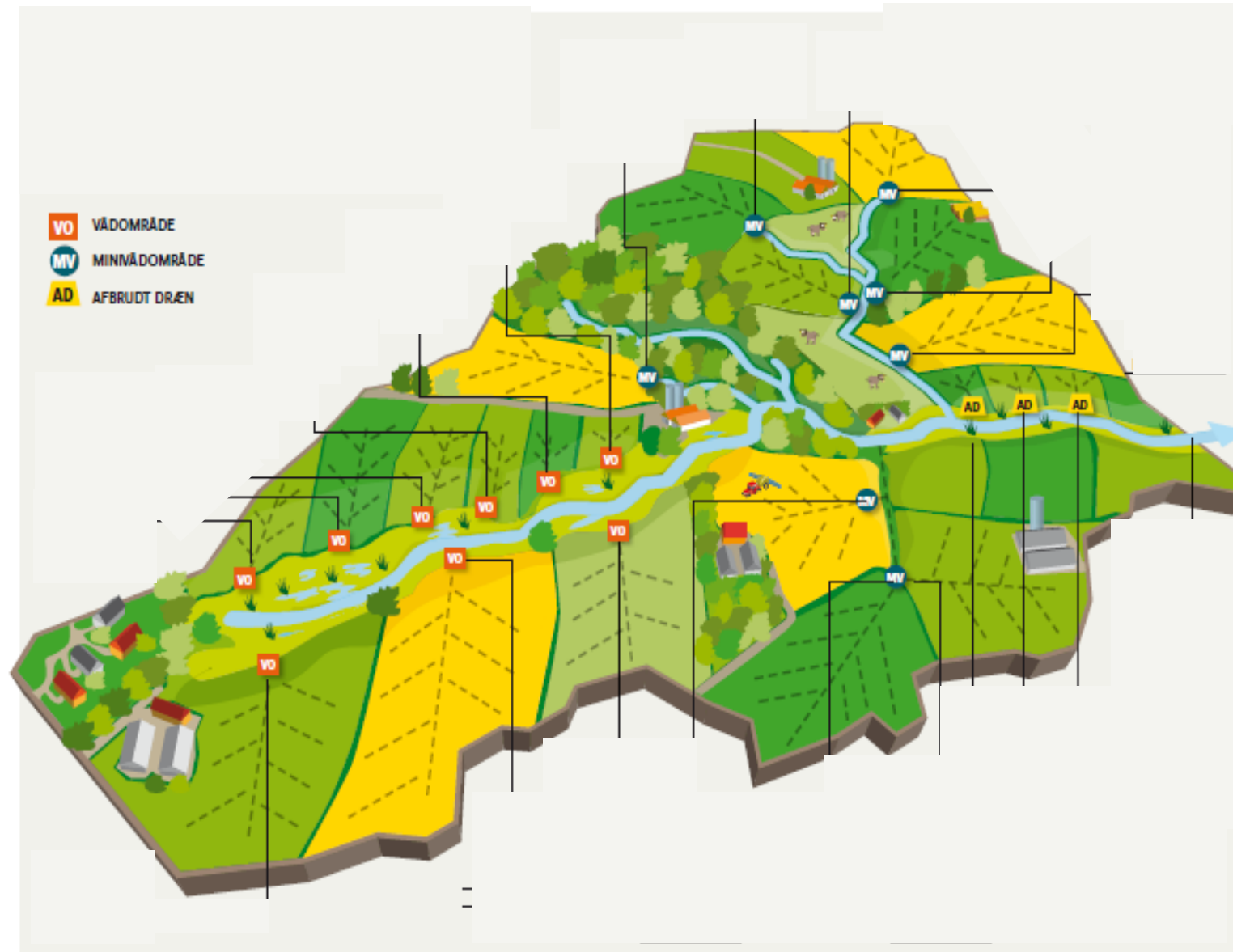
B

-  Natural wetlands
-  Restored wetlands
-  Potential wetlands 1890



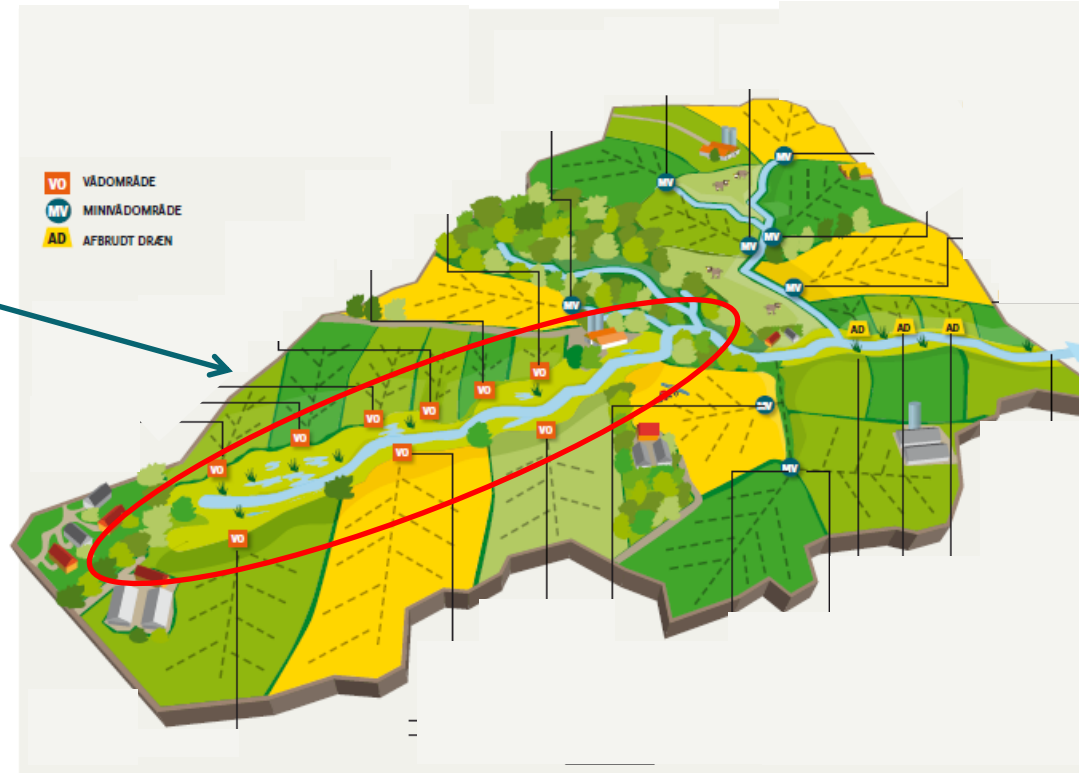
Jensen, P.N. (Ed.) 2017. Estimation of Nitrogen Concentrations from root zone to marine areas around year 1900. Aarhus University, DCE-Danish Centre for Environment and Energy, 126 pp. Scientific Report No. 241. <http://dce2.au.dk/pub/SR241.pdf>

# Visioner for den målrettede indsats - genskabe landskabsfiltre



# Visioner for den målrettede indsats - genskabe landskabsfiltre

## Lavbund i ådalen



# Kvantitativ betydning af vandløbsnære lavbundsarealer

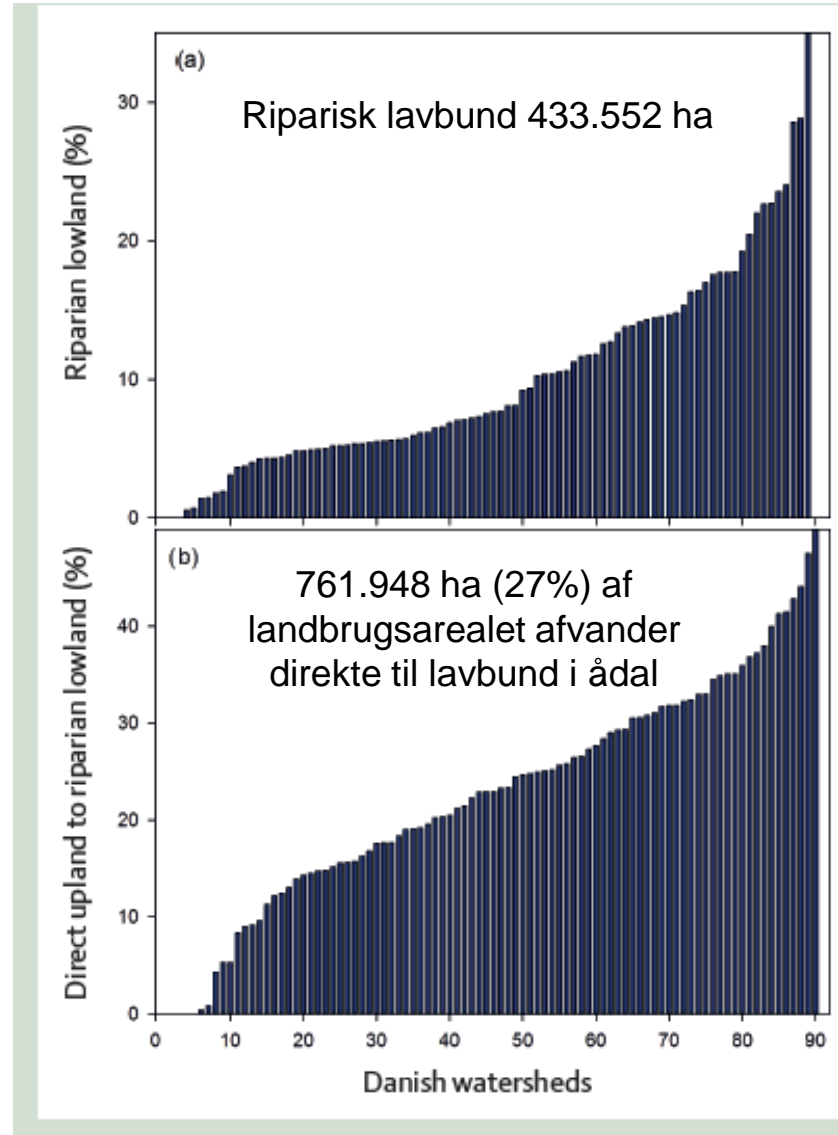
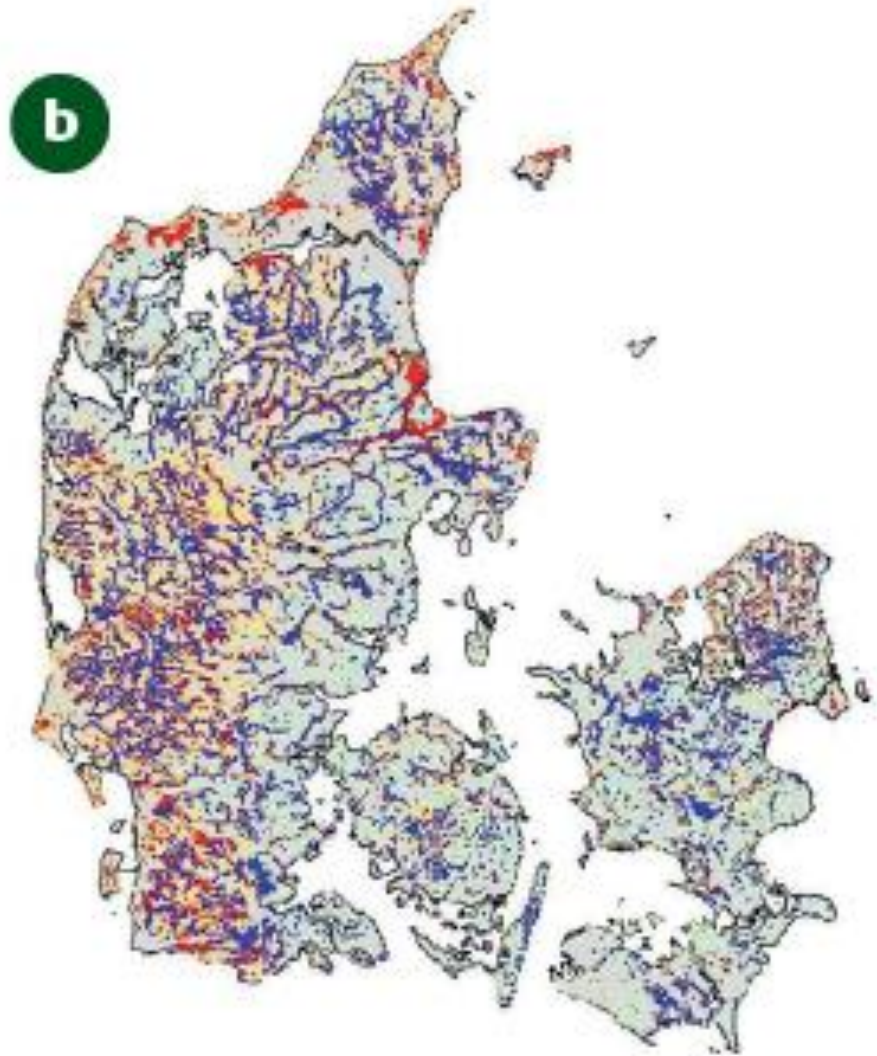


FIGURE 2. (a) Riparian lowland area, and (b) agricultural upland intercepted by riparian lowland in the Danish watersheds.

# Vandløbsnære lavbundsarealer

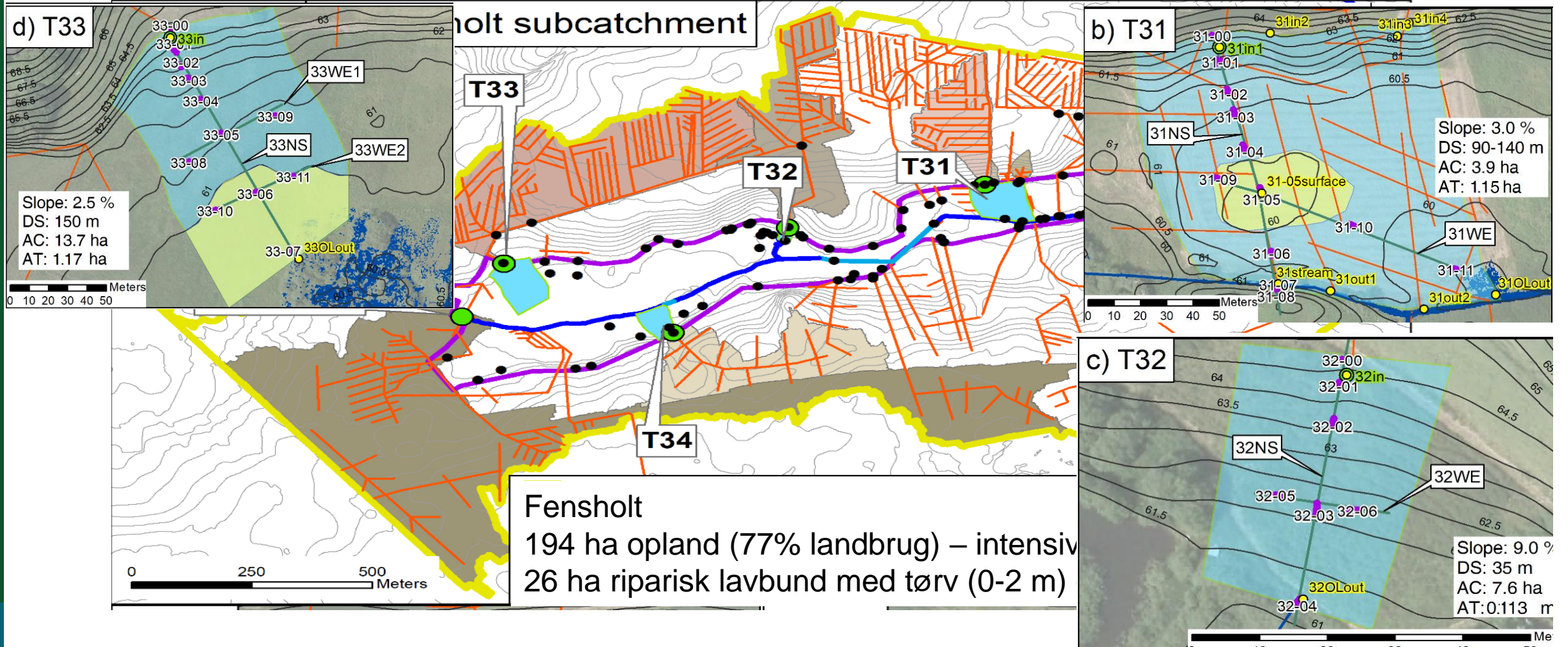


## Indsats

- Afskæring af dræn i skræntfoden og overrisling/infiltration af drænvand
- Reetablering af vådområder

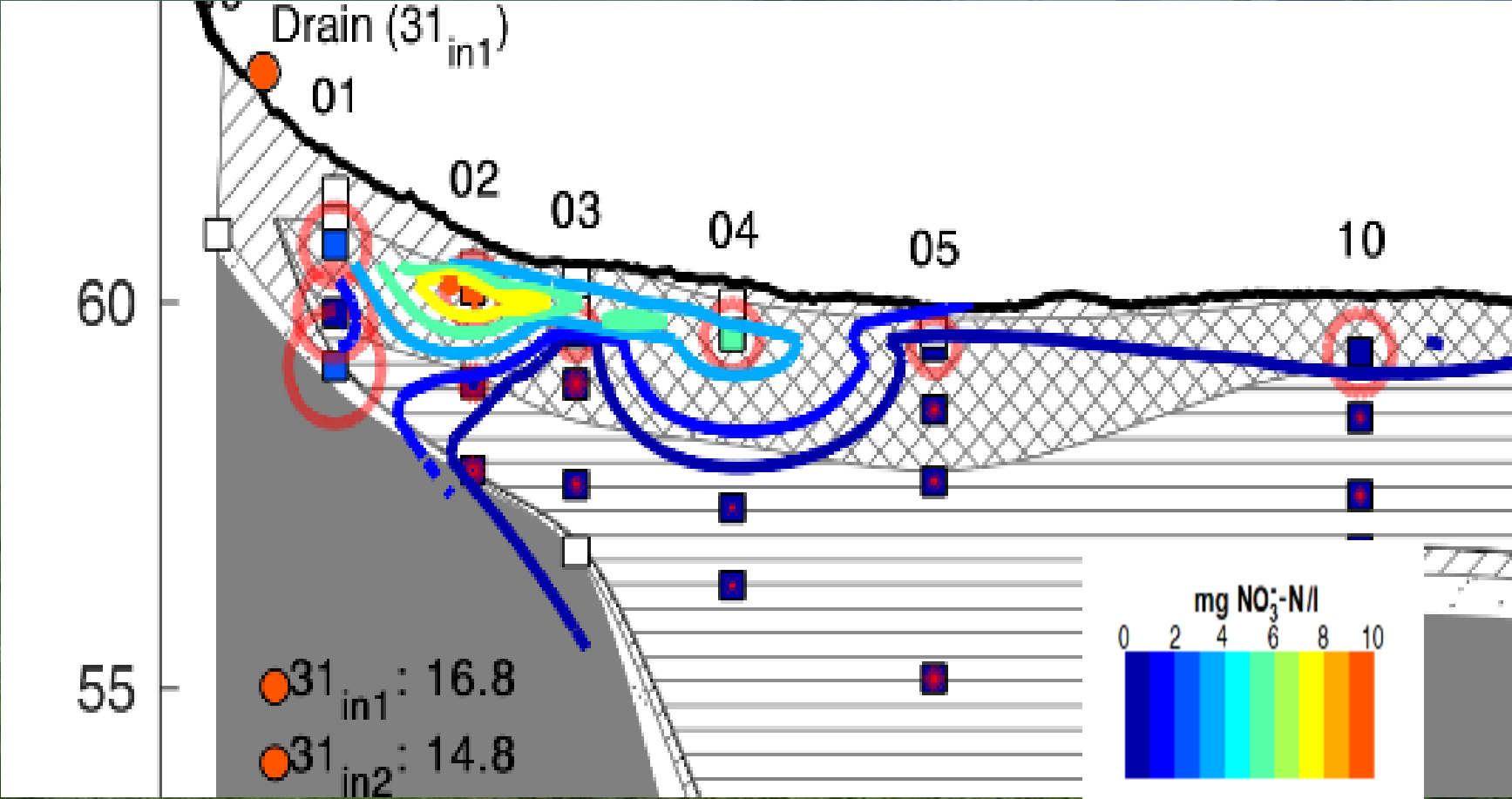


# Vandløbsnære lavbundsarealer – afbrudte dræn



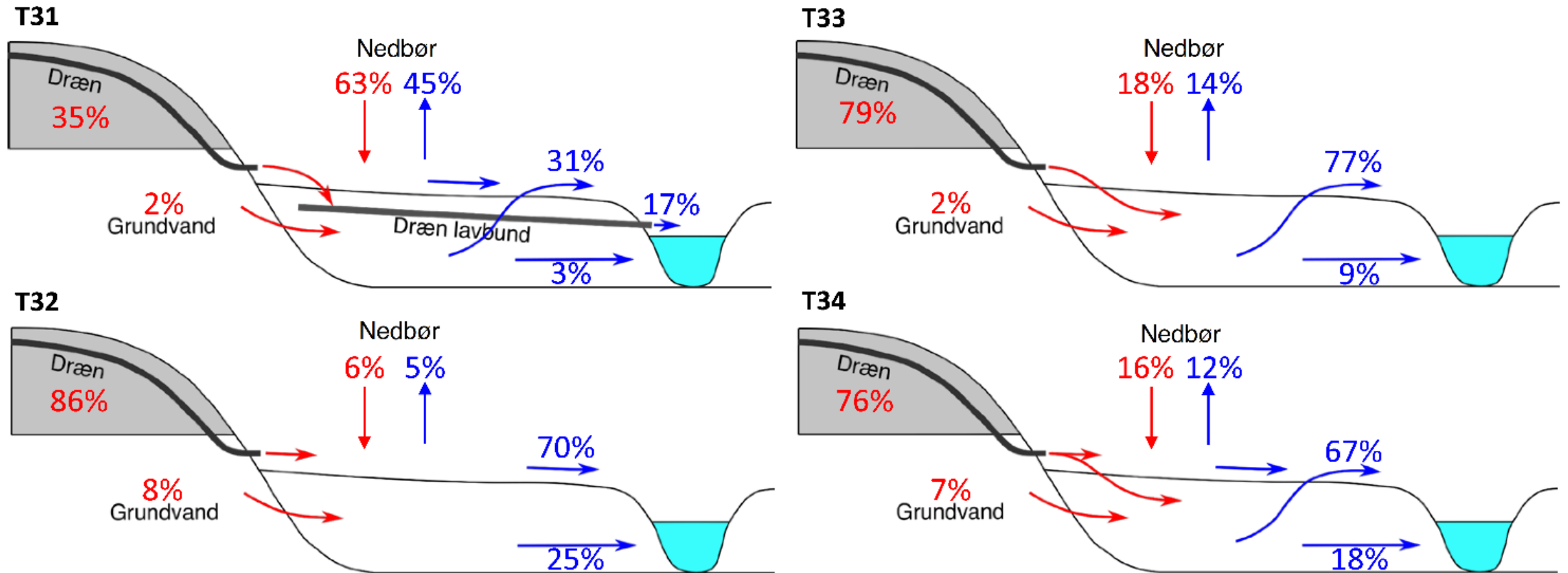
Petersen, R.J., Prinds, C., Iversen, B.V., Engesgaard, P., Jessen, S., Kjærgaard, C. Nitrogen reduction along variable flow pathways in riparian lowland transects. Submitted Water Res. Research

# Lavbundsarealers kvælstofeffekt

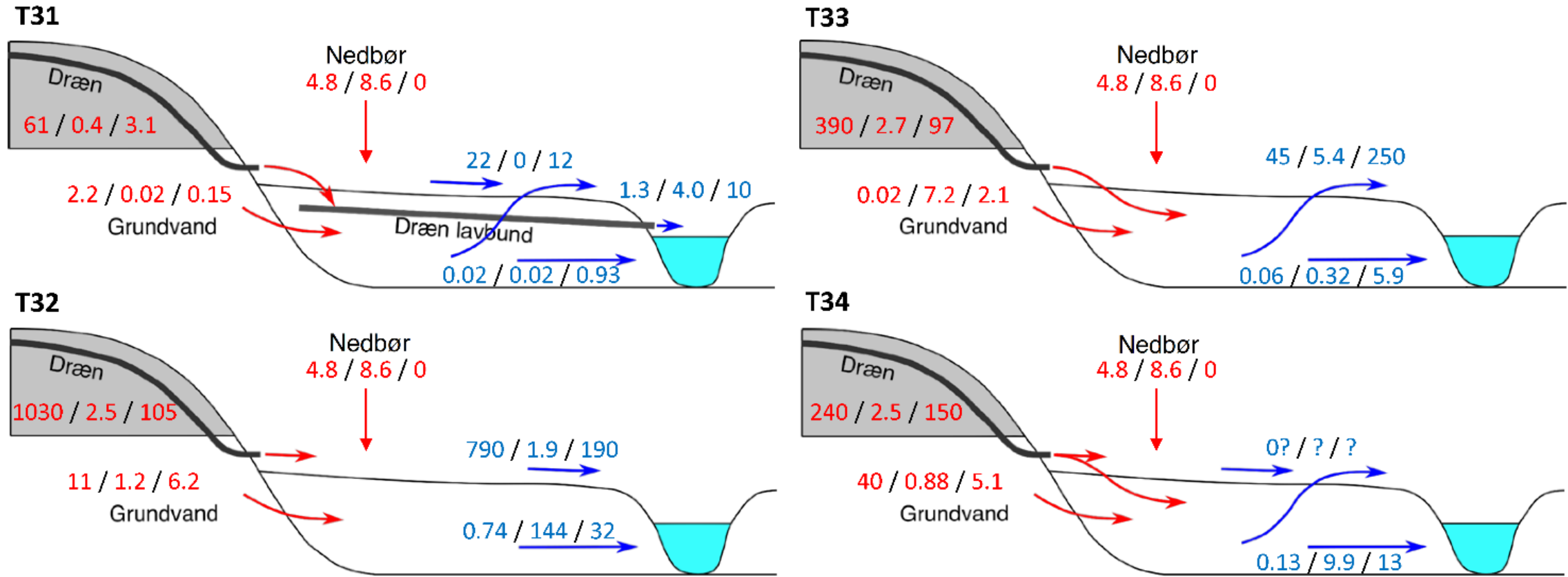


Dronefoto:  
SEGES

# Hydrologien afgørende for kvælstofeffekten



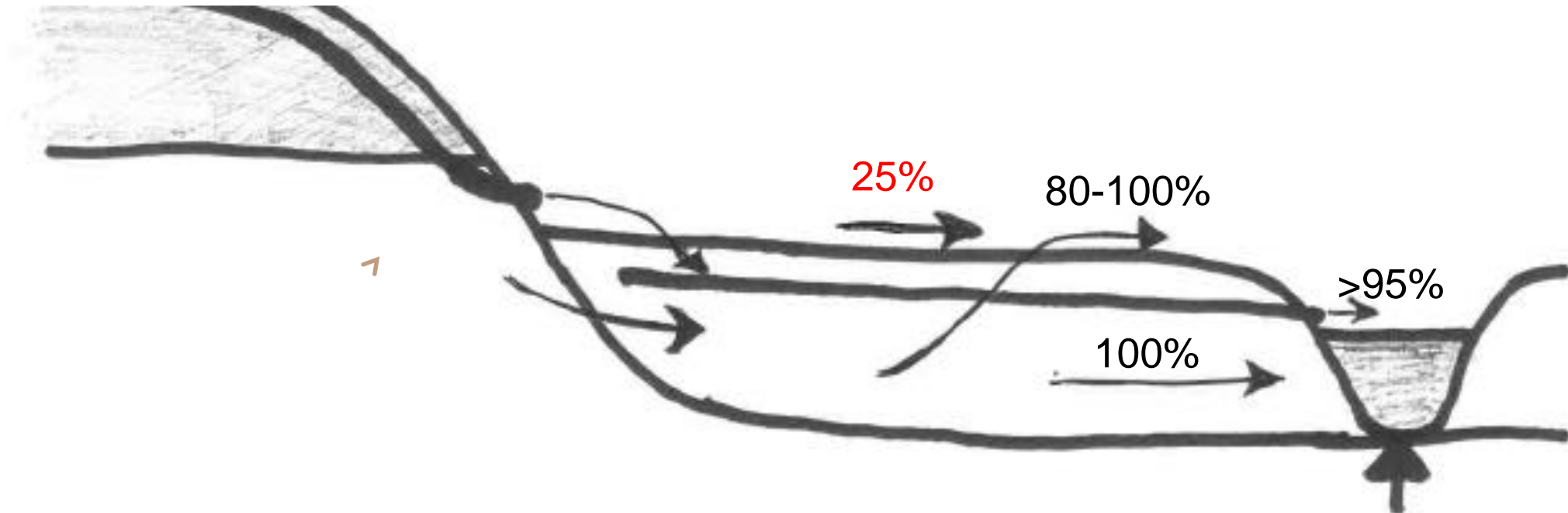
# Hydrologien afgørende for kvælstofeffekten



Inputs: Nitrat-N / Ammonium-N / Organisk N  
 Outputs: Nitrat-N / Ammonium-N / Organisk N

# Lavbundsarealers effekt på tilført $\text{NO}_3\text{-N}$

- Høj N-reduktionseffektivitet ved infiltration/transport/exfiltration i tørv (80-100%)
- Lav N-reduktionseffektivitet ved direkte overfladetransport (diffusiv flux kontrolleret)



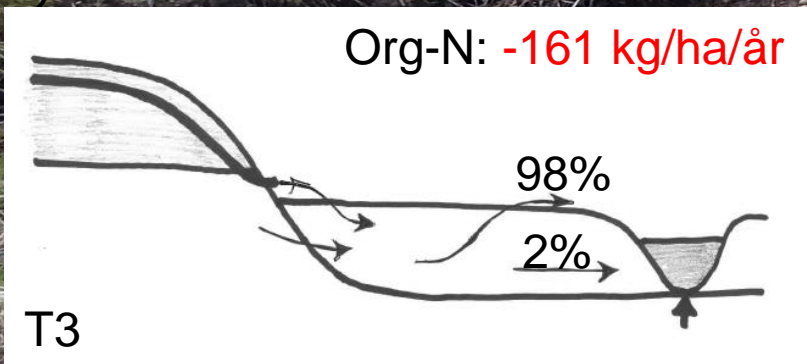
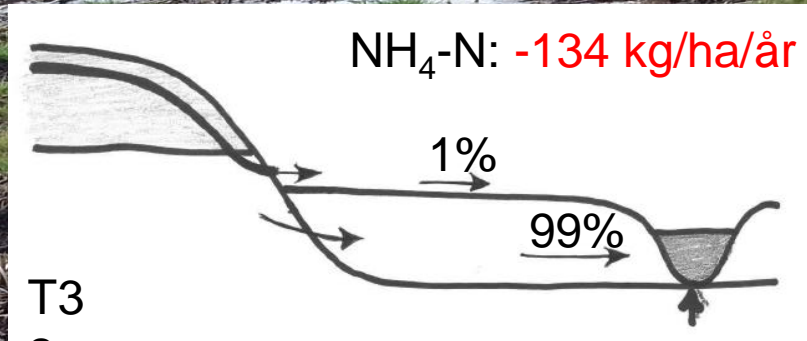
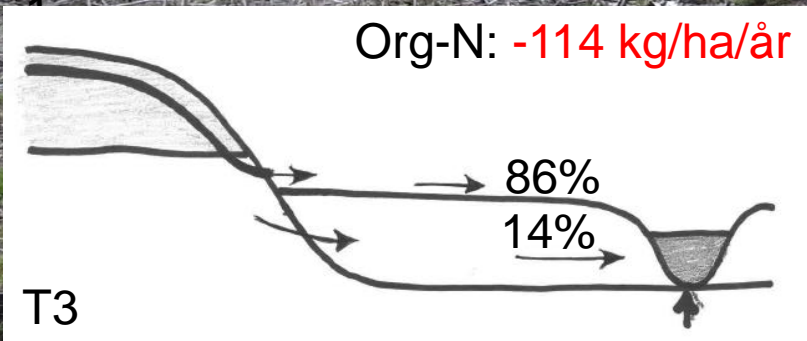
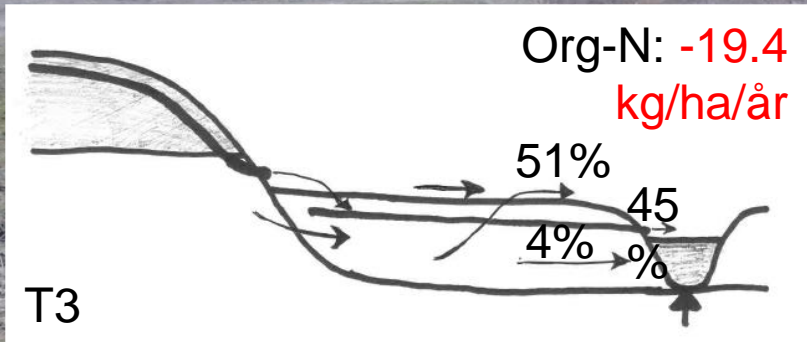
Petersen, R.J., Prinds, C., Iversen, B.V., Engesgaard, P., Jessen, S., Kjærgaard, C. Nitrogen reduction along variable flow pathways in riparian lowland transects. Submitted Water Res. Research

Overfladeafstrømning er kritisk for kvælstofbalancen



Foto: Charlotte Kjærgaard

# In situ frigivelse af organisk N og NH<sub>4</sub>-N

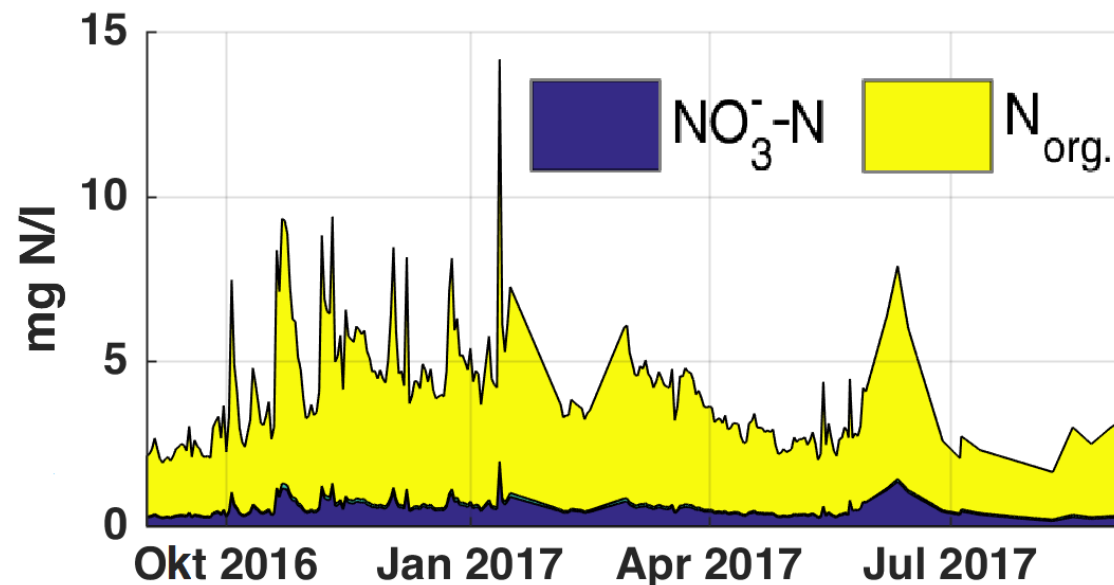
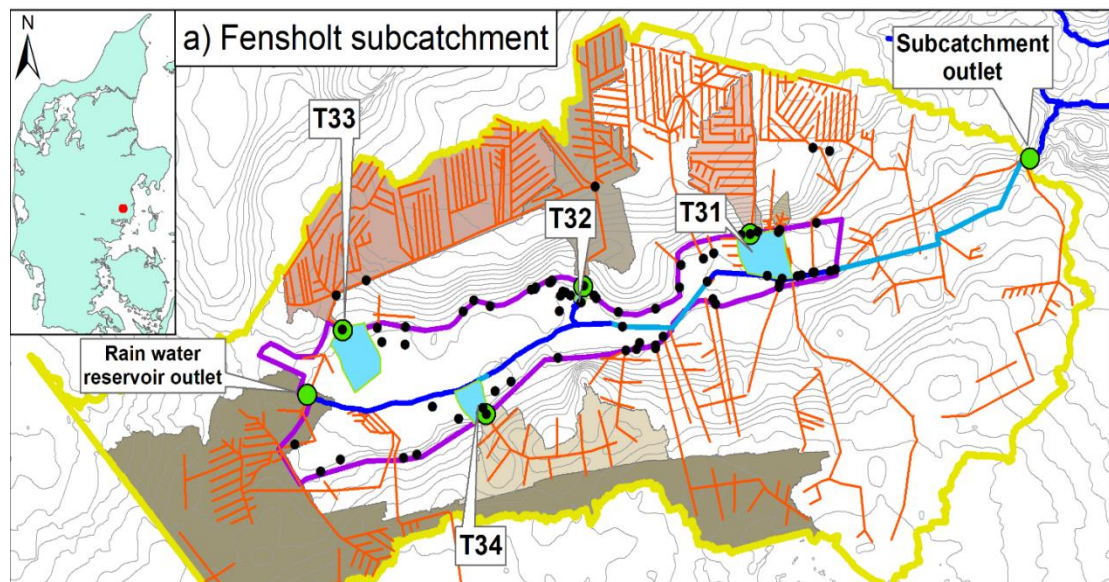


Gennemsnitligt arealnormeret  
*in situ* N<sub>org</sub>-tab fra lavbund:  
-98 kg/ha/år

Total N<sub>org</sub>-tab lavbund (26 ha):  
-2549 kg N/år

# Kvælstofbalance for Fensholt delopland

Delopland 194 ha heraf 26 ha (13%) lavbund



## Lavbundsarealets effekt på deloplandets N-balance

- Samlet N-transport vandløb: 2910 kg/år
- Samlet *in situ* N-tab lavbund: 2549 kg/år
- *In situ* N-tab lavbund: 88% af vandløbstransporten

## Kvælstoftransport (vandløb)

2014/15: 14.6 kg/ha  
2015/16: 16.4 kg/ha  
2016/17: 15.9 kg/ha

[www.idraen.dk](http://www.idraen.dk)

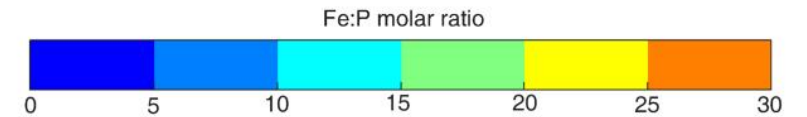
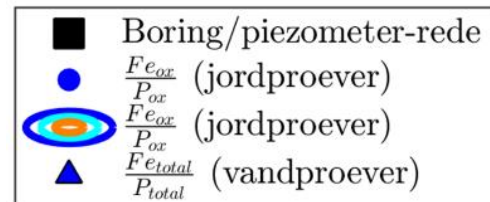
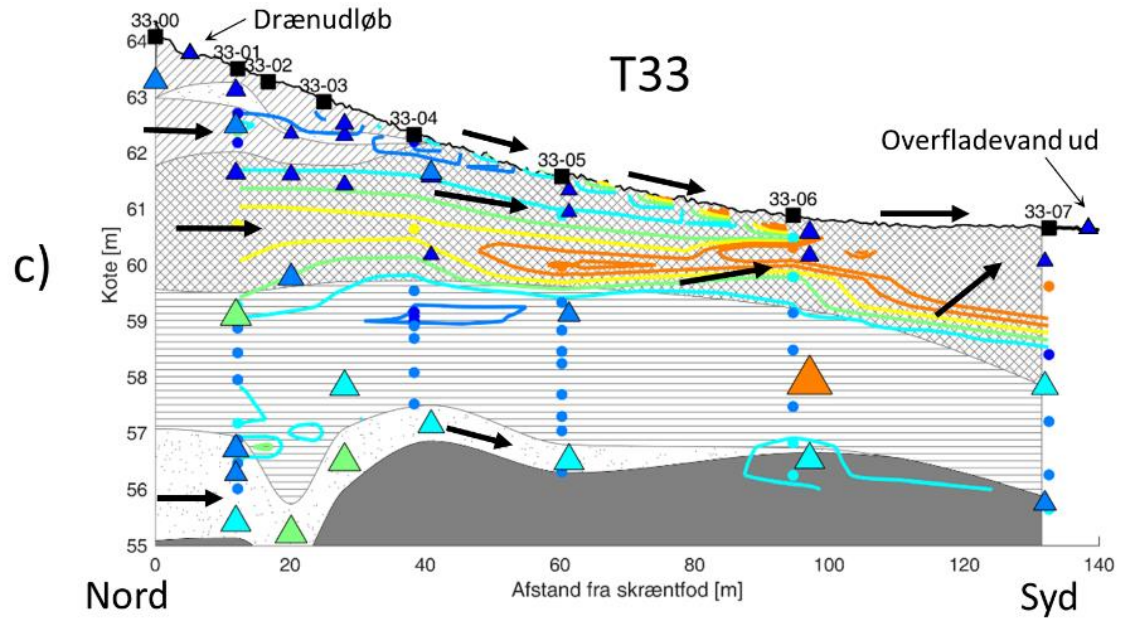
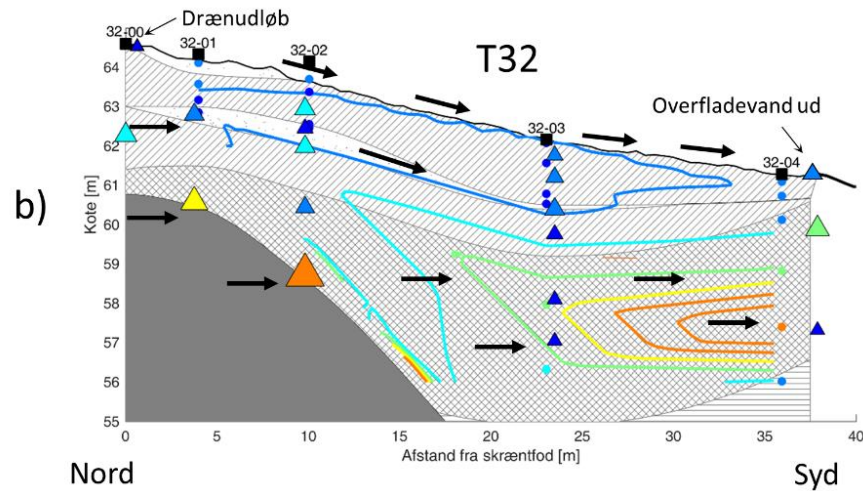
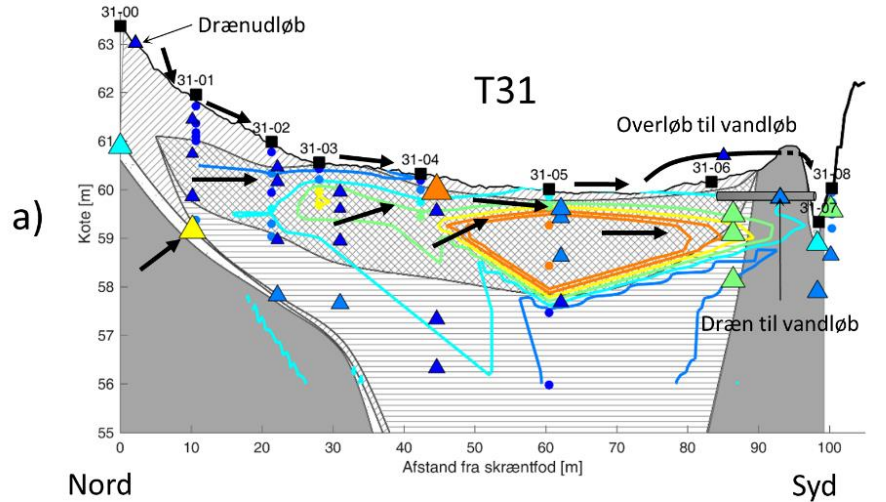


# Lavbundsarealers fosforeffekt

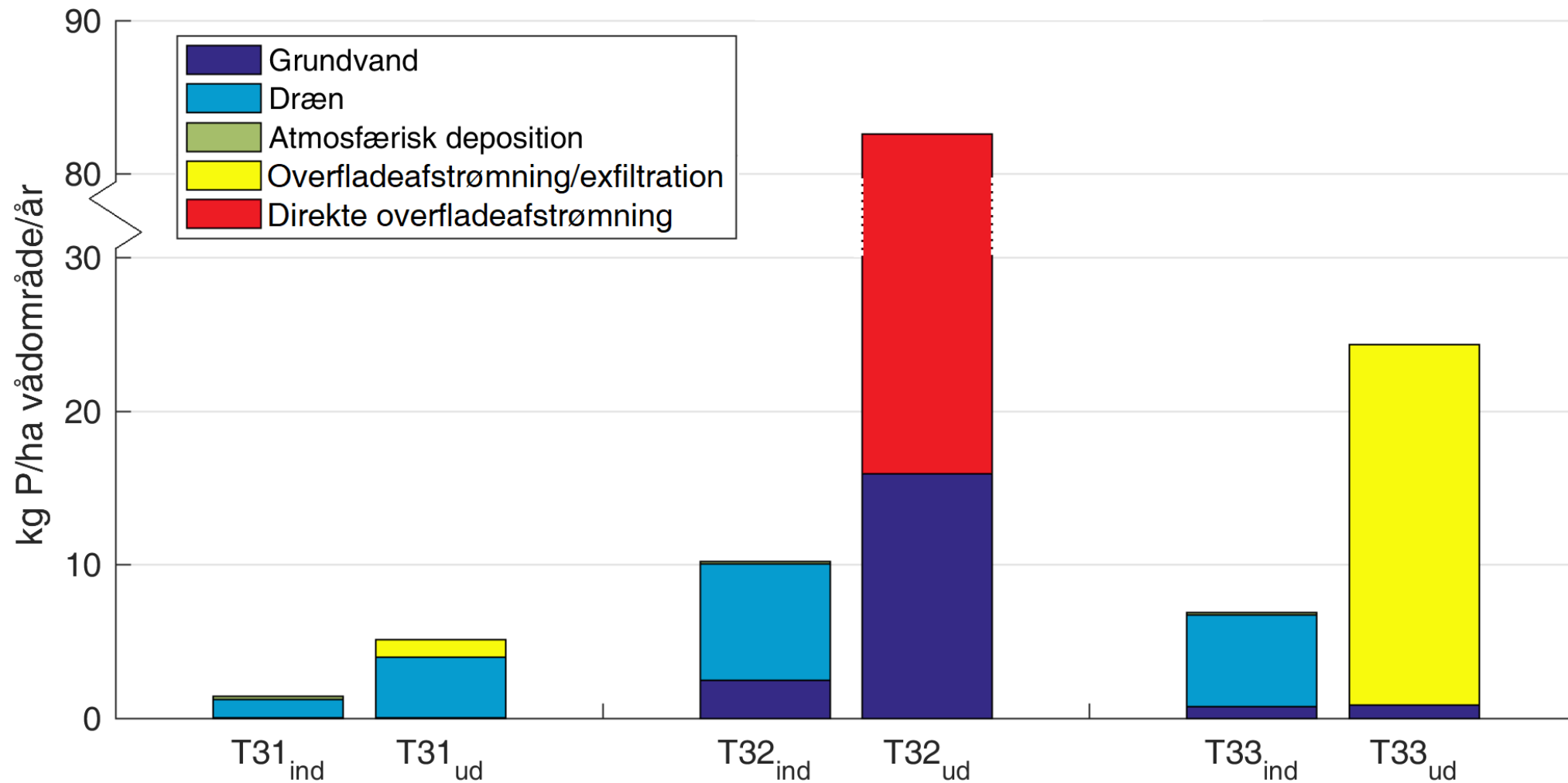


Dronefoto: SEGES

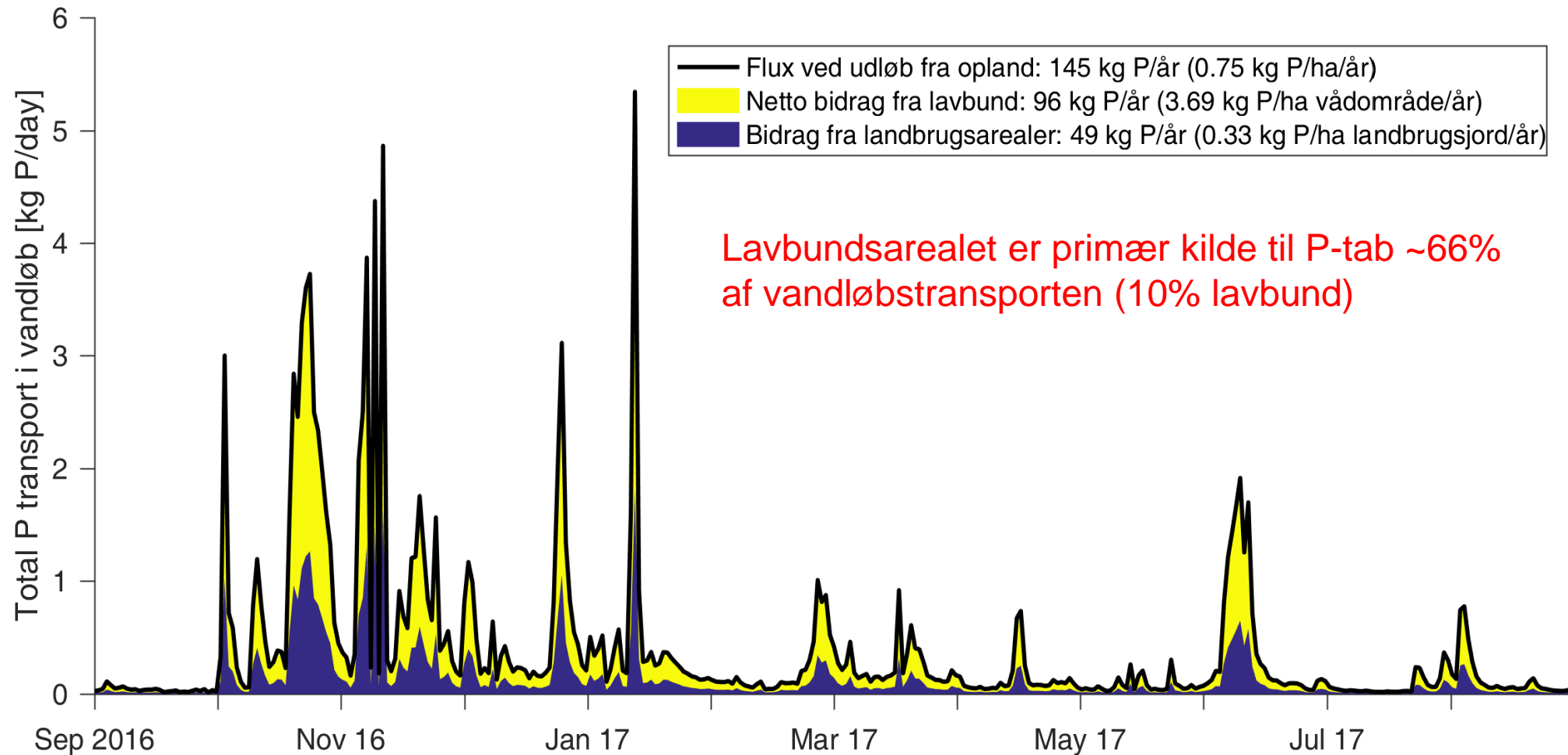
# Hydrologien afgørende for fosforeffekten



# Fosfor-balance for lavbundsarealerr



# Fosfor-balance i delopland med 10% lavbundsareal



# Estimering af fosfortab fra lavbund - MST(AU)-modellen

Tabel 1. Målte P-tab fra transekter (T31, T32, T33) sammenholdes med model-estimerede P-tab ved anvendelse af gennemsnitlige Fe:P estimater fra (i) strømningsvej og (ii) topjorden (0-30 cm).

	Fe <sub>ox</sub> :P <sub>ox</sub> molforhold	P-model P-tabsrate kg/ha/mm	P-tab total kg/ ha/år	P-tab grundvand kg/ha/år	P-tab overflade afstrømning kg/ha/år
T31_målt	-	-	8,5	7,70	0,87
T31_P-model Strømningsvej	13,38	0,0110	8,3		
T31_P-model Topjord	7,94	0,0181	13,7		
T33_målt	-	-	25,3	0,9	24,5
T33_P-model Strømningsvej	22,1	0,006845	27,9		
T33_P-model Topjord	7,80	0,01847	75		
T32_målt	-	-	83,2	15,9	67,0
T32_P-model Strømningsvej	22,5	0,006711	90,0		
T32_P-model Topjord	6,08	0,02344	314		

# Betydningen af vandløbsnære lavbundsarealer

## Lavbundsarealers N-effekt

- Fensholt med 13% lavbundsareal reducerer  $\text{NO}_3\text{-N}$  udledning fra mark til vandløb med 80-95%
- Potentialet varierer mellem vandoplande (ID15) og lavbundstype
- Viden om lavbundsarealers N-effekt bør inddrages som væsentlig parameter i den målrettede kvælstofindsats
- Potentielt højt in situ N-tab fra tørveholdige (ikke-omdrifts) lavbundsarealer (-98 kg/ha/år)
- In situ N-tab primært relateret til overfladisk afstrømning

## Lavbundsarealers P-effekt

- P-effekten bestemmes af balancen mellem P-retention og P-frigivelse
- Betydelig risiko for mobilisering og frigivelse af Fe-bundet P ved reetablering af vådområder
- Risiko for P-tab er relateret til Fe:P-forhold og strømningsvej
- Risiko for P-tab relateret til grundvandstrømning og overfladetransport

# Betydningen af vandløbsnære lavbundsarealer

## Management

- Management af lavbundsarealer – helt afgørende at minimere risikoen for direkte overfladetransport samt overfladestrømning ved exfiltration -> optimering af infiltrationsareal i forhold til hydraulisk belastning, trykgradienter, afstrømningsforhold

# Spørgsmål – diskussion vådområder





# Visioner for den målrettede indsats - genskabe landskabsfiltre

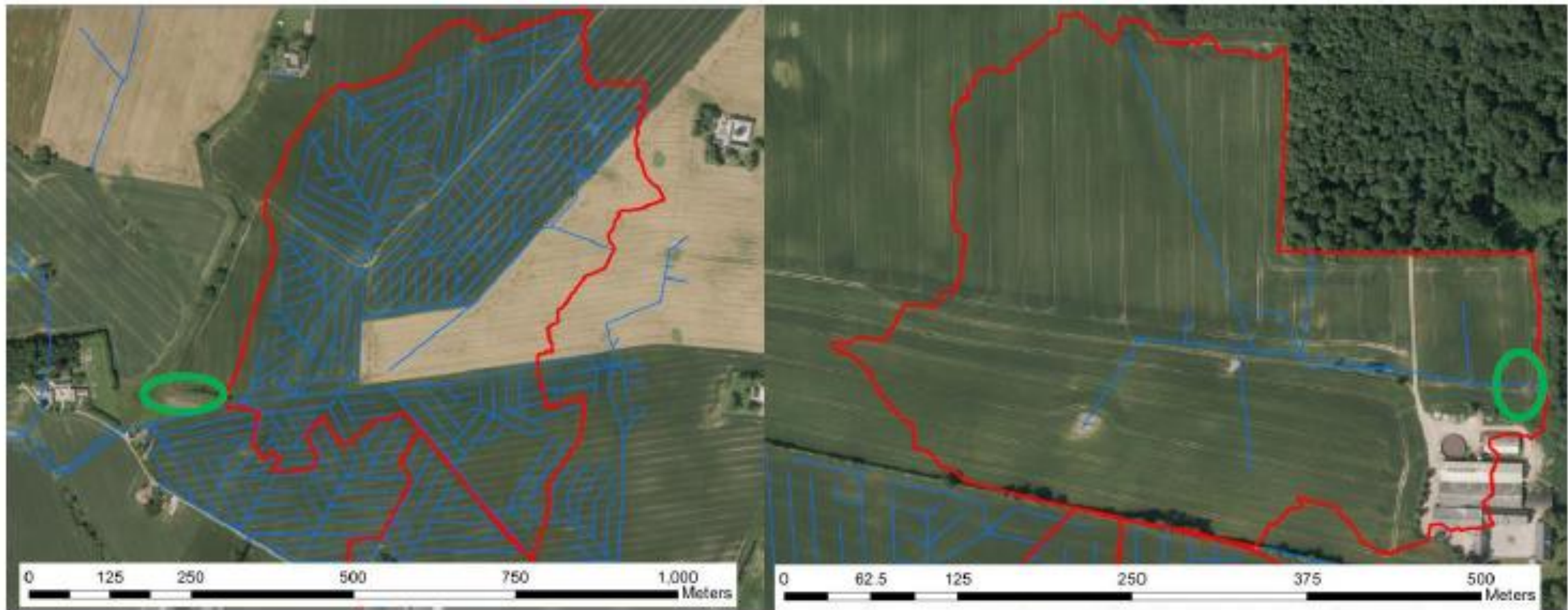
## Lavbund i ådal



## Konstruerede minivådområder



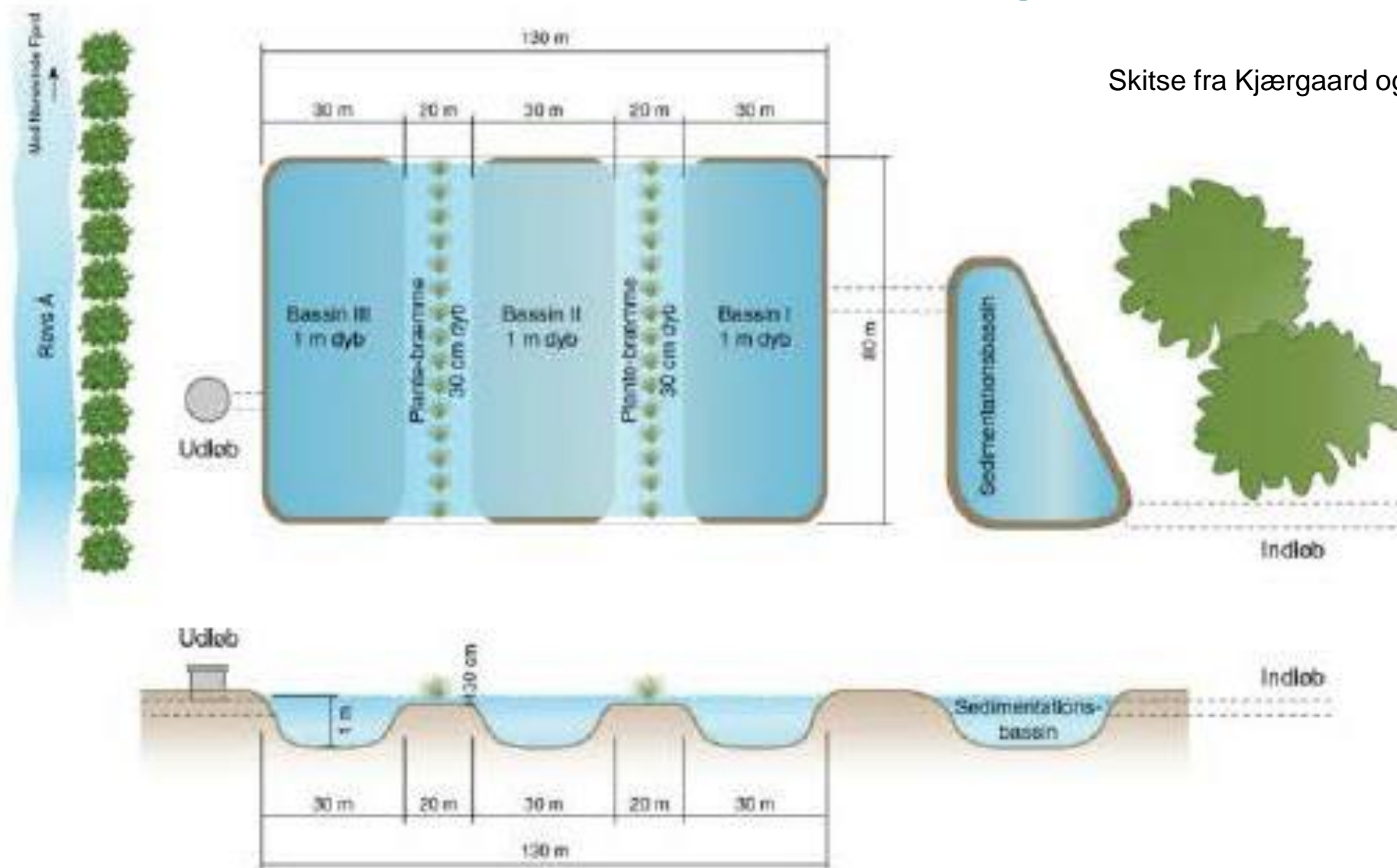
# Afgrænsning af drænopland



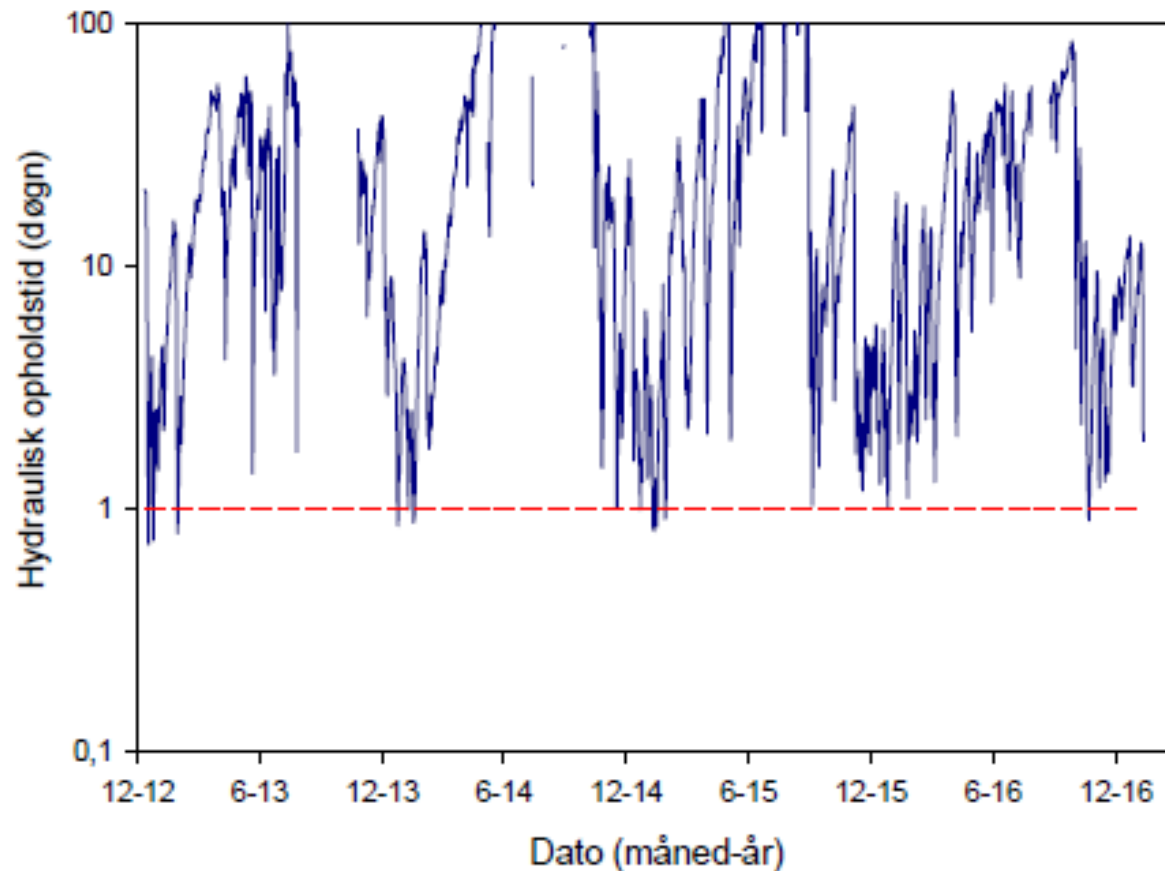
Figur 1. Eksempler på afgrænsning af drænopland for henholdsvis et systemdrænet drænopland (a) og et punktdrænet opland (b) (Iversen, 2016 [www.idraen.dk](http://www.idraen.dk)). De grønne cirkler marker hvor der er placeret et minivådområde.

# Minivådområde med overfladestrømning

Skitse fra Kjærgaard og Hoffmann, 2013



# Dimensionering af minivådområde med overfladestrømning



Vandoverfladen på minivådområdet skal udgøre min. 1% af drænoplandsarealet

Tabel 1. Sammenhæng mellem drænopland og minivådområdeareal.

Drænoplands areal ha	Minivådområde andel af opland %	Minivådområde overfladeareal m <sup>2</sup>
25	1	2.500
50	1	5.000
100	1	10.000

Figur 2. Eksempel på variationen i hydraulisk opholdstid (døgn) ved ét minivådområdeareal på 1% af drænoplandsarealet. Den stiplede røde linje angiver den opholdstid på ét døgn (fra Kjærgaard et al., 2017).

# Danmarks første minivådområde med overfladestrømning

Nyetableret minivådområde ved  
Rodstenseje, Odder 2010



Foto: Charlotte Kjærgaard

# Danmarks første minivådområde med overfladestrømning

Minivådområde ved Rodstenseje efter 1 år,  
Odder 2010



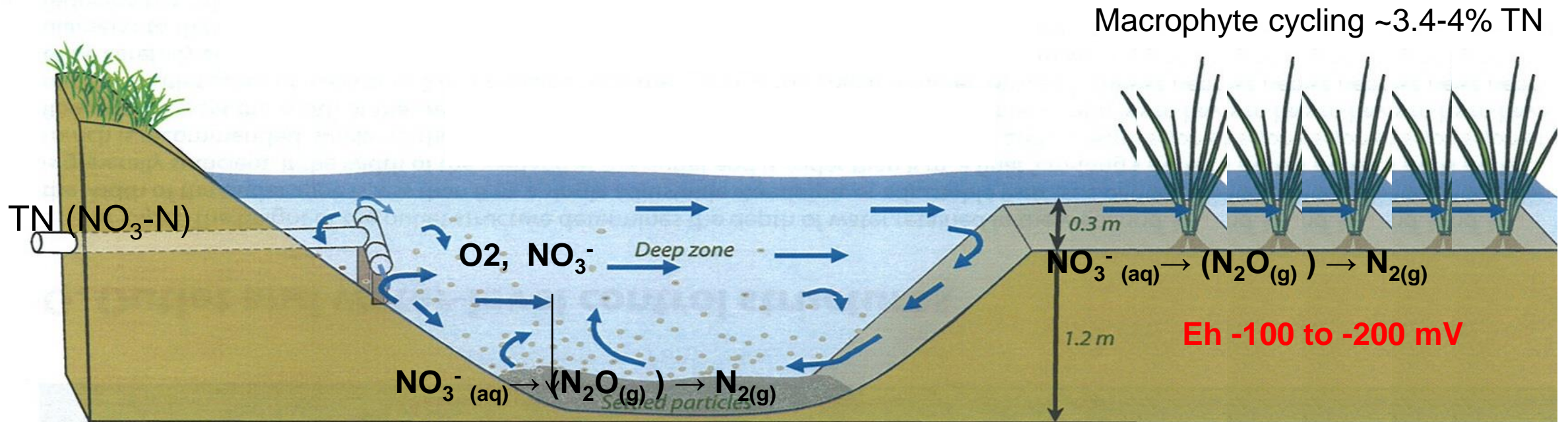
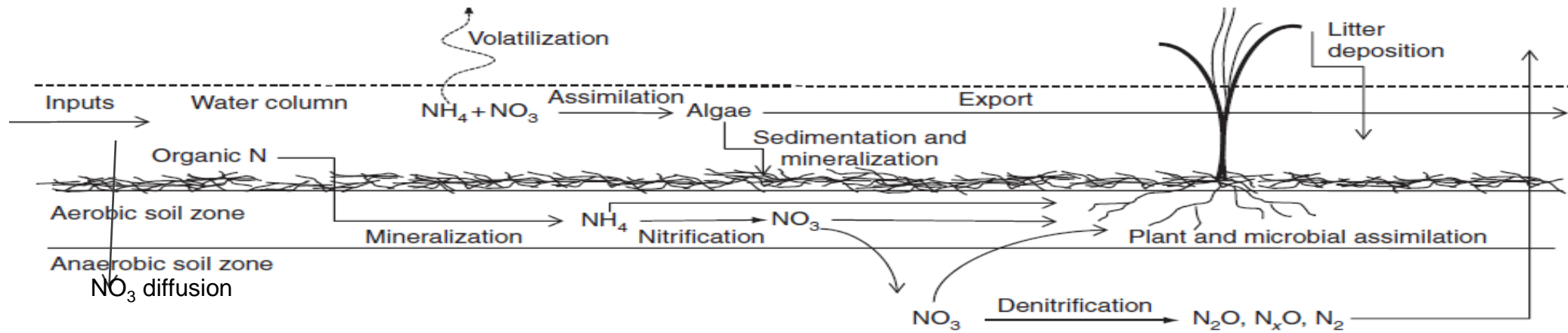
Foto: Charlotte Kjærgaard

# Minivådområde med overfladestrømning ved Fillerup, Odder



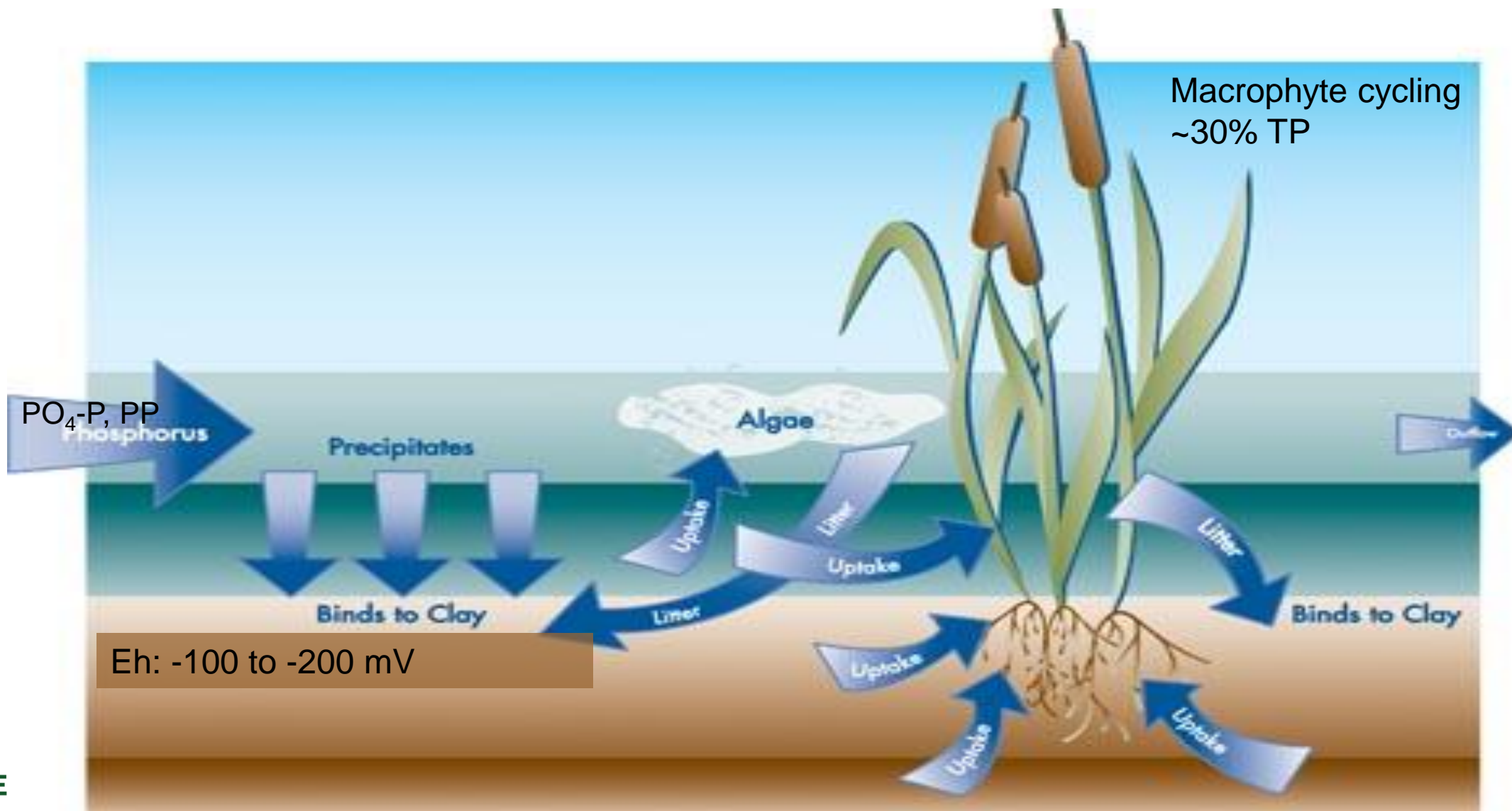
Dronefoto: SEGES

# Kvælstofomsætning i minivådområder





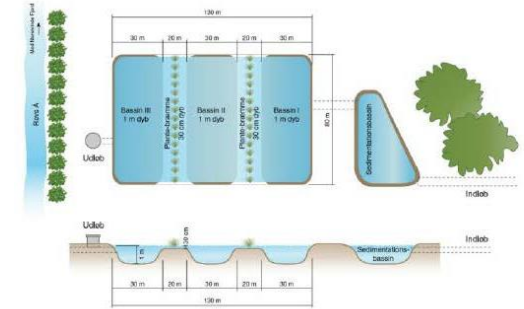
# Minivådområdets funktion i forhold til fosfor



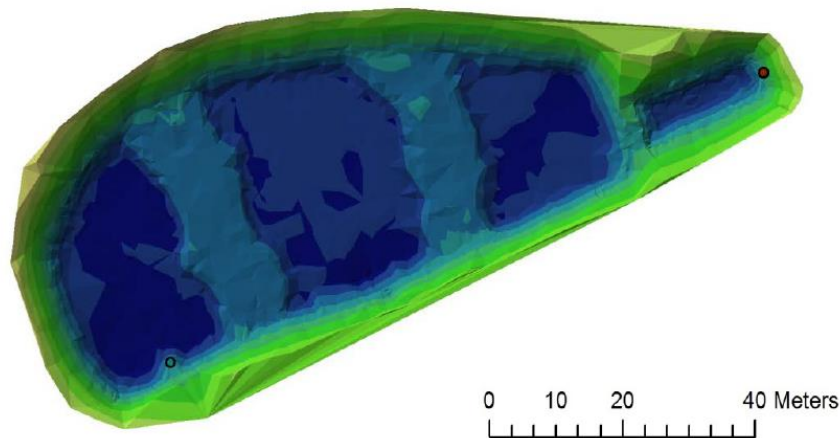
# Vådområde med dybe og lavvandede zoner

## Konstruktionsdetaljer

- Længde:bredde forholdet bør være mellem 3:1 til 7:1 – anbefalet 3:1-5:1
- Arealforholdet mellem dybe og lavvandede zoner bør være mellem 1,5:1 og 2:1
- Dybe zoner skal etableres med en dybde på 0,85-1,15 m – anbefalet 1 m
- Lavvandede zoner skal etableres med en dybde på 0,25-0,4 m – anbefalet 0,3 m
- Skråningsanlæg jf. regler, anbefales opbygget med lav hældning (-> øger sedimentoverfladen)

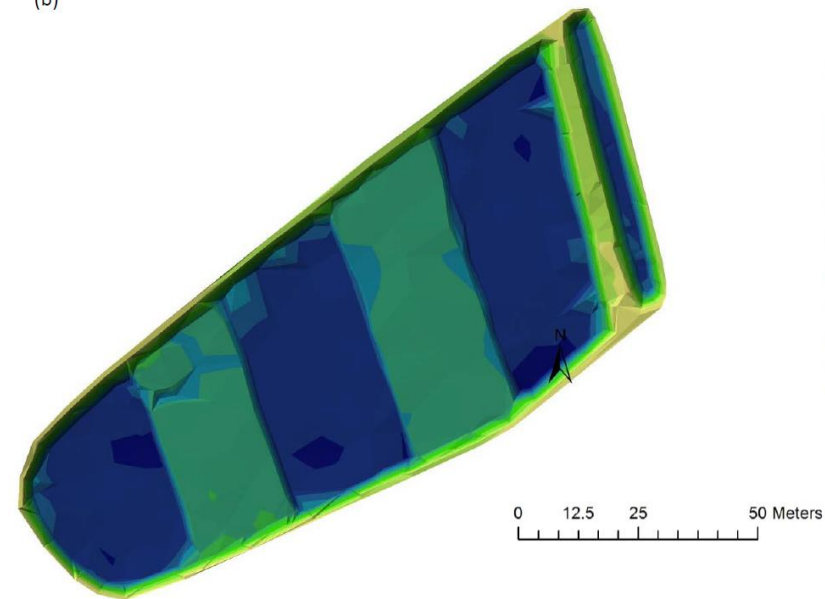


(a)



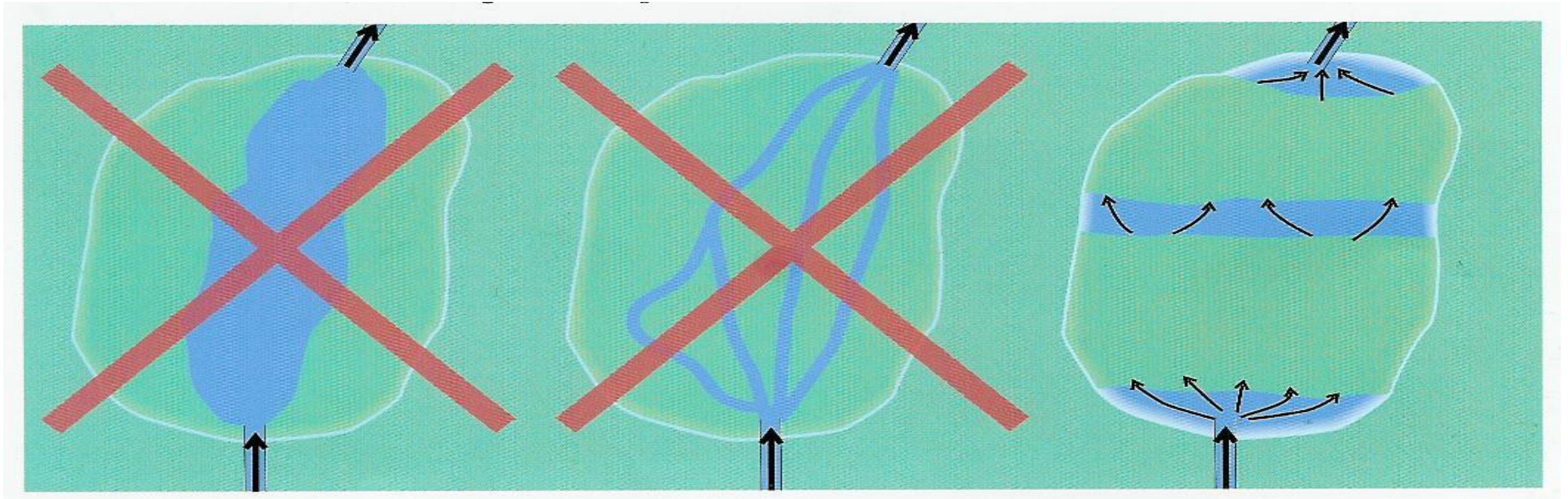
SEGES

(b)

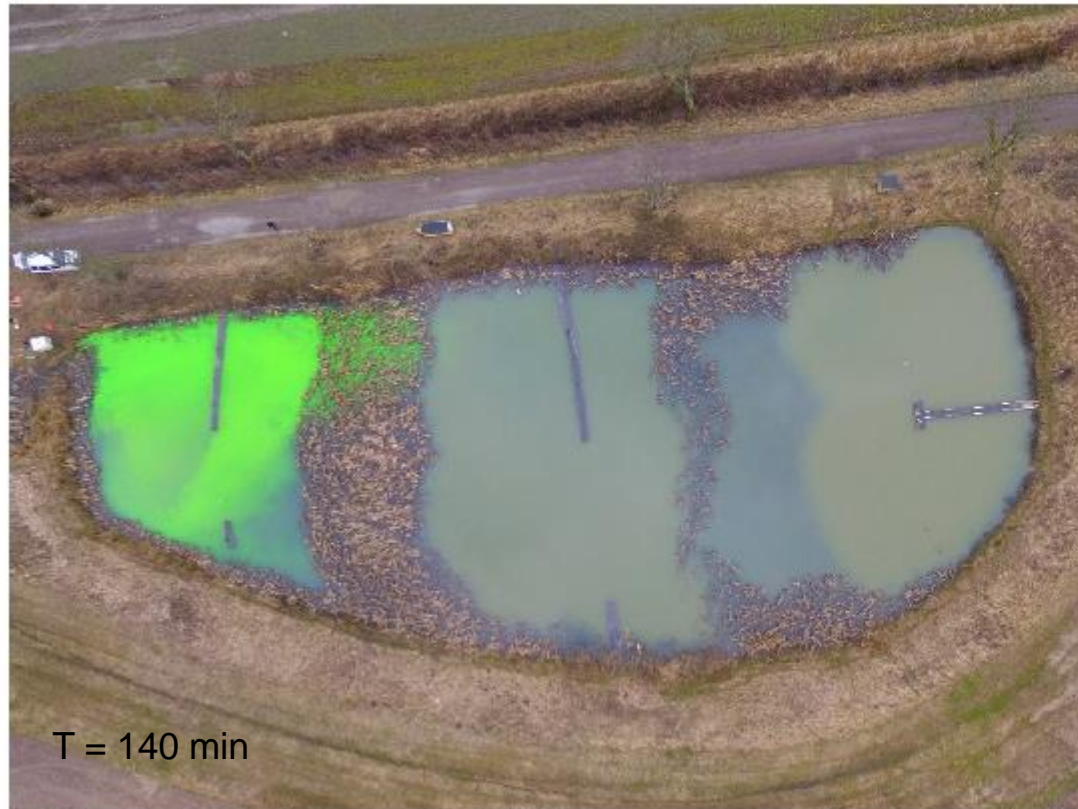


# Bepplantning og hydraulisk effektivitet

Krav om grødeskæring i de dybe bassiner, hvis de gror til



# Vegetationsbræmmer optimerer vertikal opblanding



Farve-tracerforsøg marts 2016.



Fotos: Mathias Kusk

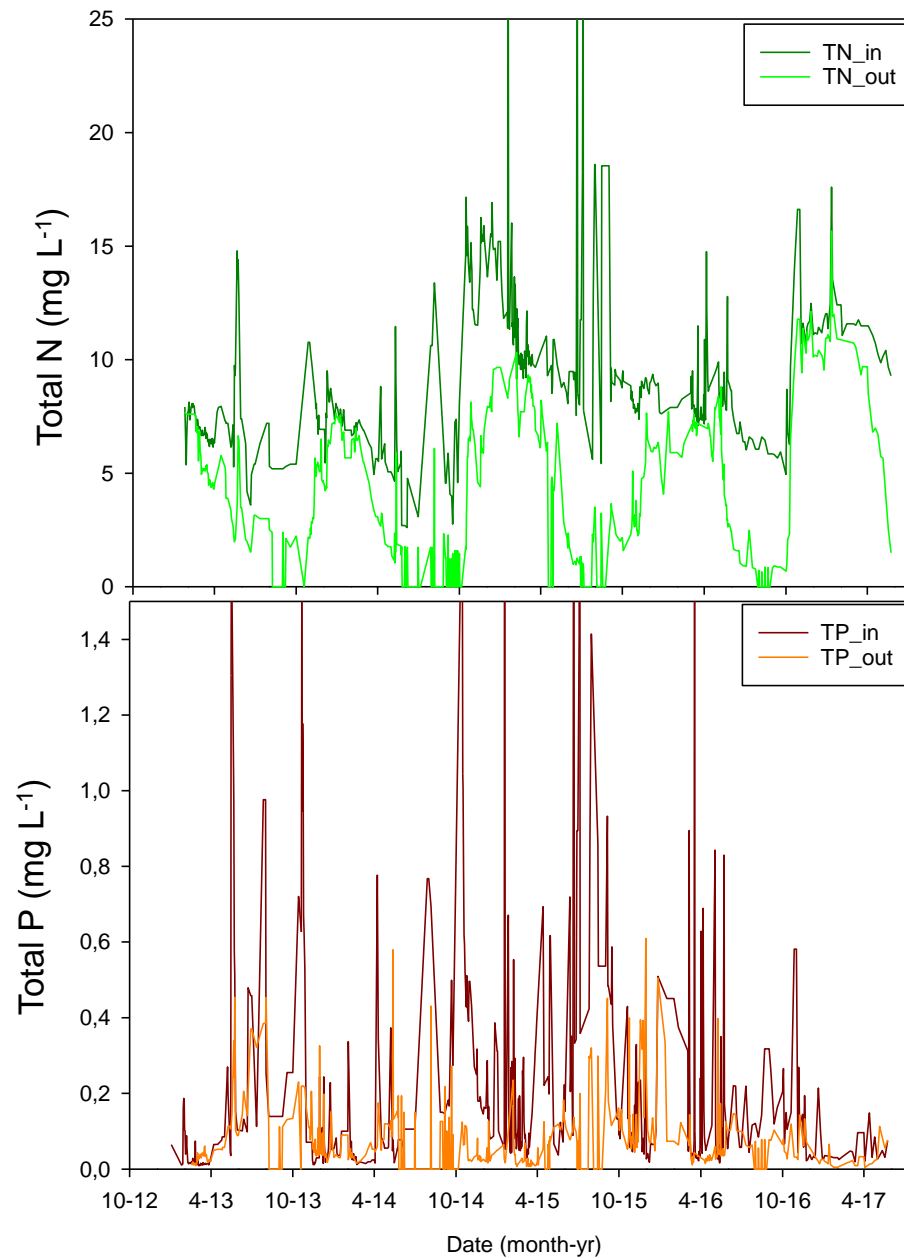
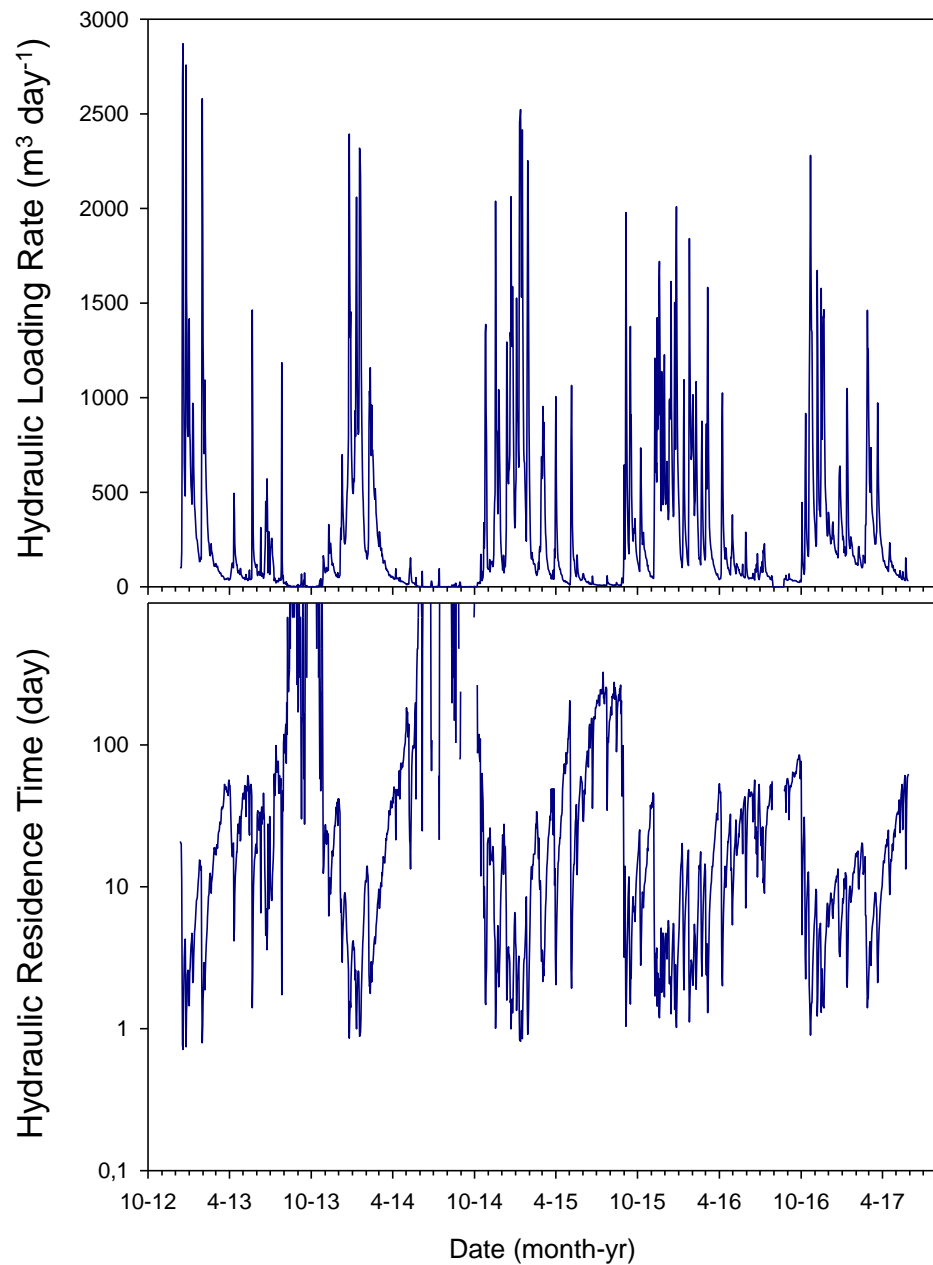
Gengivet fra: Kusk, M. 2016. Nitrat og intern hydrodynamik i et konstrueret minivådområde med overfladestrømning der modtager drænvand – en rumlig analyse. Specialeprojekt maj 2016, Aarhus Universitet. Finansieret af iDRÆN, 2011-2017, j. nr. 3405-10-0142 (<http://idraen.dk>)

# Minivådområders effekt på reduktion af N og P

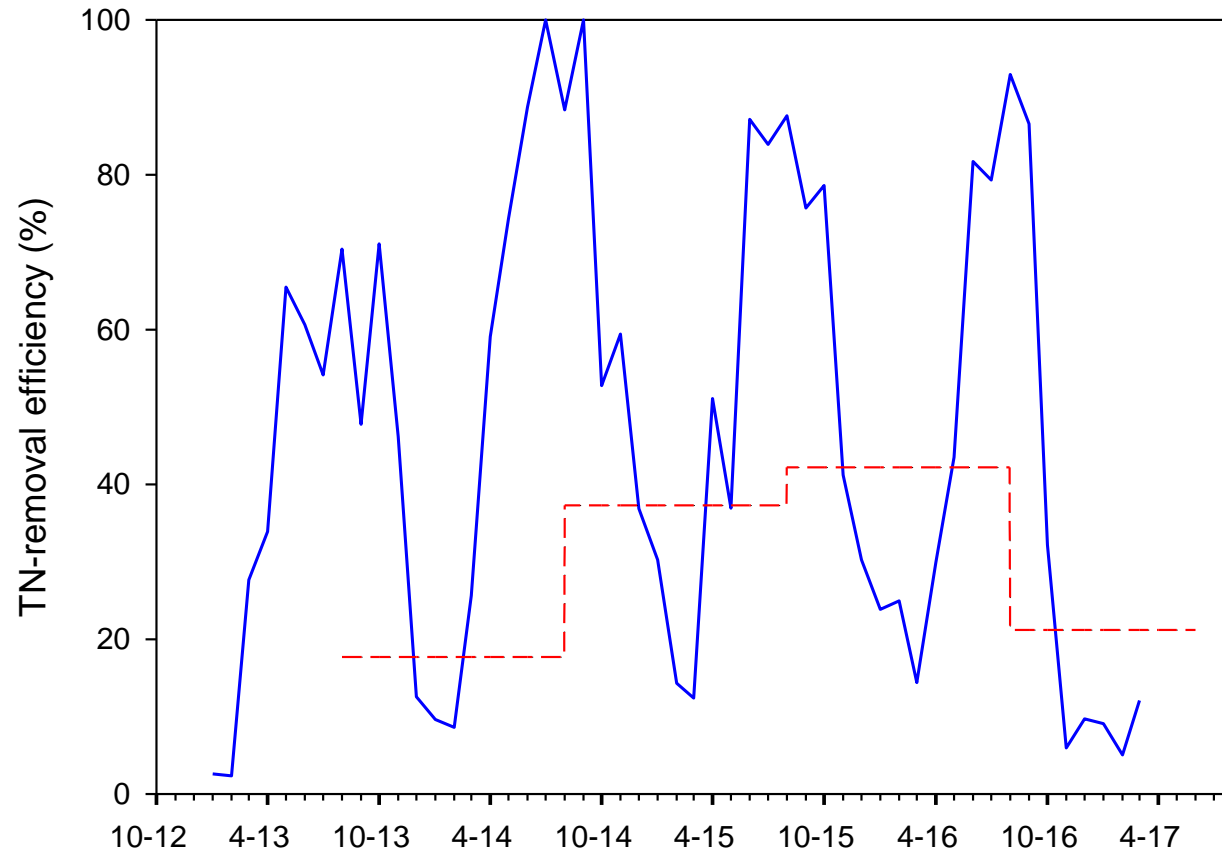


Foto: Charlotte Kjærgaard

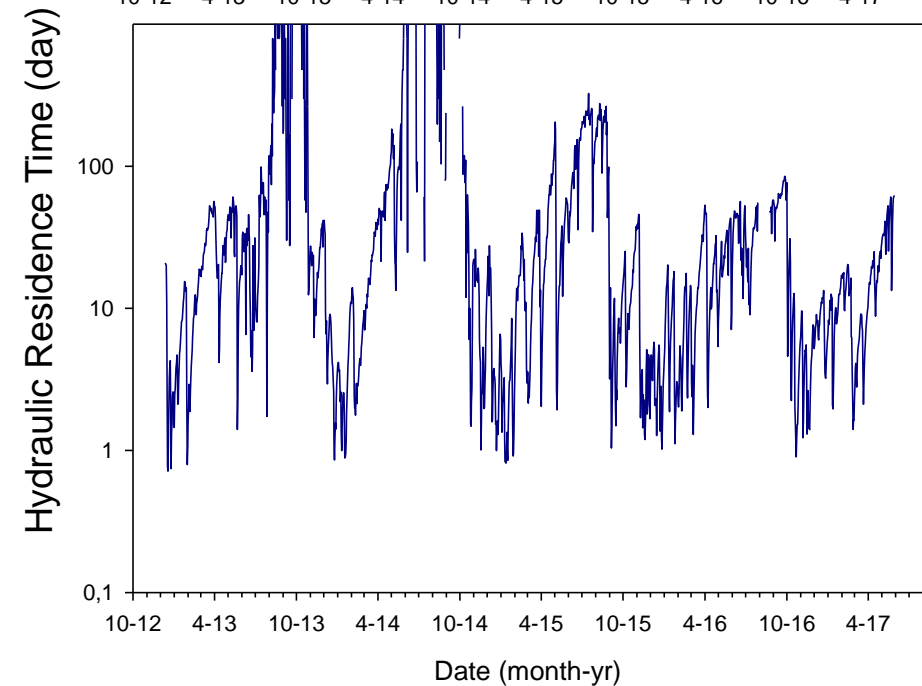
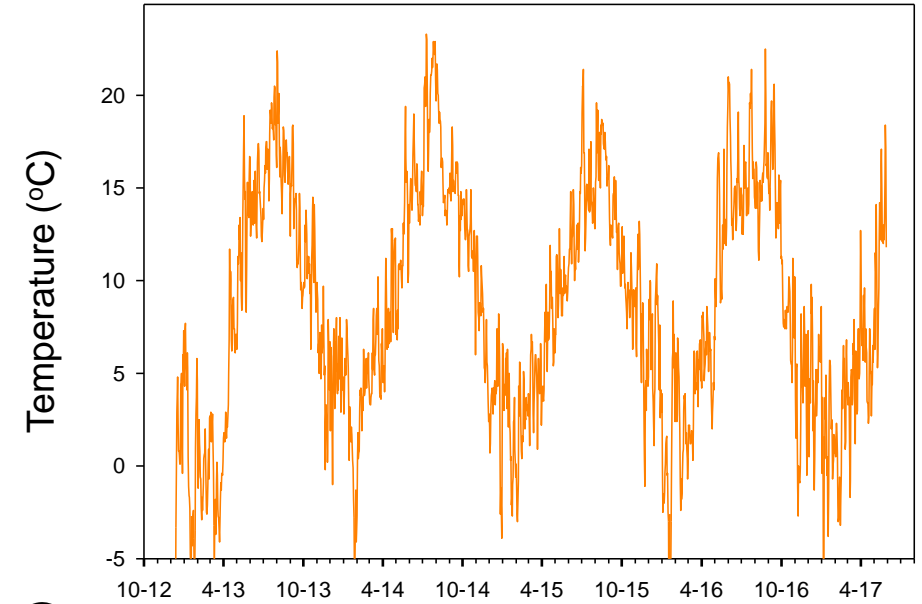
# Minivådområdets kvælstofeffekt



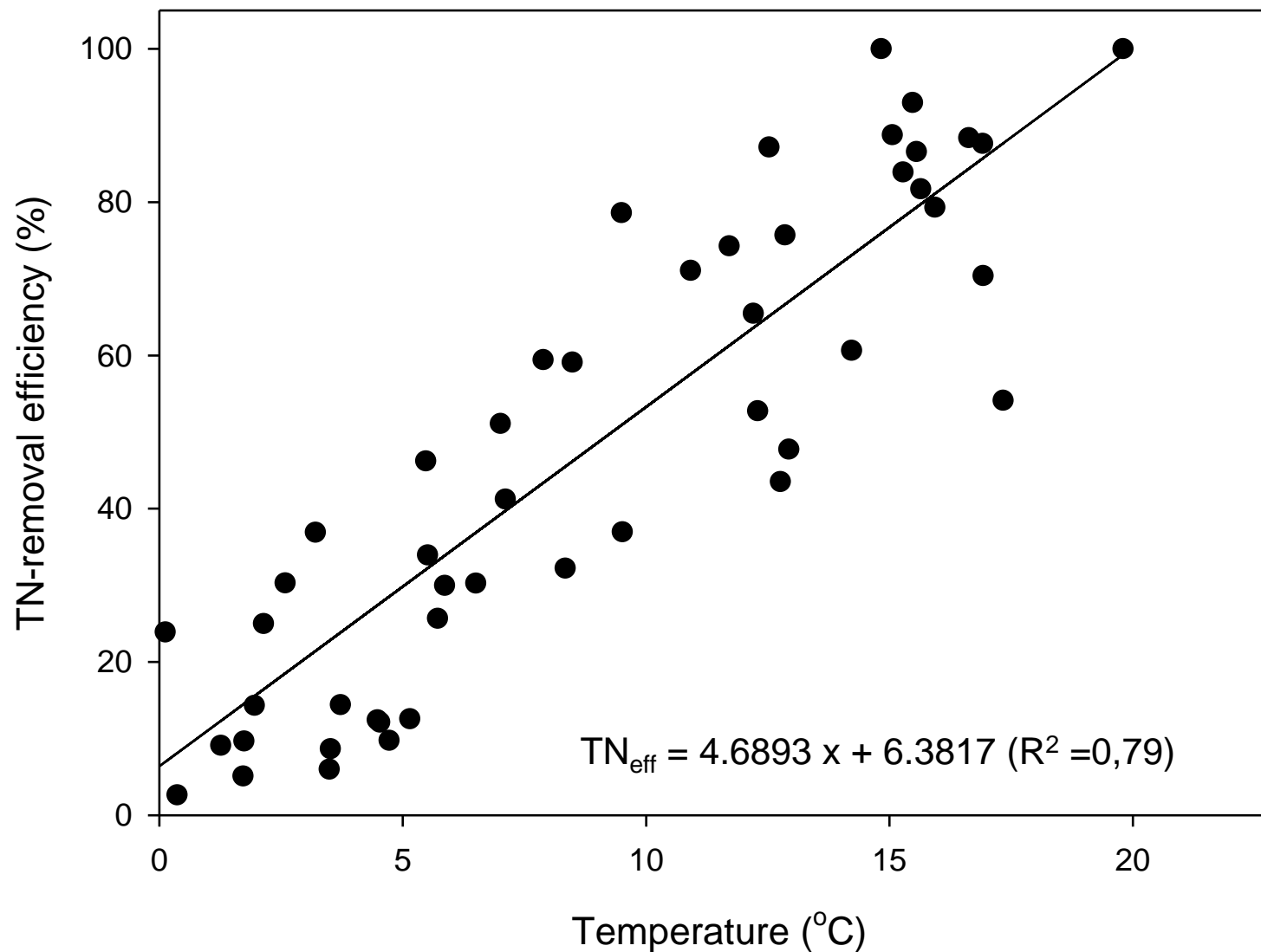
# Variation i kvælstofreduktionseffektiviteten



Red dotted line is the yearly average in the four years



# Temperatur er primær styrende parameter for N-effektiviteten

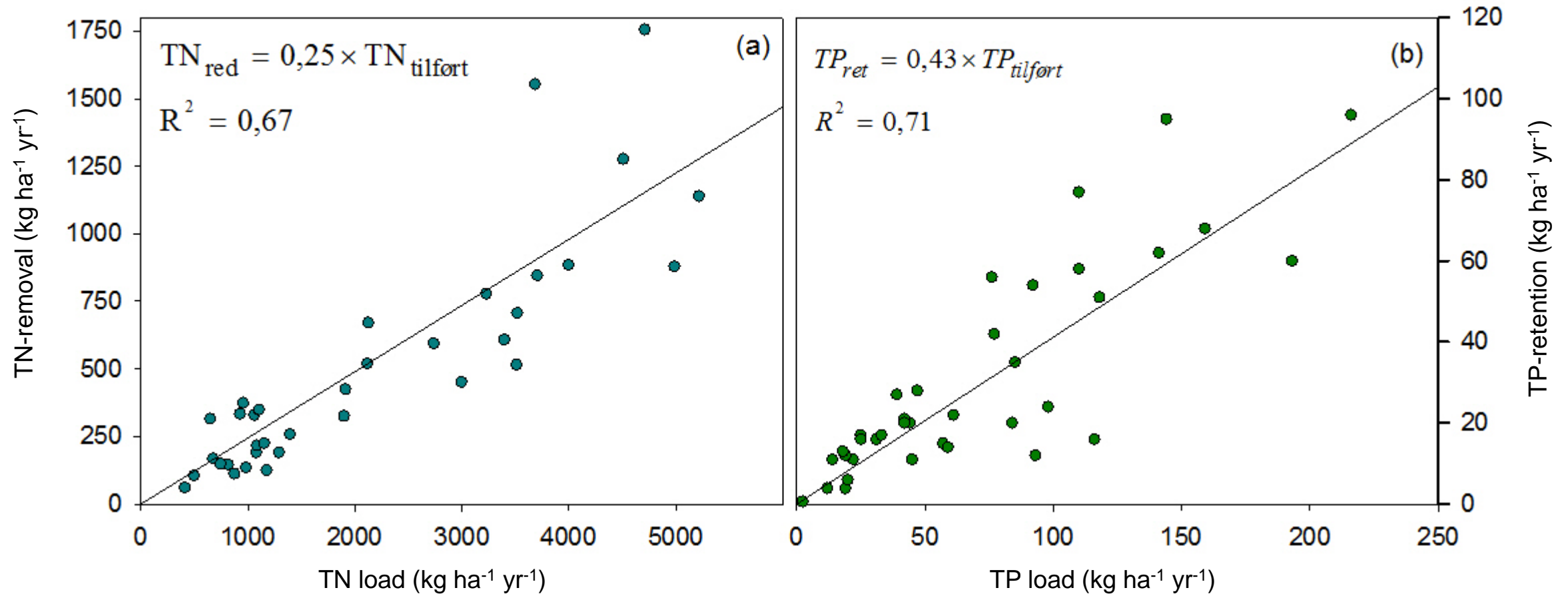




# Resultater danske minivådområder (2013-2017)

TN-reduction average 25%

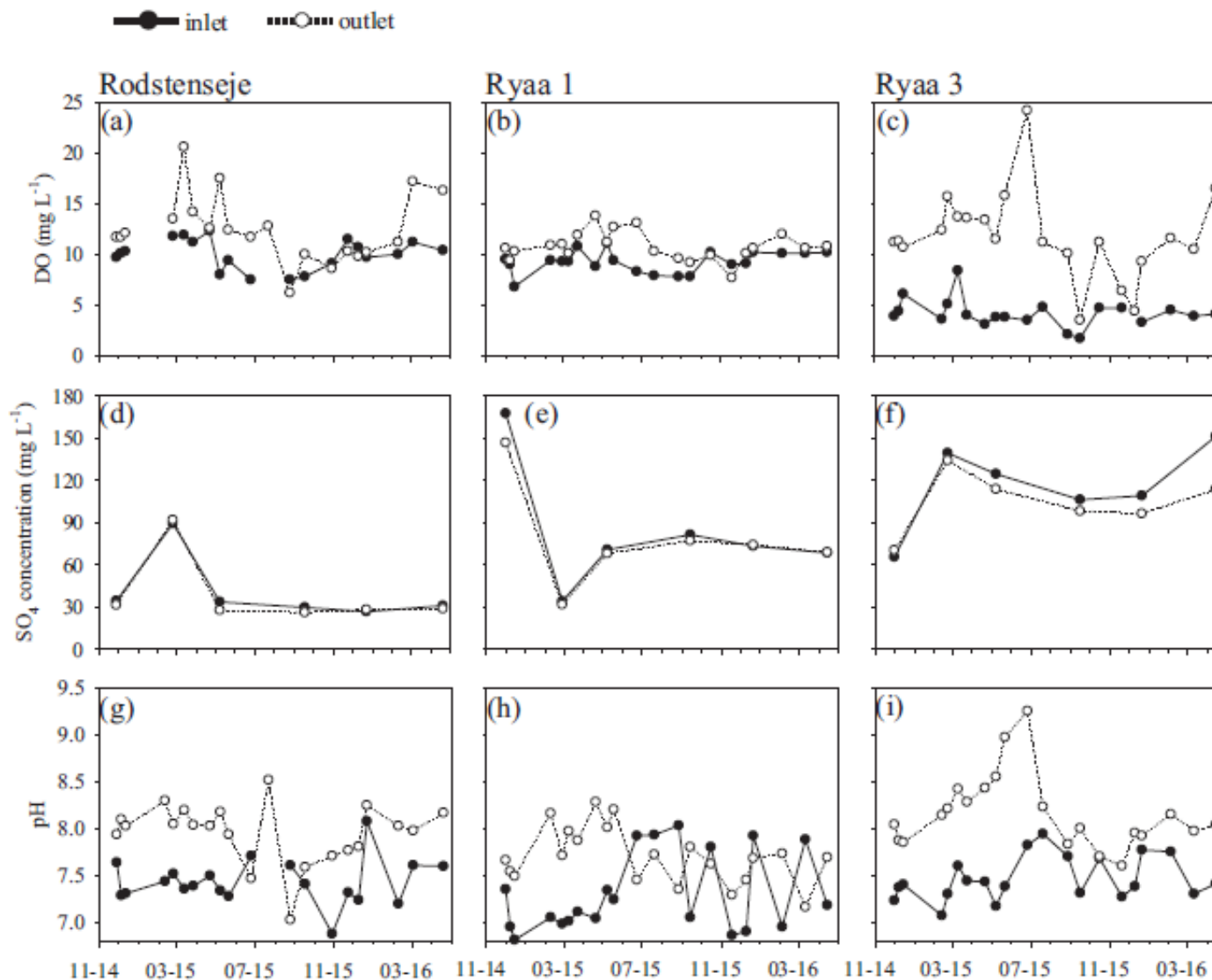
TP-retention average 43%



## Afledte og øvrige effekter

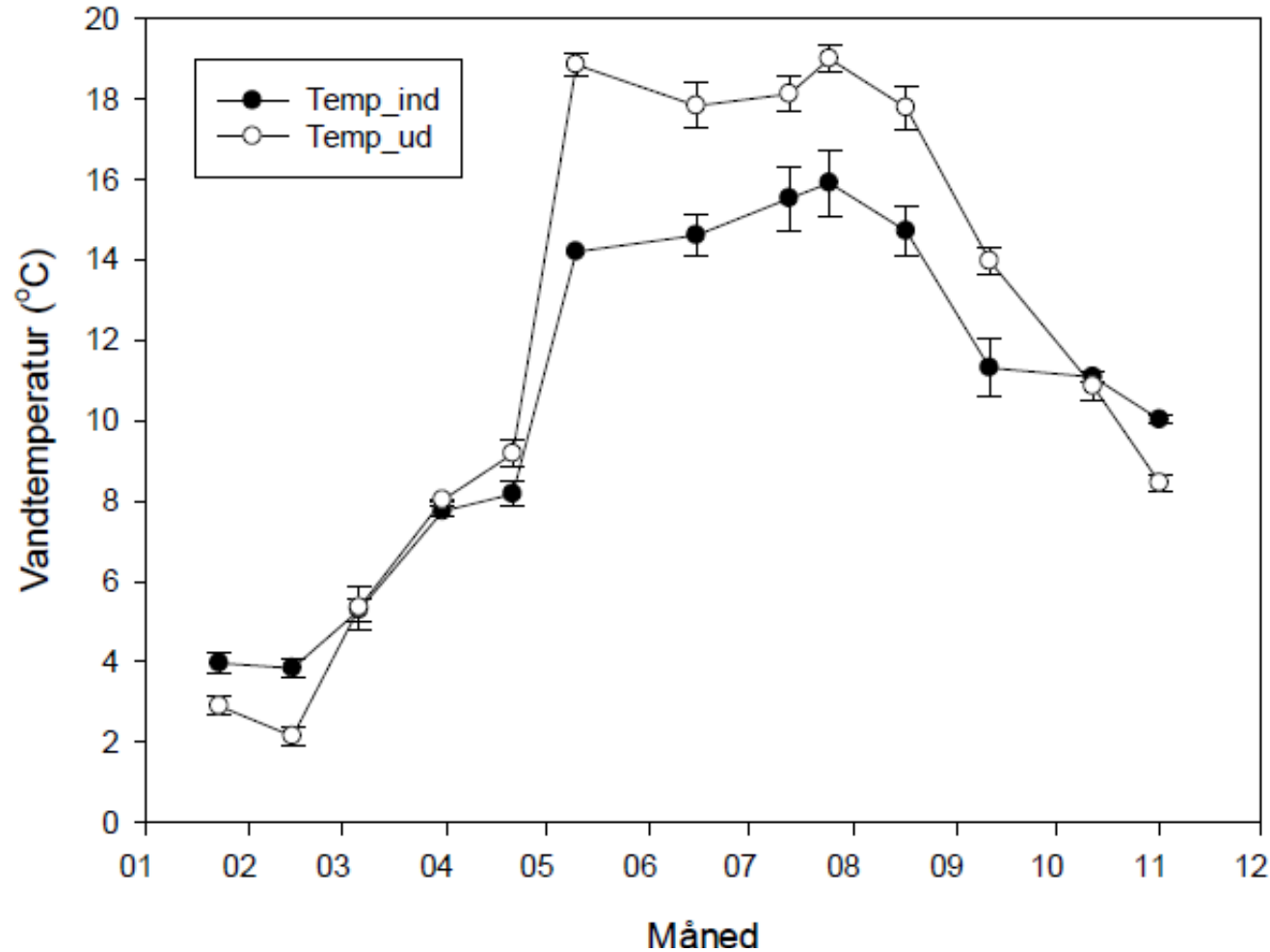
- Vandtemperatur, iltindhold, vandkemiske parametre**
- Sediment transport**
- Drivhusgasemissioner (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>)**
- Klima-sikring (udjævning af vandføringsrater ved stuvning)**
- Plante og fauna-diversitet**

# Målinger af ilt og vand-kemiske parametre i ind- og udløb



Iltningstrappe eller  
iltningsbrønd er blot  
sikkerhedsforanstaltning

# Målinger af årstidsvariation i gennemsnitlig vandtemperatur



Gennemsnitlig månedlig vandtemperatur i drænindløb og udløb for 16 danske minivådområder (fra Kjærgaard et al., 2018, [www.idraen.dk](http://www.idraen.dk))

# Tilbageholdelse af sediment, total-P og jern (Fe)

CW	Zone	Thickness <sup>a</sup>	Sediment <sup>a</sup>	TP <sup>a</sup>	Fe <sub>CBD</sub> <sup>a</sup>
		mm	kg m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup>	g m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup>	
Rodstenseje	SP	22 (19) <sup>b</sup>	– <sup>c</sup>	–	–
	1D	18 (4)	1.0	0.4	9.4
	1S	11 (9)	1.3	1.4	16
	2S	25 (17)	2.9	3.7	29
	3D	9 (2)	0.4	0.2	4.2
	Overall			1.0	0.9
Ryaa 1	SP	75 (16)	15	14	244
	1D	28 (6)	4.7	5.8	88
	1S	6 (2)	2.5	1.1	9.6
	2S	10 (0)	3.4	7.2	46
	3D	6 (0)	0.5	0.7	6.6
	Overall			3.4	4.1
Ryaa 3	SP	78 (20)	29	97	635
	1D	32 (25)	13	5.5	44
	1S	43 (22)	17	10	73
	2S	38 (8)	12	7.3	55
	3D	23 (7)	8.7	5.5	41
	Overall			13	8.7

## Plante- og faunadiversitet i minivådområder



Figur 7. Planterne hjortetrøst (*Eupatorium cannabinum*) (foto til venstre), eller sump-kællingetand (*Lotus uliginosus*) (foto til højre) er et oplagt valg til bassin 3, hvis man vil understøtte sommerfugle, bier og andre blomsterbesøgende insekter. Det er sommerfuglen kejserkåbe (*Argynnis paphia*), der besøger hjortetrøst, og dukatsommer-



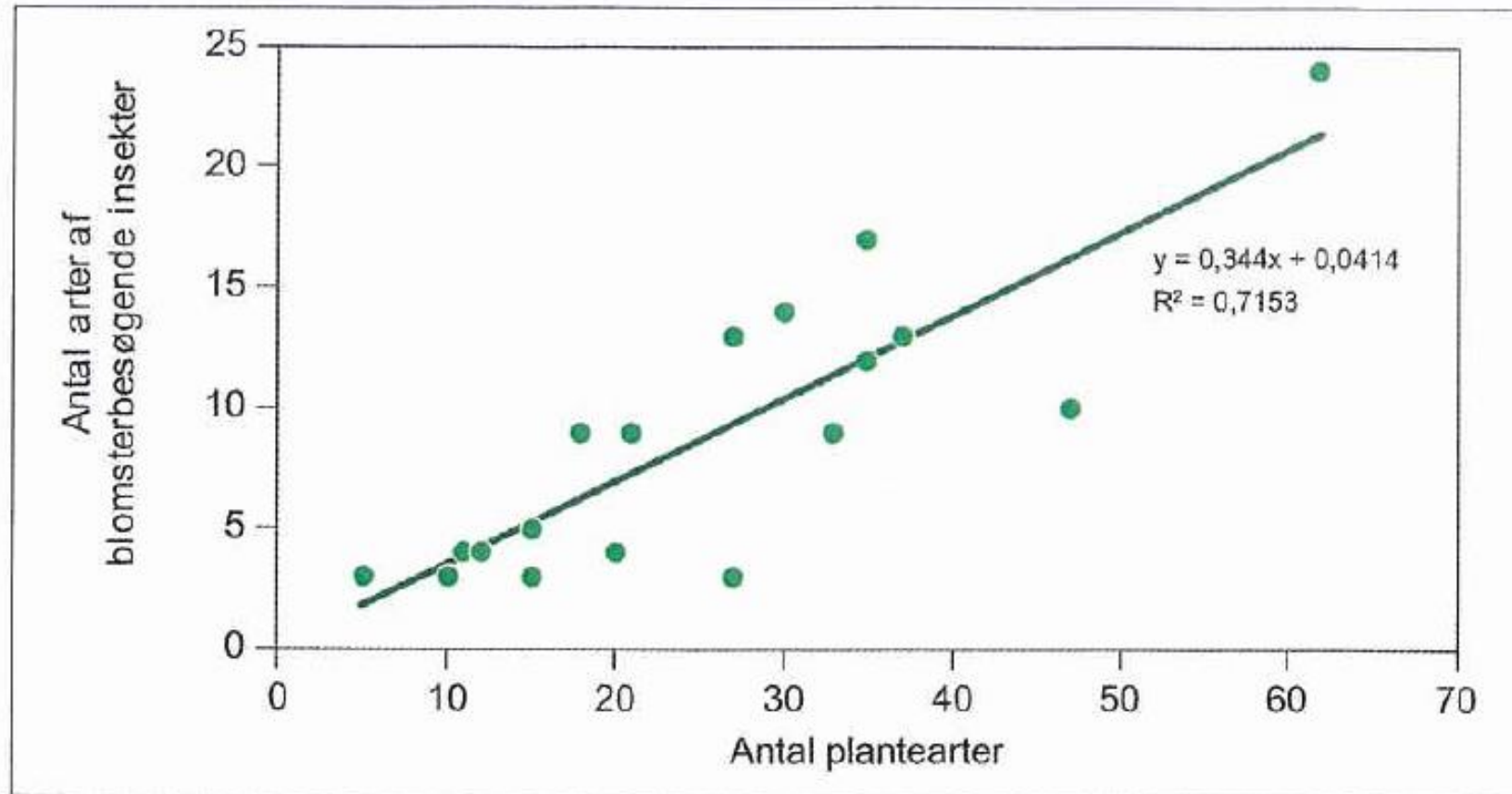
fugl (*Lycaena virgaureae*), der besøger sump-kællingetand. Begge arter tiltrækker rigtig mange forskellige sommerfugle og bier. Foto af hjortetrøst og kejserkåbe: Jane Dietzel. Foto af sump-kællingetand og dukatsommerfugl: Beate Strandberg.

## Plante- og faunadiversitet i minivådområder

Tabel 1. Plantediversiteten i bassin 3 i 9 jyske minivådområder angivet som antal arter, Shannon diversitets indeks og evenness. Det samlede artsantal er baseret på et areal på 3 m<sup>2</sup> og diversitetsindeks og evenness er beregnet på baggrund af forekomsten (dækning) af arterne i 6 tilfældigt udlagte Raunkjær cirkler inden for prøvefladen.

	Antal plantearter	Shannon diversitets indeks	Evennes
Ryå 3	21	1,5	0,2
Ryå 4	27	1,6	0,2
Hvilshøj 2	30	1,6	0,3
Hvilshøj 3	35	1,7	0,6
Vesterlund Præstegård	35	3,0	0,8
Odderbækvej, lok. 10	62	3,2	0,9
Vesterlundvej, lok. 3	37	2,9	0,7
Horsbjergvej, lok. 7	47	2,9	0,6
Fillerup	33	1,8	0,2

# Plante- og faunadiversitet i minivådområder



Figur 6. Sammenhæng (lineær regression) mellem antal plantearter og antallet af blomsterbesøgende insektarter (honingbi, humlebier, enlige bier, svirrefluer og sommerfugle) undersøgt for et samlet prøveareal på 3 m<sup>2</sup> i 9 jyske minivådområder.



# Spørgsmål – diskussion minivådområder med overfladestrømning



# Visioner for den målrettede indsats - genskabe landskabsfiltre

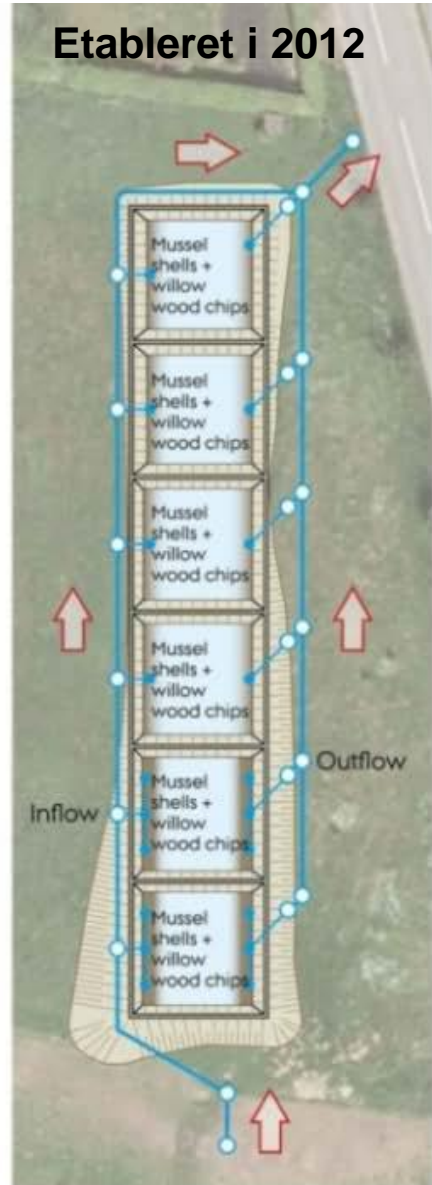
## Lavbund i ådal



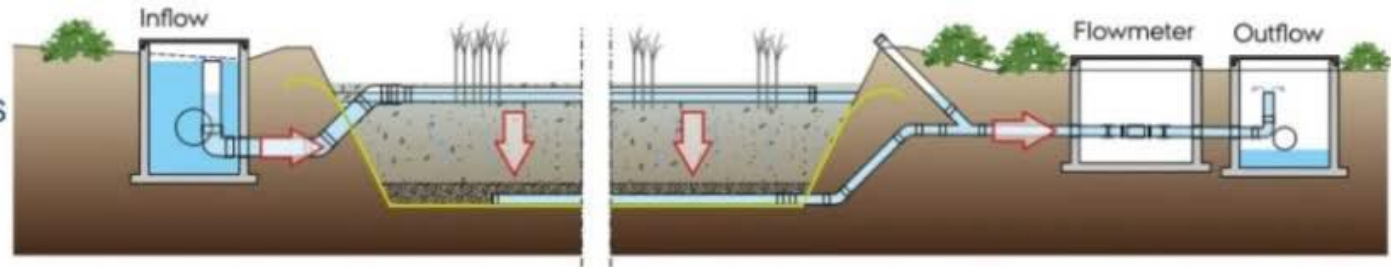
## Konstruerede minivådområder



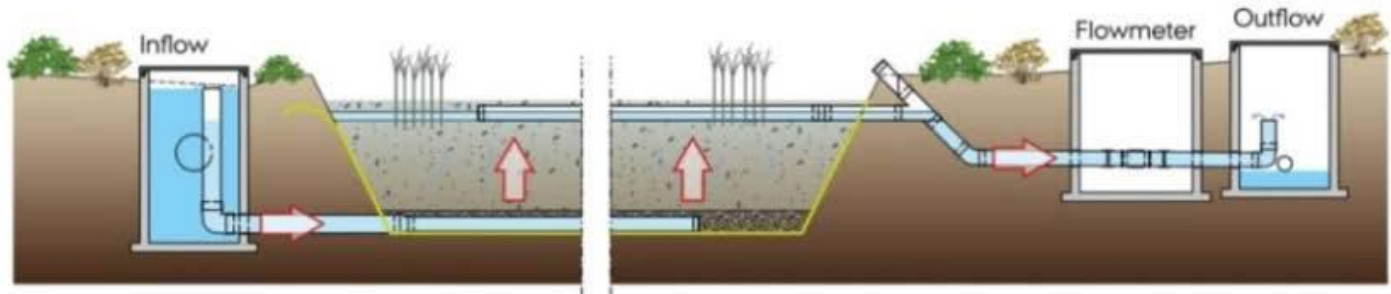
# Matrice-minivådområder (flis-baserede bioreaktorer)



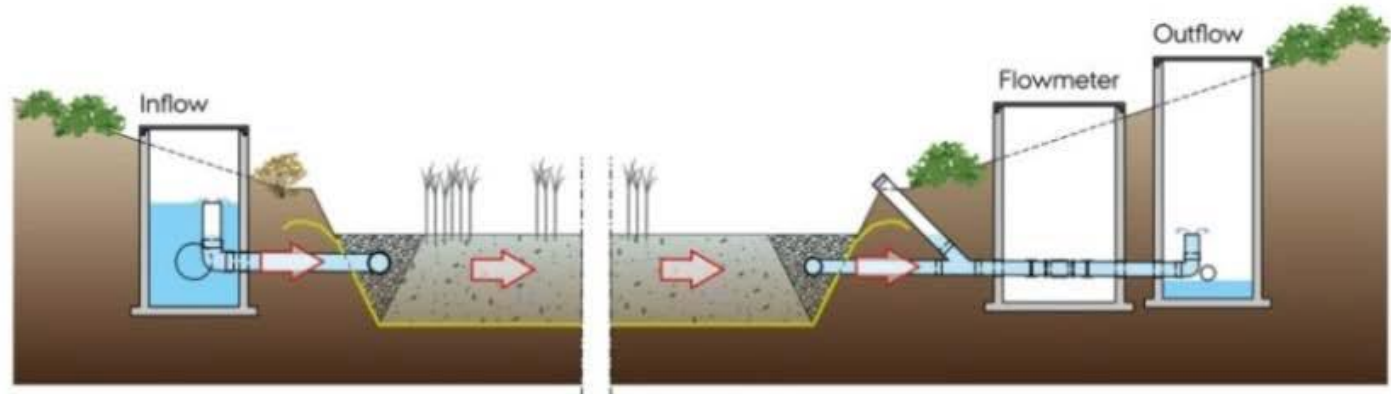
Vertical downwards flow



Vertical upwards flow



Horizontal flow

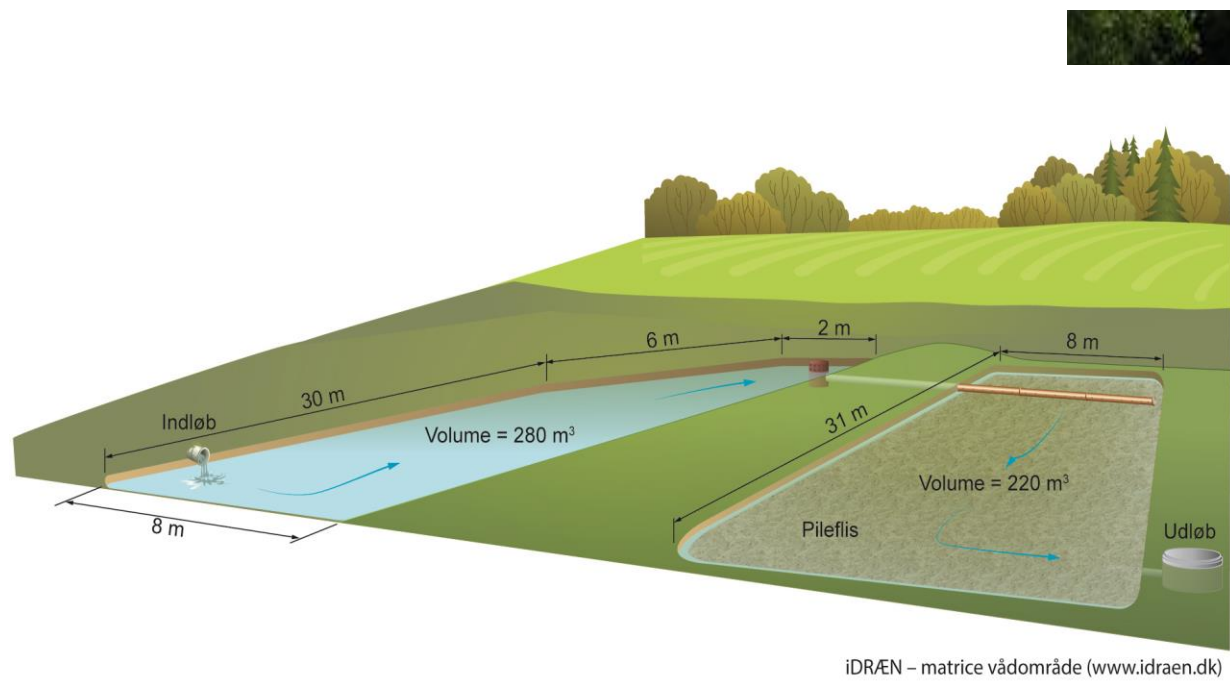


Cost-effective filter technologies targeting P-retention and N-removal in agricultural drainage discharge

[www.supremetech.dk](http://www.supremetech.dk)

Hoffmann & Kjaergaard, 2019

# Matrice-minivådområde med stuvningsbassin - prototype (godkendt LBST)



iDRÆN – matrice vådområde (www.idraen.dk)

Woodchips filter-bed with storage pond  
Size: 0,2-0,25% of drained catchment

Hoffmann & Kjaergaard, 2017



Drainage catchment ~25 ha  
Bioreactor 220 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

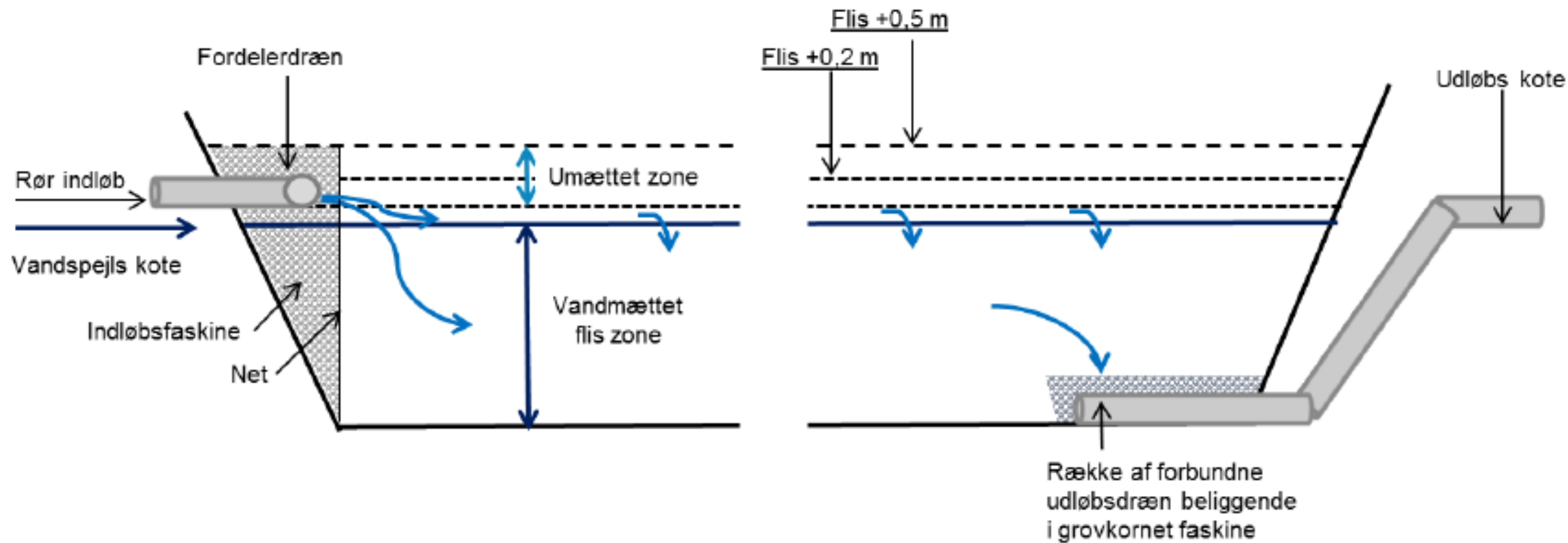
Photo: SEGES

SEGES

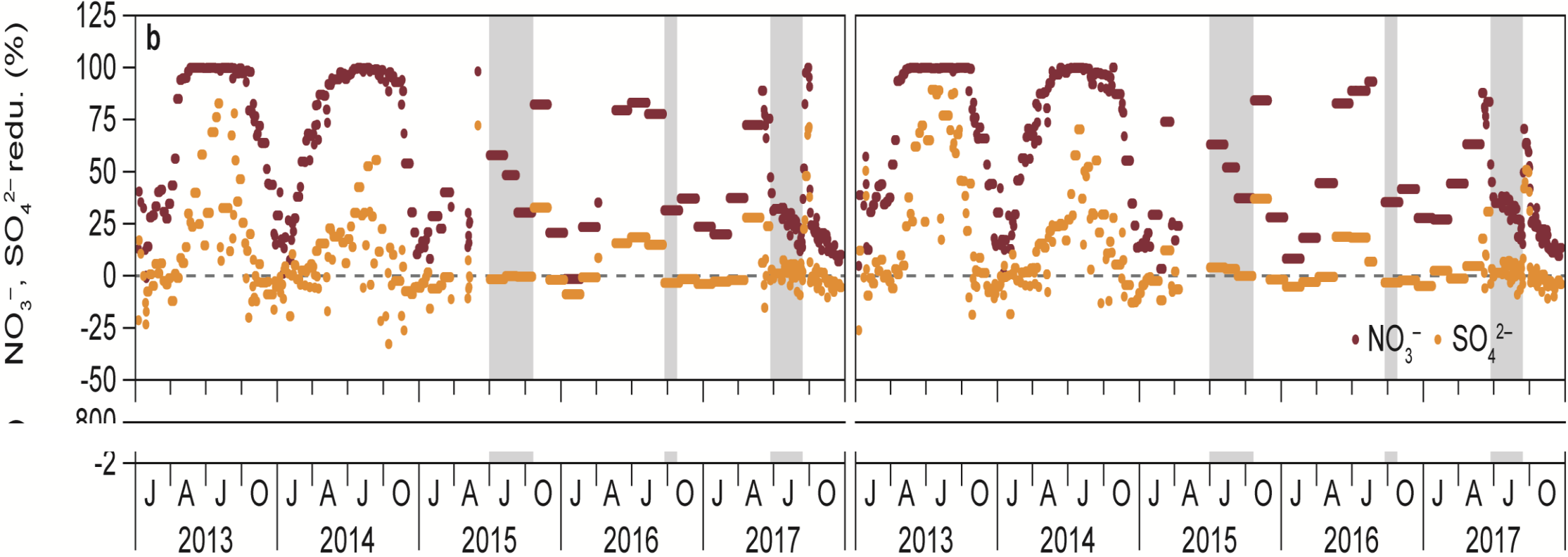
- Guidelines for the Danish Ministry (Hoffmann & Kjærgaard, 2018)
- Guidelines for advisers and constructors (Kjærgaad, 2019)



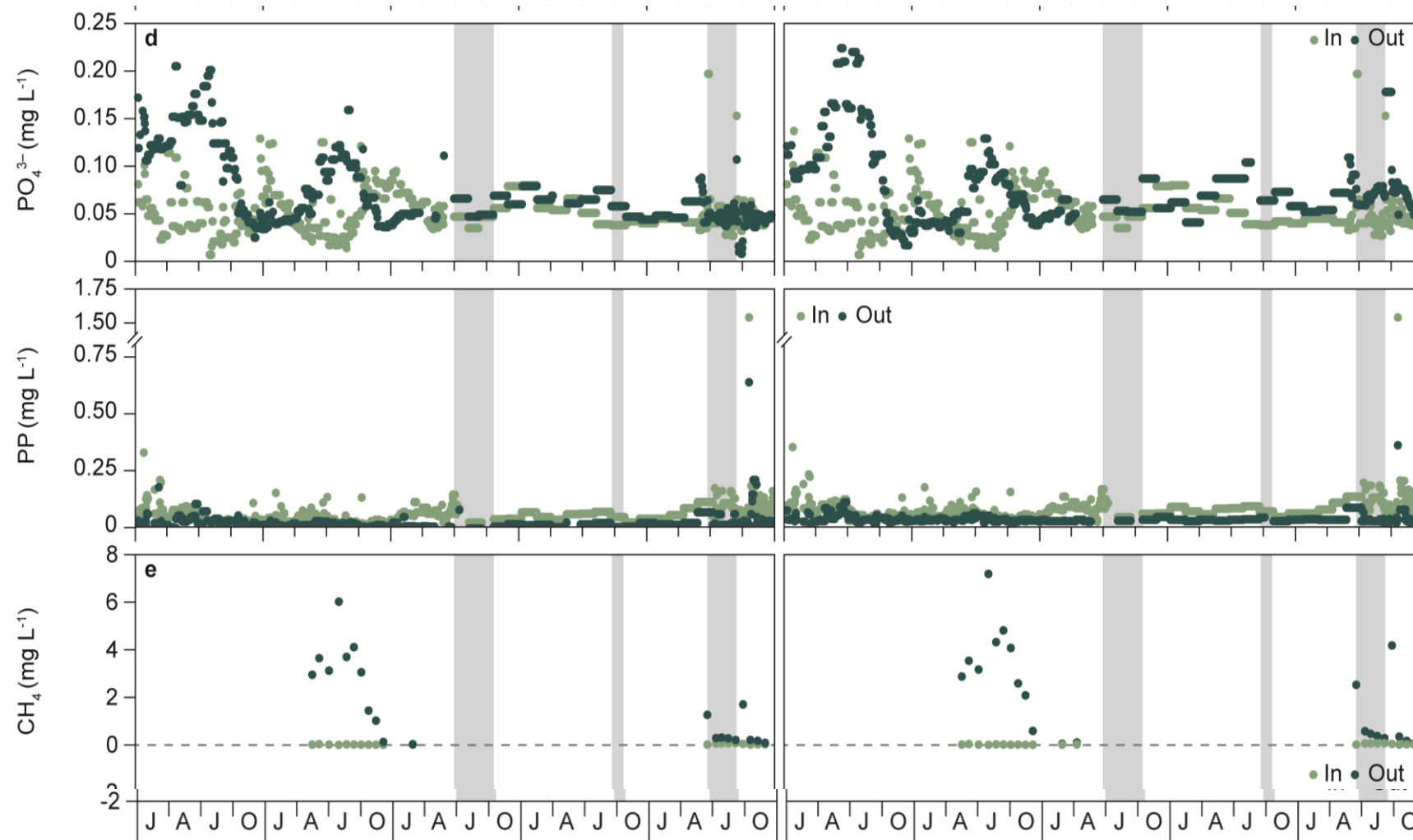
# Konstruktion af matrice-minivådområde



# Kvælstofeffekt af matrice minivådområder



# Fosfor-effekt af matrice minivådområder



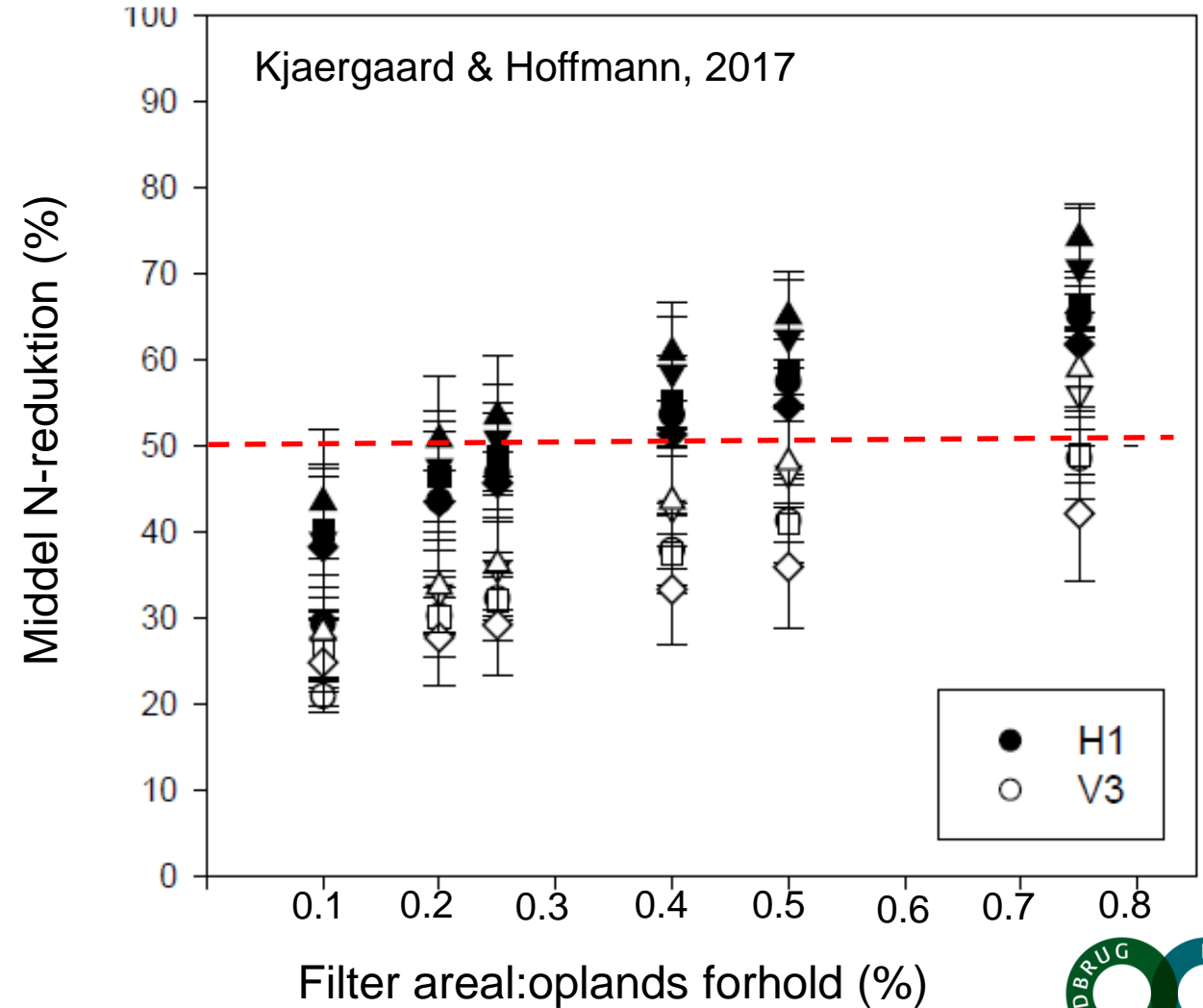
# Kvælstof-model for matrice-minivådområder

CW3	$F_{(2,105)}=448.0,$ $P<0.0001$	$\text{NO}_3\text{-N} = -6.946 + 4.325 \times \text{WT} + 11.07 \times \text{HRT}$	0.895	0.15
-----	------------------------------------	--	-------	------

Carl Christian Hoffmann\*, Charlotte Kjaergaard\*\*  
and Søren Erik Larsen. Accepted may 2019

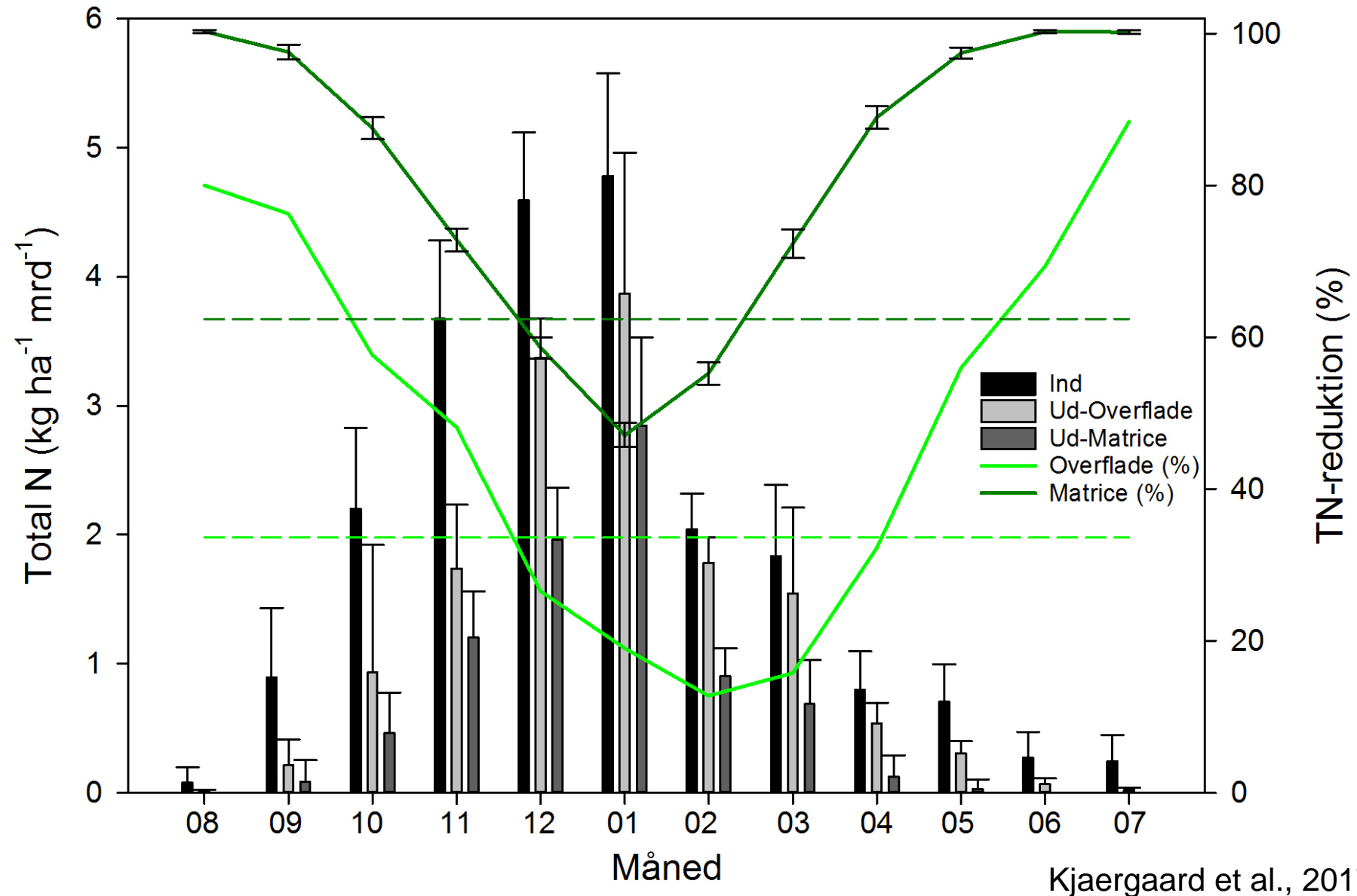
Nitrogen removal in woodchip-based biofilters of  
variable designs treating agricultural drainage  
discharges

[www.supremetech.dk](http://www.supremetech.dk)





# Minivådområde vs matrice-minivådområde



# Afledte effekter

## Vandtemperatur

Minivådområder med filtermatrice bidrager ikke til temperaturændringer i udløbsvandet i forhold til Indløbsvandet på noget tidspunkt af året. I sommerperioden er der fundet 1-2°C lavere vandtemperatur i udløbsvandet fra filtermatricer.

## pH

pH i udløbsvandet fra minivådområder med filtermatrice ligger i neutralområdet pH 7-8

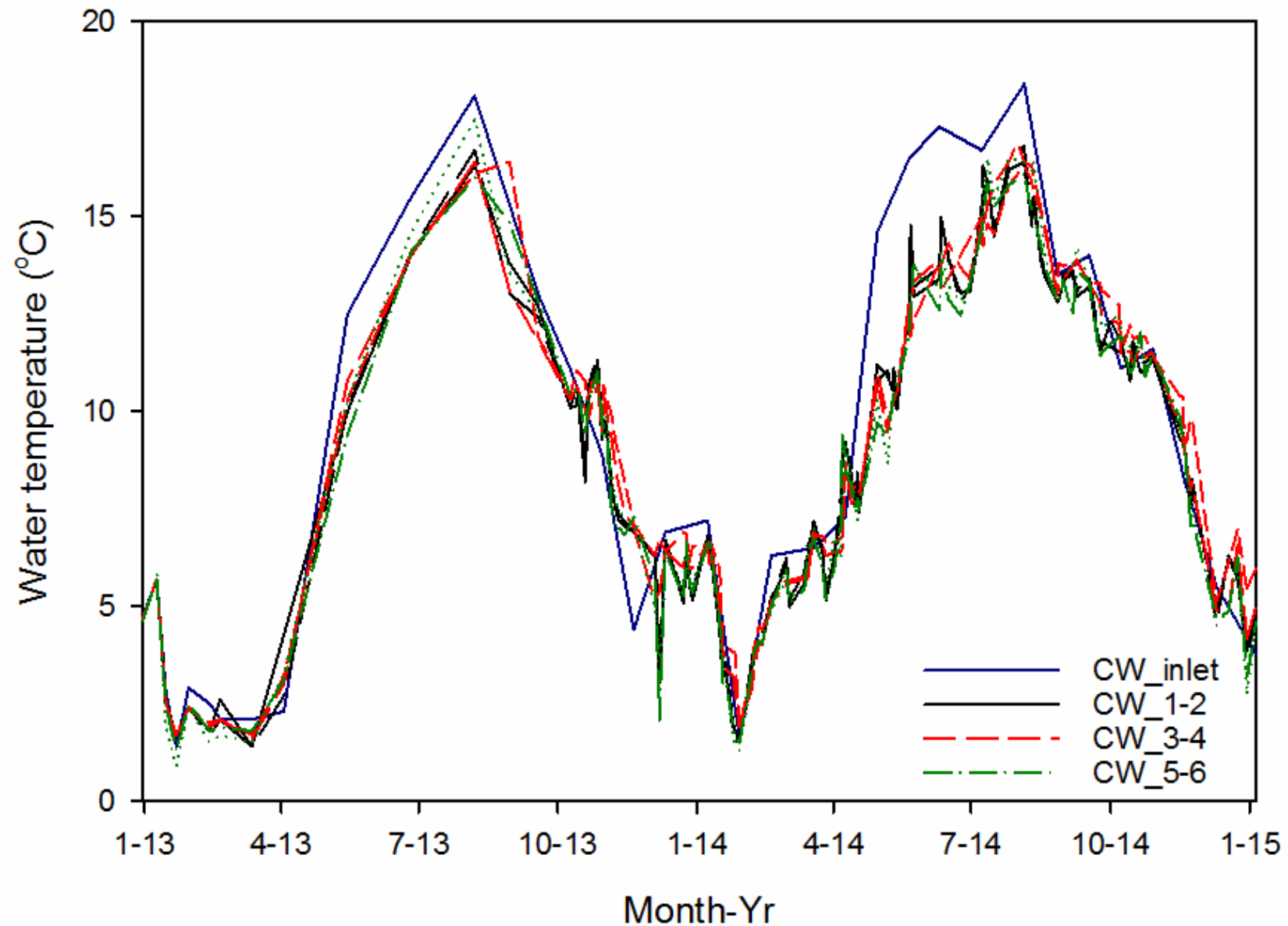
## Organisk stof

Der er generelt ikke fundet øget udledning af organisk kulstof (TOC) fra minivådområder med filtermatrice.

## Iltindhold

Minivådområder med filtermatrice reducerer indholdet af opløst ilt til ~0. Der er i bekendtgørelsen for minivådområder således stillet specifikke krav til geniltning af udløbsvandet.

# Afledte effekter - vandtemperatur



## Afledte effekter - vandtemperatur

	<b>HLR</b> <i>L s<sup>-1</sup></i>	<b>HRT</b> <i>hour</i>	<b>Temp</b> <i>°C</i>	<b>Oxygen</b> <i>mg L<sup>-1</sup></i>	<b>pH</b>	<b>EC</b> <i>μs cm</i>	
<b>Inlet</b>	2013		*	11.1±1.7	6.5±0.4	392±51	
	2014		9.6±3.2	8.6±2.6	6.7±0.1	417±40	
	2015		9.0±2.6	9.2±3.1	6.9±0.5	382±34	
	2016		9.1±2.9	9.5±2.2	7.2±0.9	399±18	
	2017		8.9±2.8	9.2±2.9	7.2±0.3	392±31	
<b>Outlet-CW1</b>	2013	0.44±0.42	60±30	*	0.9±1.9	7.4±0.4	541±85
	2014	0.45±0.36	56±25	9.6±4.1	0.3±0.2	7.5±0.2	544±61
	2015	0.74±0.51	45±52	9.0±3.5	0.6±0.8	7.4±0.3	527±129
	2016	0.66±0.48	38±19	9.2±4.3	1.1±1.7	7.4±0.4	504±47
	2017	0.65±0.41	48±47	9.5±3.3	1.2±1.2	7.4±0.3	491±58
<b>Outlet-CW2</b>	2013	0.46±0.45	59±31	*	0.6±0.7	7.5±0.4	536±82
	2014	0.48±0.40	53±24	9.7±4.0	0.3±0.2	7.5±0.2	546±53
	2015	0.80±0.52	40±47	9.2±3.5	0.7±0.8	7.5±0.3	527±75
	2016	0.61±0.41	41±21	9.2±4.4	0.6±0.8	7.5±0.4	523±46
	2017	0.66±0.41	42±36	9.6±3.7	0.4±0.3	7.5±0.2	500±67

# Afledte effekter

## Biologisk Iltforbrug (BI5)

Minivådområder med filtermatrice viser en stigning i BI5 i udløbsvandet. Resultaterne antyder, at en øget BI5 efter filtermatricen er et udtryk for iltforbruget ved oxidation af de reducerede forbindelser, idet der ikke er observeret øget udledning af TOC. Krav til geniltning af udløbsvandet løser problemet med BI5 .

## Sulfid-dannelse (svovlbrinte)

Svovlbrinte dannes når sulfat i drænvandet under stærkt reducerede forhold reduceres til sulfid ( $H_2S$ ). Svovlbrinte kendes ved at det lugter som rådne æg, og er således forbundet med lugtgener. Sulfid opløst i udløbsvandet omdannes hurtigt til elementært svovl ved geniltningen og vil være synligt i form af hvide belægninger. Da svovlbrinte er relateret til afstrømning i sommermånederne er der i bekendtgørelsen for minivådområder med filtermatrice stillet konkrete krav om, at drænvandet i sommermånederne ikke må ledes igennem filtermatricen, og i stedet skal ledes udenom filtermatricen via by-pass dræn.

# Afledte effekter – sulfid -> svovl



Sulfat->Sulfid->Svovl

# Vejledning til konstruktion af matrice-minivådområder

## VEJLEDNING TIL KONSTRUKTION AF MINIVÅDOMRÅDER MED FILTERMTRICE



## Krav til geniltning



SEGES

Eksempler på iltningbrønd – 50-65% geniltning





# Åben iltningstrappe



# Spørgsmål / diskussion til matrice-minivådområder

# Visioner for den målrettede indsats - genskabe landskabsfiltre

## Lavbund i ådal



## Konstruerede minivådområder

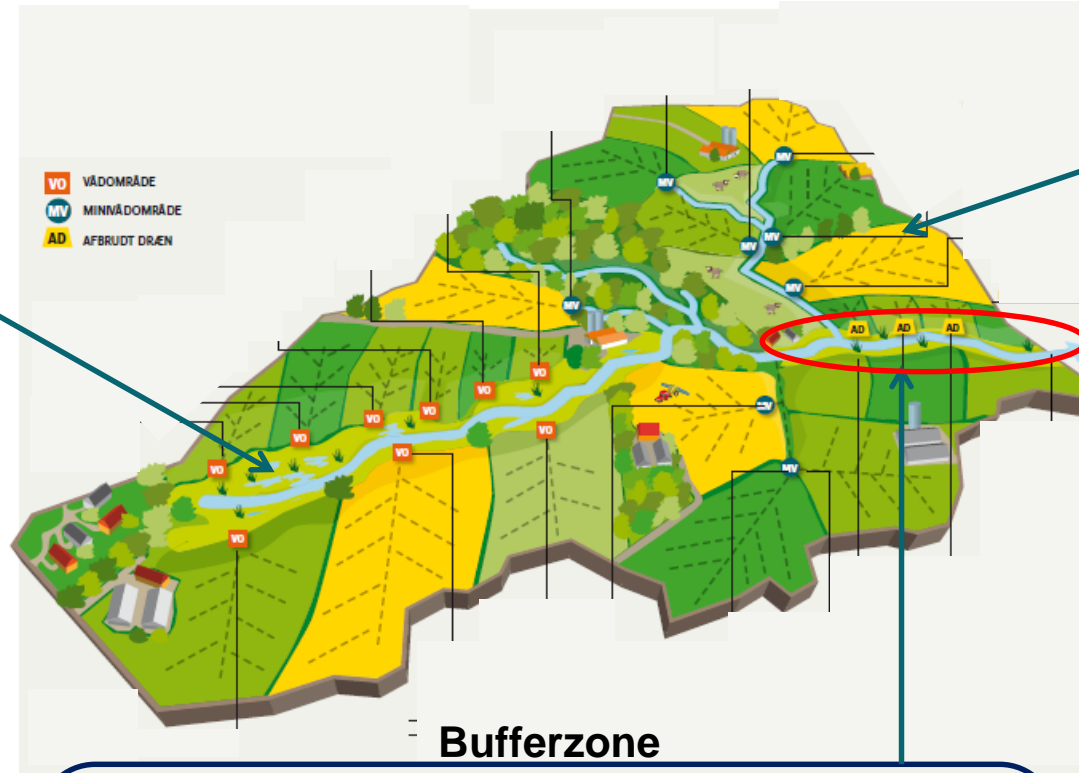


## Små lokale vådområder i marken – potentiale ikke undersøgt



# Visioner for den målrettede indsats - genskabe landskabsfiltre

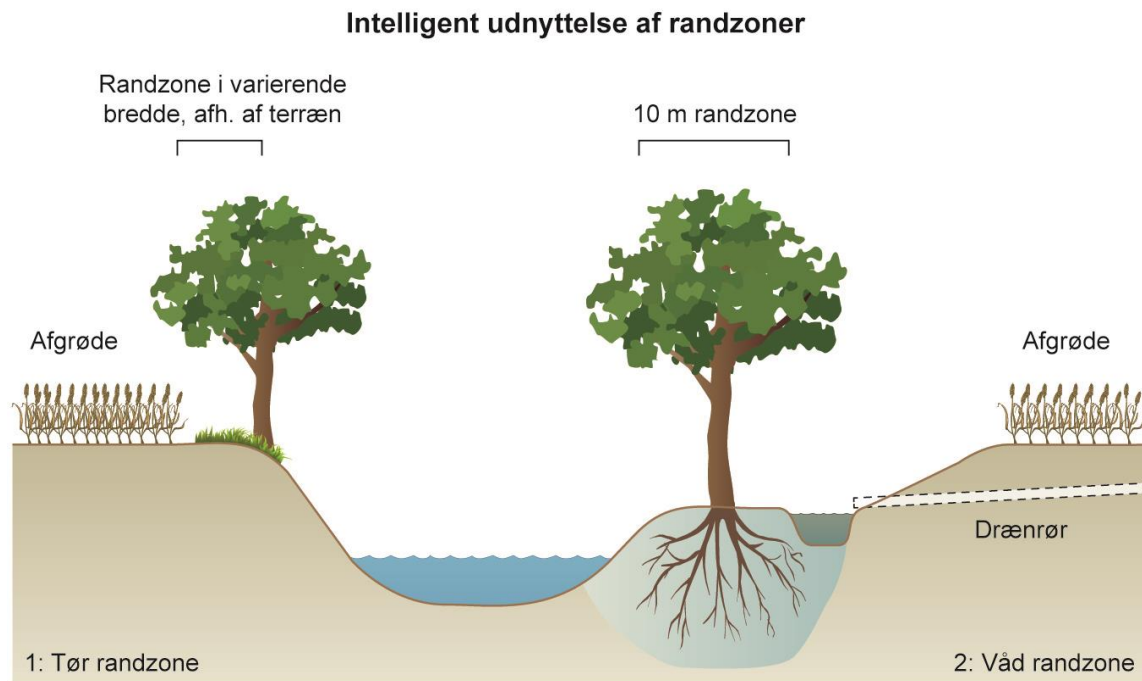
## Riparian lowland



## Constructed wetlands



# Integreret bufferzone (IBZ)

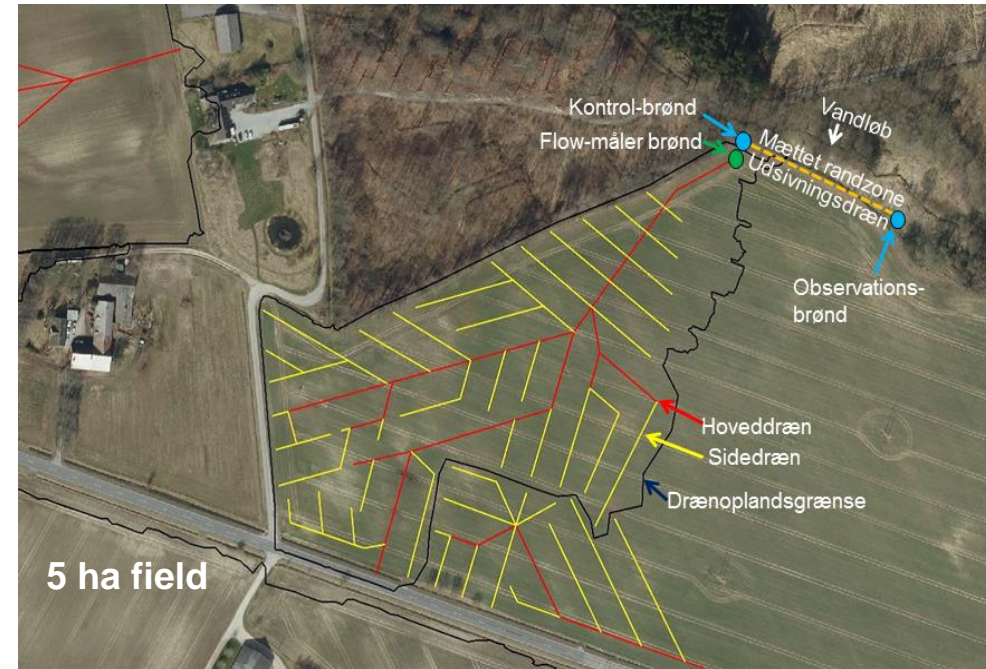
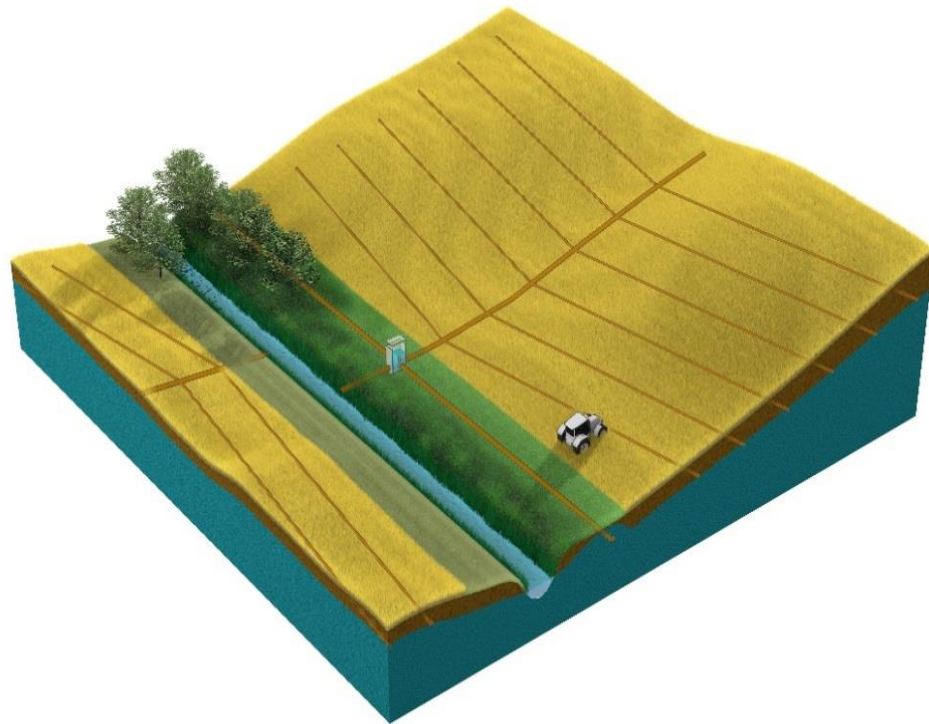


Kronvang et al., (2017)  
Størrelse: 1% af drænopland (infiltration i rand-zonen)  
Årlig N-reduktion: 20-30% (20%)  
Årlig P-reduktion: 30-50%

# Vandmættede buffer zoner

Første danske projekt i 2018 (SEGES)

- Denitifikation i rand-zonen
- P-effekt?
- Hydraulisk kapacitet -> jordtype specifik



# Spørgsmål / diskussion – virkemidler i randzonen



# Implementerings strategi

Hvor skal virkemidlerne anvendes ?

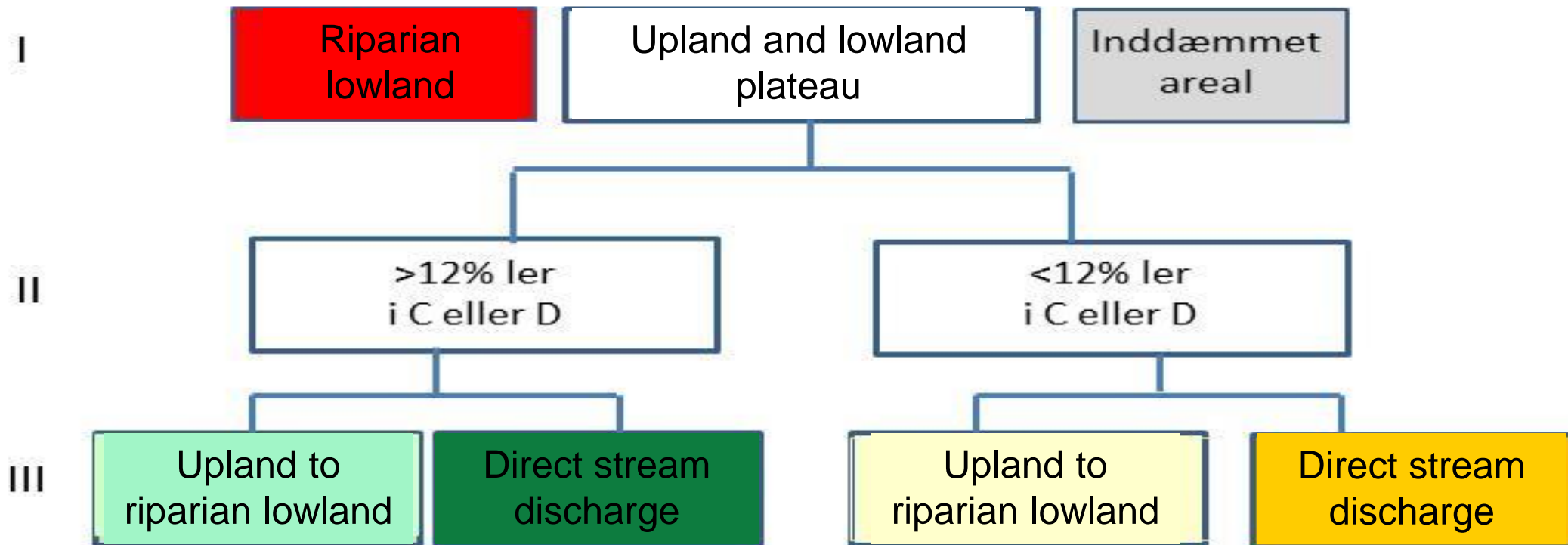


# Strategi for implementering af målrettede drænvirkemidler

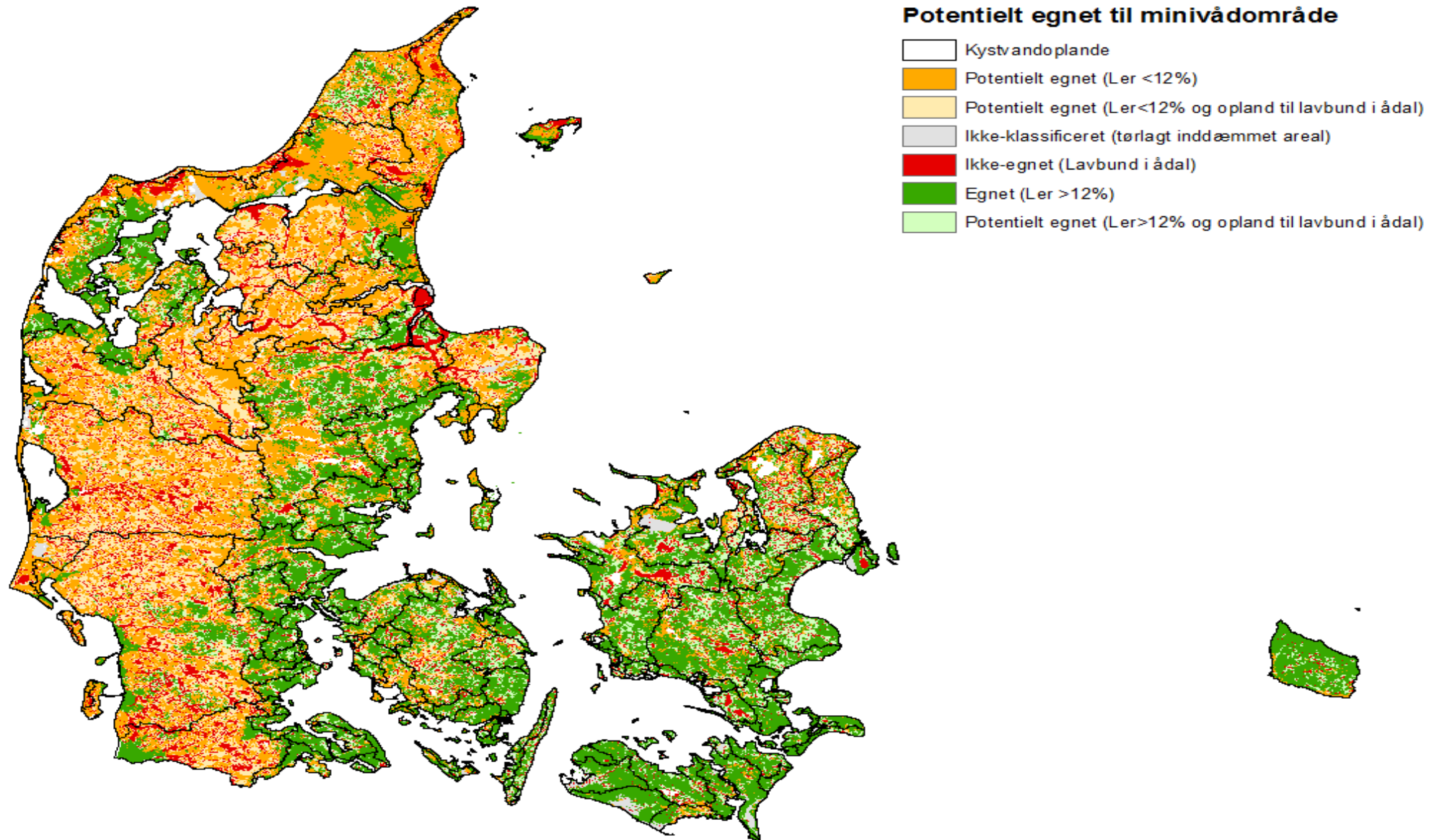
Kriterier for kvælstofvirkemidler

1. Reduktionskrav ved kyst
2. **Arealernes egnethed (drænafstrømnings dominerede)**
3. Kvælstoftab via dræn
4. Kvantitativ effekt på kystbelastningen

# Nationalt egnhedskort for drænvirkemidler



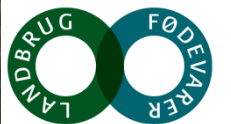
# Nationalt egnedskort for drænvirkemidler





**SEGES**

**Foto: Lene  
Gadegaard**

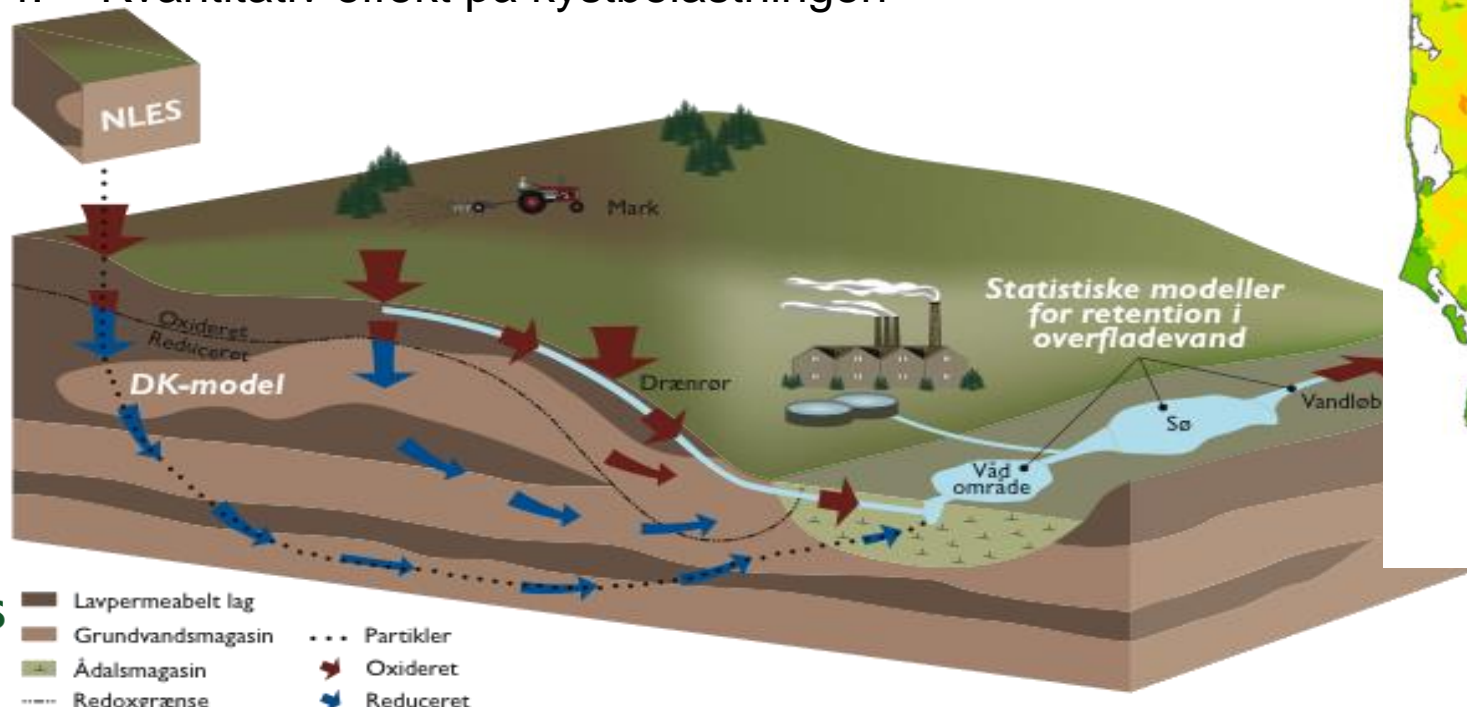
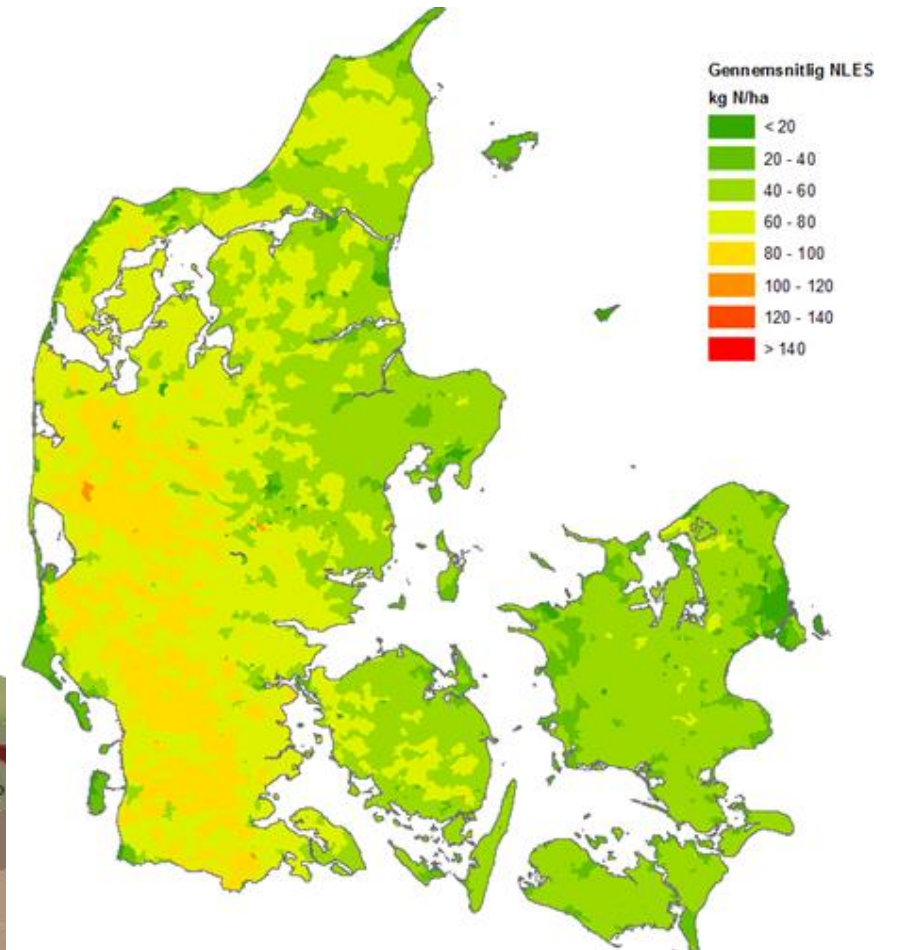


# Strategi for implementering af målrettede drænvirkemidler

Kriterier for kvælstofvirkemidler

1. Reduktionskrav ved kyst
2. Arealernes egnethed (drænafaststrømnings dominerede)
3. **Kvælstoftab via dræn**
4. Kvantitativ effekt på kystbelastningen

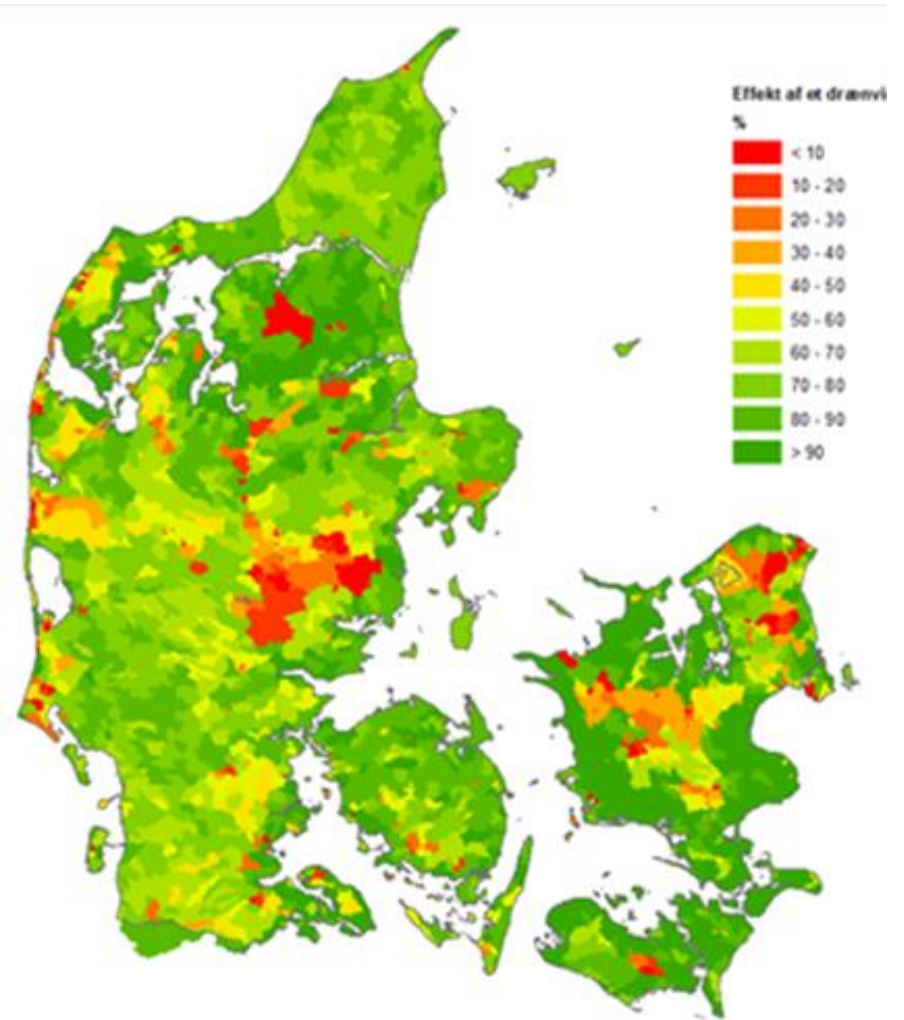
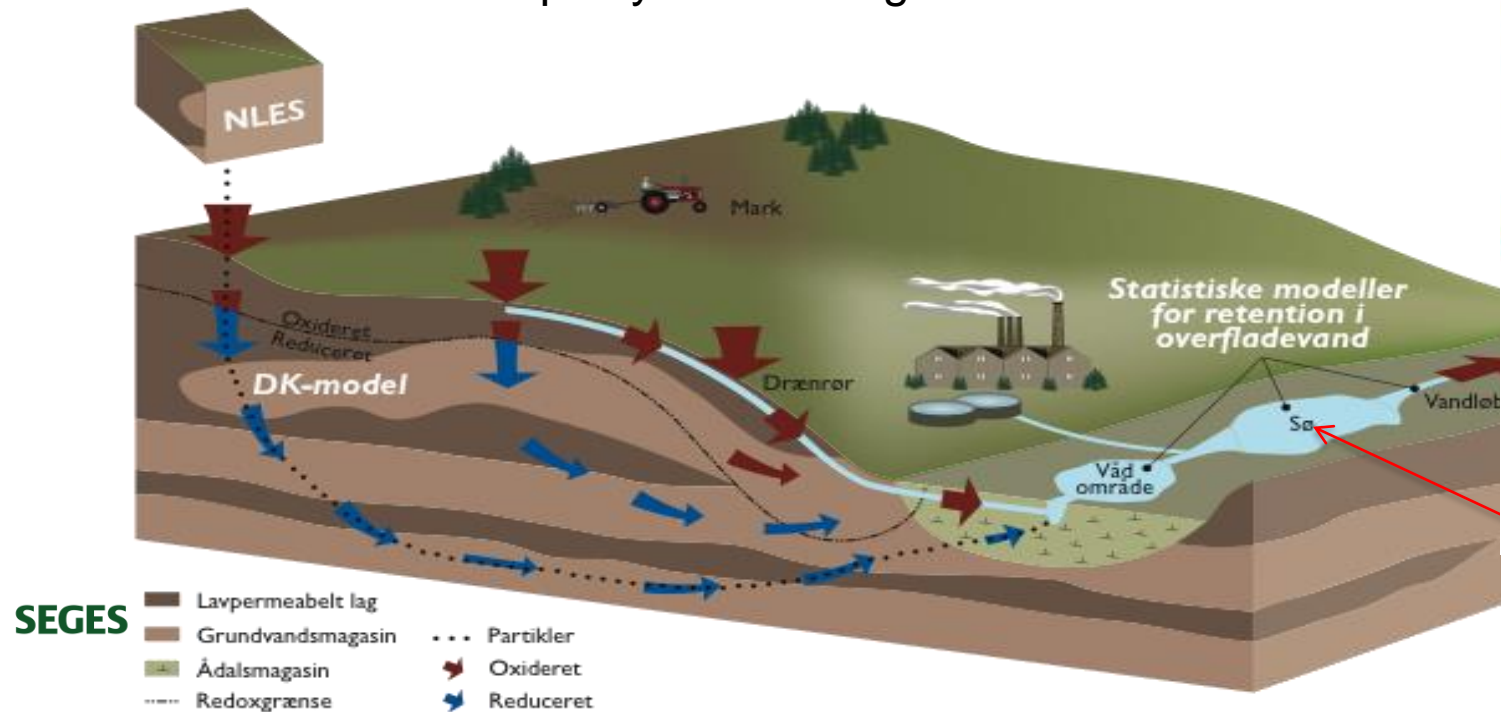
N-tab fra rodzonen korrigeret for dræn-bidrag



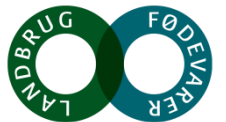
# Strategi for implementering af målrettede drænvirkemidler

Kriterier for kvælstofvirkemidler

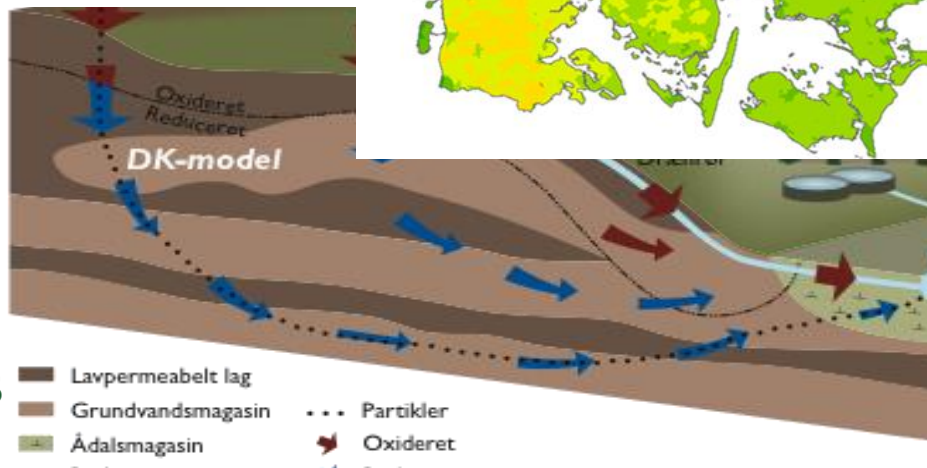
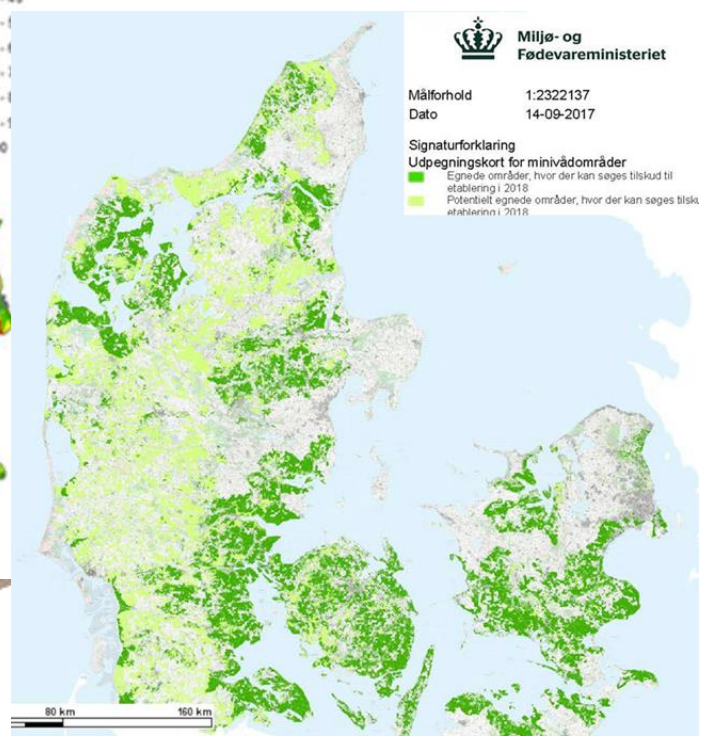
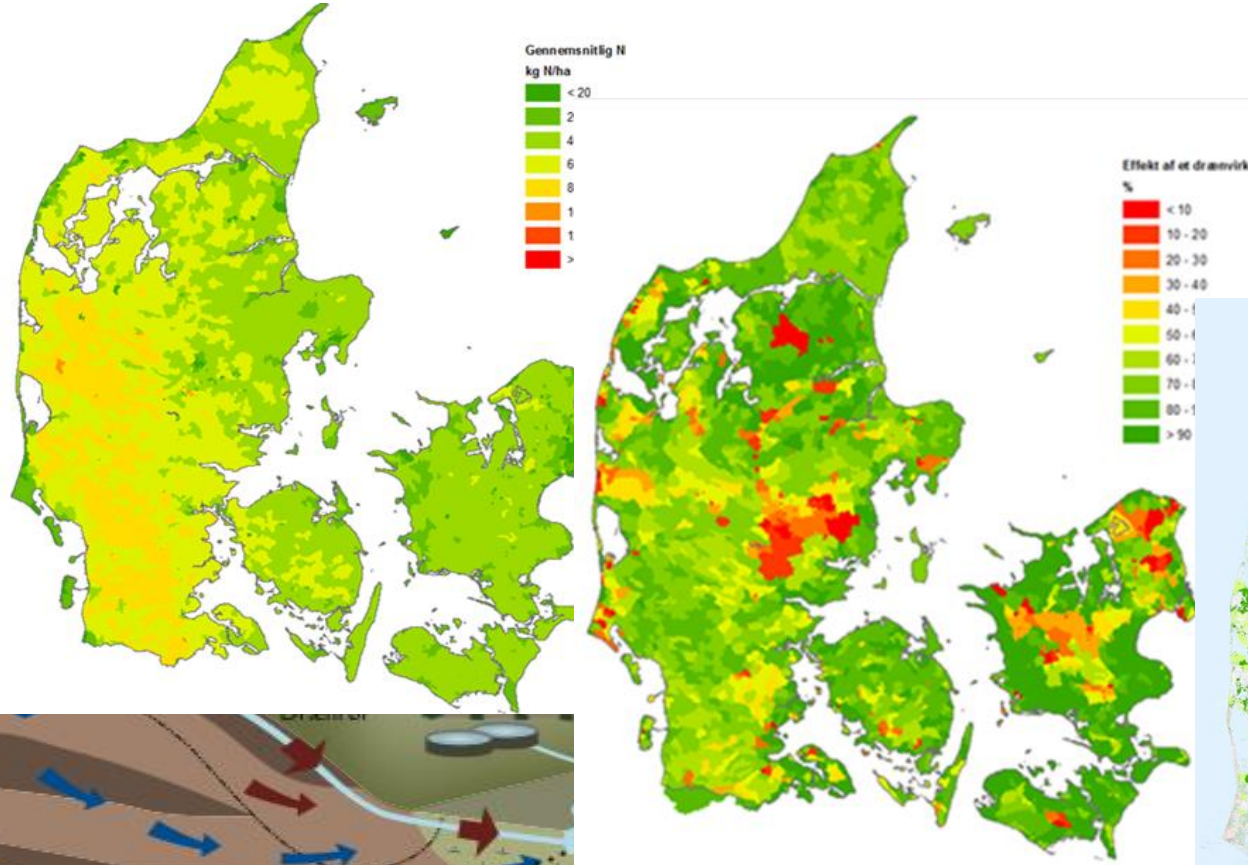
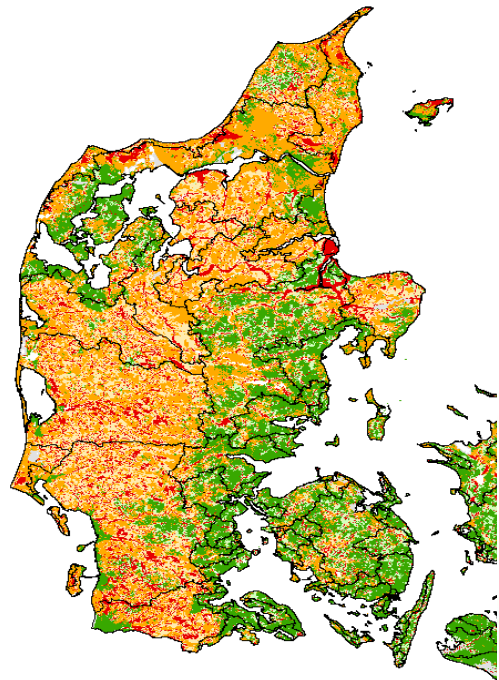
1. Reduktionskrav ved kyst
2. Arealernes egnethed (drænaforstrømnings dominerede)
3. **Kvælstoftab via dræn**
4. Kvantitativ effekt på kystbelastningen



N-reduktion i overfladevand fra 0-100%



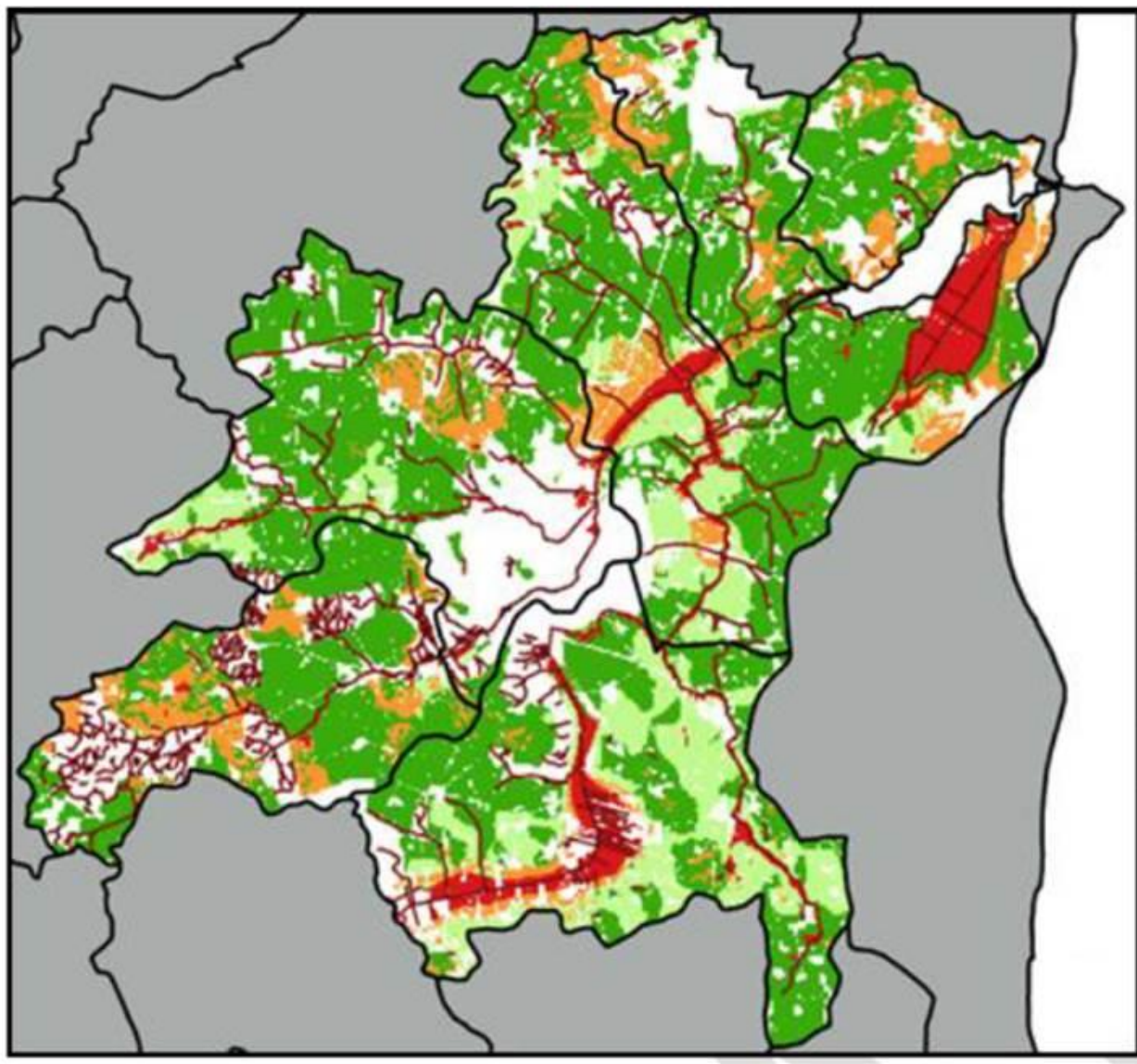
# Nationalt udpegningskort for drænvirkemidler



- SEGES**
- Lavpermeabelt lag
  - Grundvandsmagasin
  - Ådalsmagasin
  - Redoxgrænse
  - ... Partikler
  - Oxideret
  - Reduceret



## Case: Norsminde Fjord – målrettet indsats



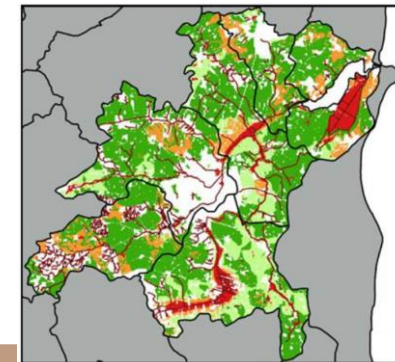
Opland (10.100 ha) med seks ID15 deloplande (1500 ha)

ID15	Egnet CWs (%)	Opland til lavbund-ådal (%)	Lavbund i ådal (%)
43600028	61	4,4	16
43600041	50	33	11
43600042	75	11	2,5
43600043	61	22	6,2
43600051	73	1,1	0,9
43602599	72	5,4	1,1
<b>Total</b>	<b>4.815 (63)</b>	<b>1.224 (16)</b>	<b>541 (7)</b>

Kjærgaard, C., Hoffmann, C.C., Iversen, B.V. 2017. Filtre i landskabet øger retentionen. I: Filtre i landskabet, Vand & Jord, nr. 3, s. 106-110

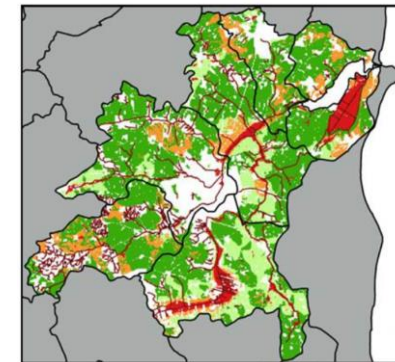


## Case: Norsminde Fjord – målrettet indsats



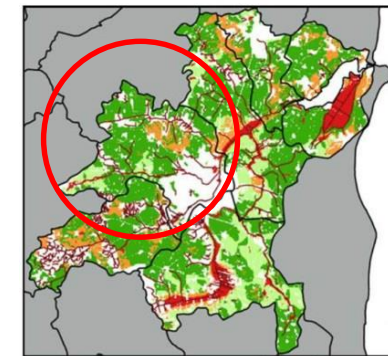
Virkemiddel	Position i landskabet	Areal krav (% af drænopland)	N-red. eff (%)	P-ret. eff (%)
Lavbund ådal / vådområde	Lavbund ådal	10*	20-100	Risiko-vurdering
Minivådområde – overflade strømning	Opland	1	20-30	30-80
Matrice-minivådområde	Opland	0,2-0,25**	50-70**	N.A.

# Case: Norsminde Fjord – målrettet indsats



Viremiddel	Oplands-areal	Virke-middel	Årlig N-effekt		Virkemiddelpotentiale	
			Ton N/år	Kg N/ha	Ton N/år	Ton P/år
Baseline	7.500	7.500	-	-	173	4,7
Lavbund ådal	1.224	122	18-35	148-287	18-35 (N-red. 10-20%)	Risiko vurdering
Minivåd område	4.815	48	51	1.063	69-86 (N-red. 40-50%)	1.9-2.4 (43-54%)
Matrice-minivåd.	4.815	12	95	7.917	113-130 (N-red. 67-75%)	N.D.

# Case: Norsminde Fjord – målrettet indsats



**Delopland (ID15) N-reduktionsmål i 2021 = 2.594 kg N/år**

- Beregning for et ID15 delopland (1500 ha) med 70% landbrug (1050 ha)
- Gennemsnitlig N-udvaskning fra rodzonen ~60 kg N/ha og gennemsnitlig N-retention på 62%

Virke-middel	N-reduktions mål (kg N/år)	N-effekt rodzonen (kg N/ha/år)	N-effekt på kyst (kg N/ha/år)	Areal krav (ha)	Omkostning (€/ha/yr)	Omkostning for et ID15 €/år
Efterafgrøder	2.594	30	11.4	<b>228</b>	94	21.319
Udtagning	2.594	50	19.0	<b>137</b>	535	73.092
SF-CW	2.594	14	6.75	<b>3.84</b>	87*	33.433
Bioreaktor	2.594	27	13.5	<b>0.38</b>	51**	9.773

\*Construction cost depreciation in 10 years

\*\* Constuction cost depreciation in 5 years (not including new supply of woodchips every 5 years)

Tak for interessen & tålmodigheden 😊

Photo surface-flow constructed wetland: Carsten Søbog