

Det døende hav langs Østjylland - hvordan gør vi
det levende igen?

Stiig Markager

Professor, Institut for Ecoscience, Aarhus Universitet

Stiig Markager

Professor i biogeokemi og marin økologi på Aarhus Universitet

Forskningsemner:
algers vækst
lys
eutrofiering
klima
biogeokemi





Foto: Jan Henningsen



Foto: Jan Henningsen



Foto: Jan Henningsen



Foto: Jan Henningsen

Havets fødekæder er nu reelt brudt sammen

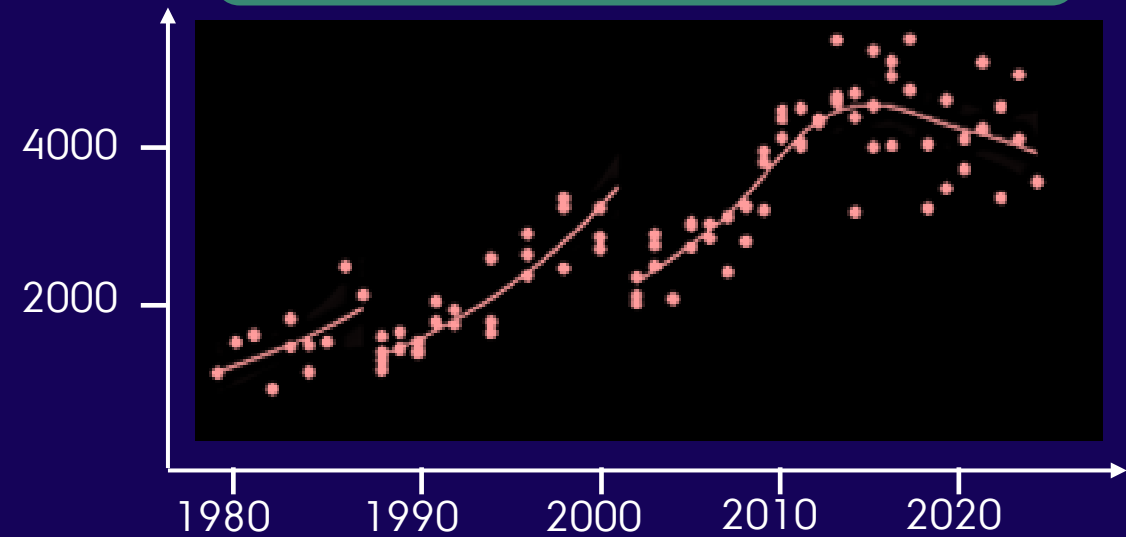


1985



2015

Bestanden af sæler i Kattegat

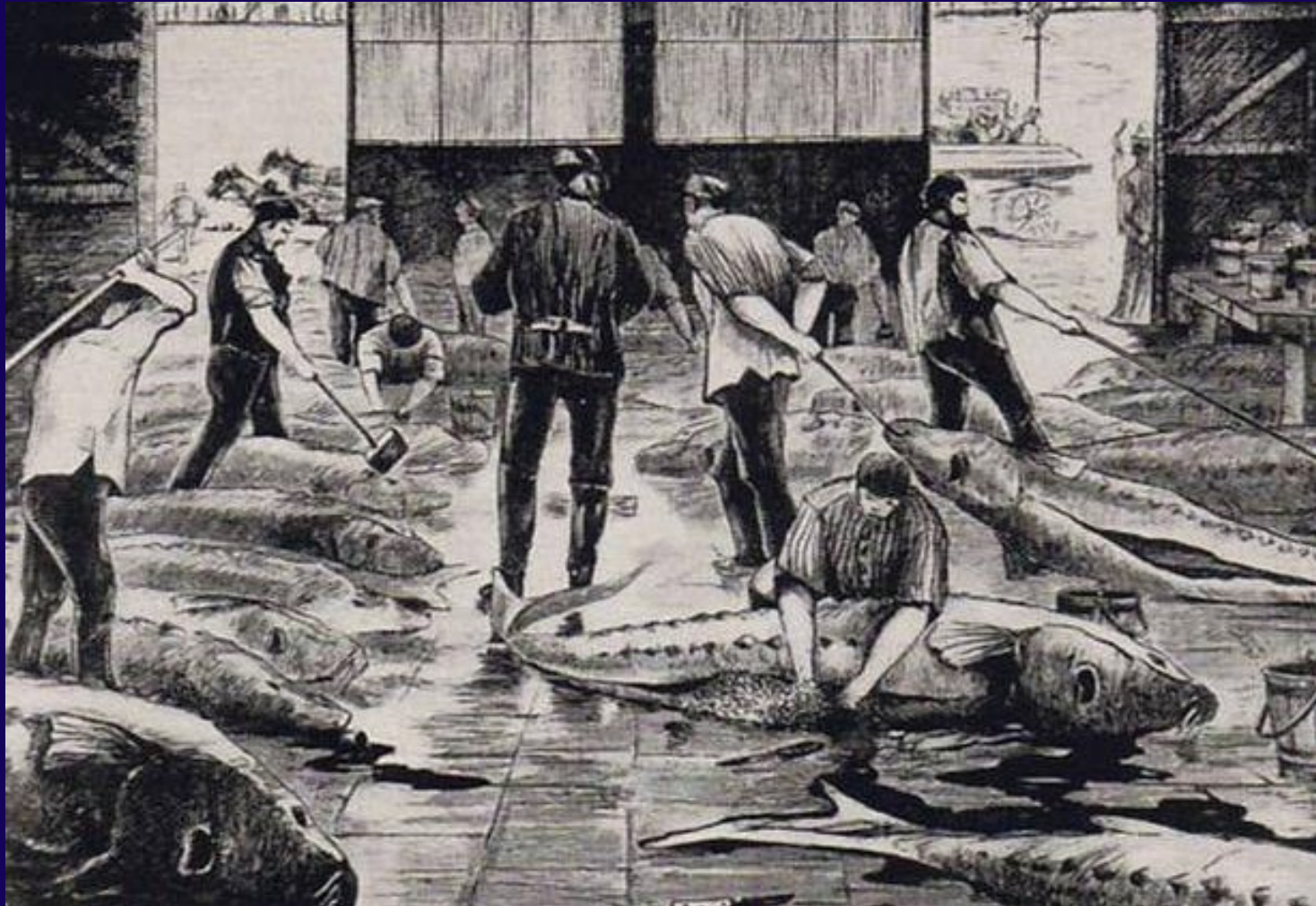


Havet kan godt have bugnet af fisk – store fisk – før i tiden



Overflod af sild i Øresund, tegnet i 1555

Havet kan godt have bugnet af fisk – store fisk – før i tiden

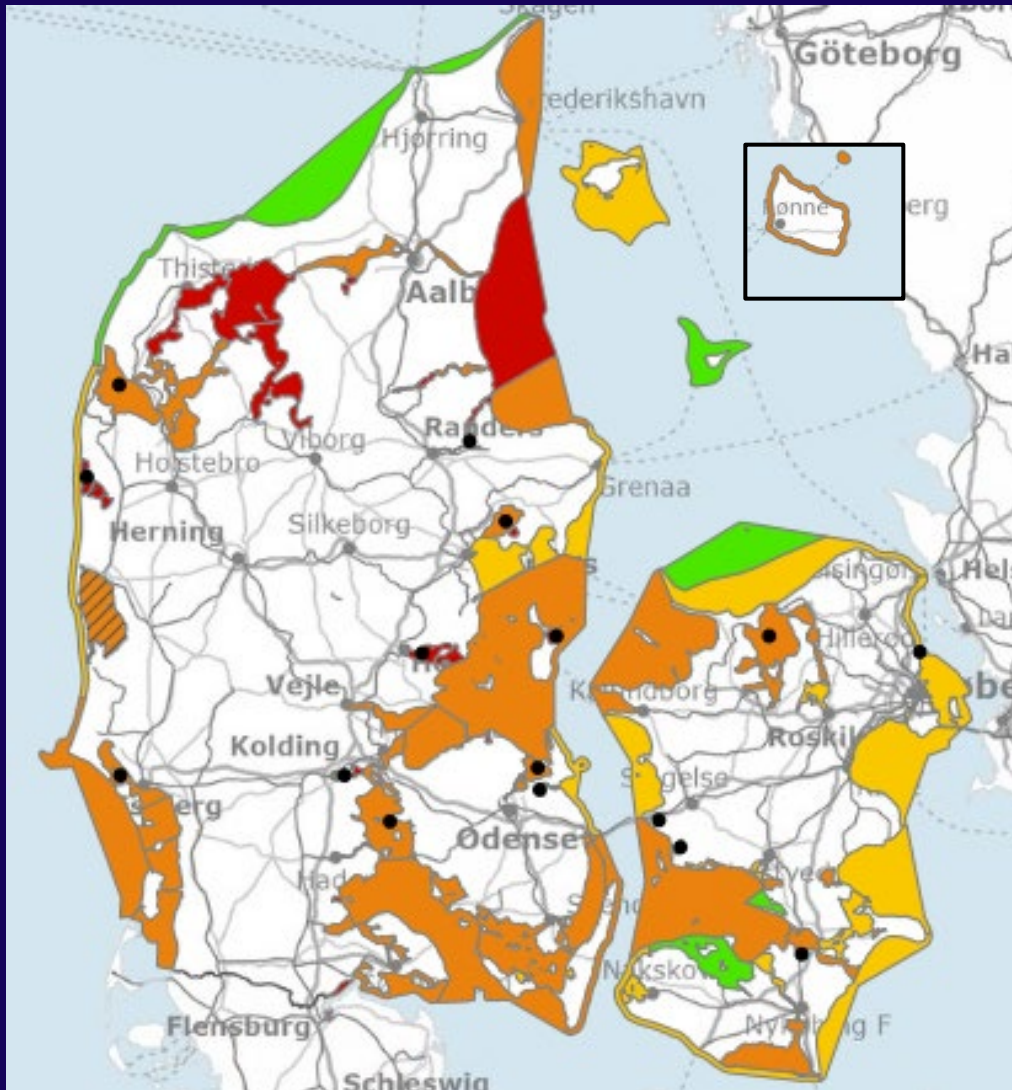


‘Shifting baseline syndrom’

Tegning af fisken stør fra Hamborg
Ca. år 1900

Status for danske vandområder

EU's vandrammedirektiv



Økologisk tilstand:

Høj

Tæt på upåvirket af menneskelig aktivitet

God

Acceptabelt, men vi kan gøre det bedre

Moderat

Overskueligt problem

Ringede

Problem

Dårlig

Økosystemet er kollapse

Hvordan er vi endt her?

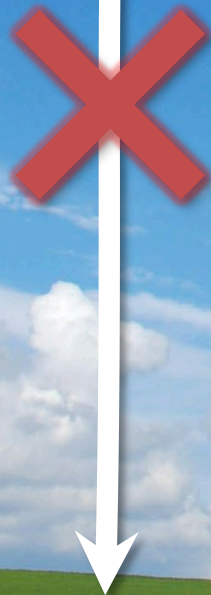
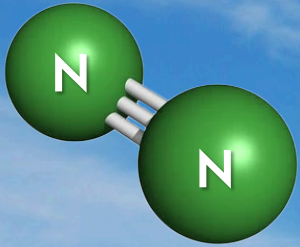


N
Kvælstof
P
Fosfor



Luften består af 78 % kvælstof, N
...men de fleste planter kan ikke optage det

N_2
Kvælstof (gas)

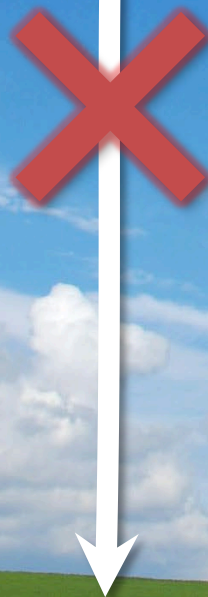
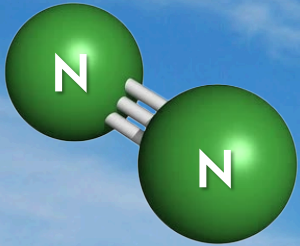


Kvælstof i naturen findes i formerne:

- N_2
- NO_3^- (nitrat)
- NH_3 (ammoniak)
- NH_4^+ (ammonium)
- **N** som organisk bundet – fx i proteiner

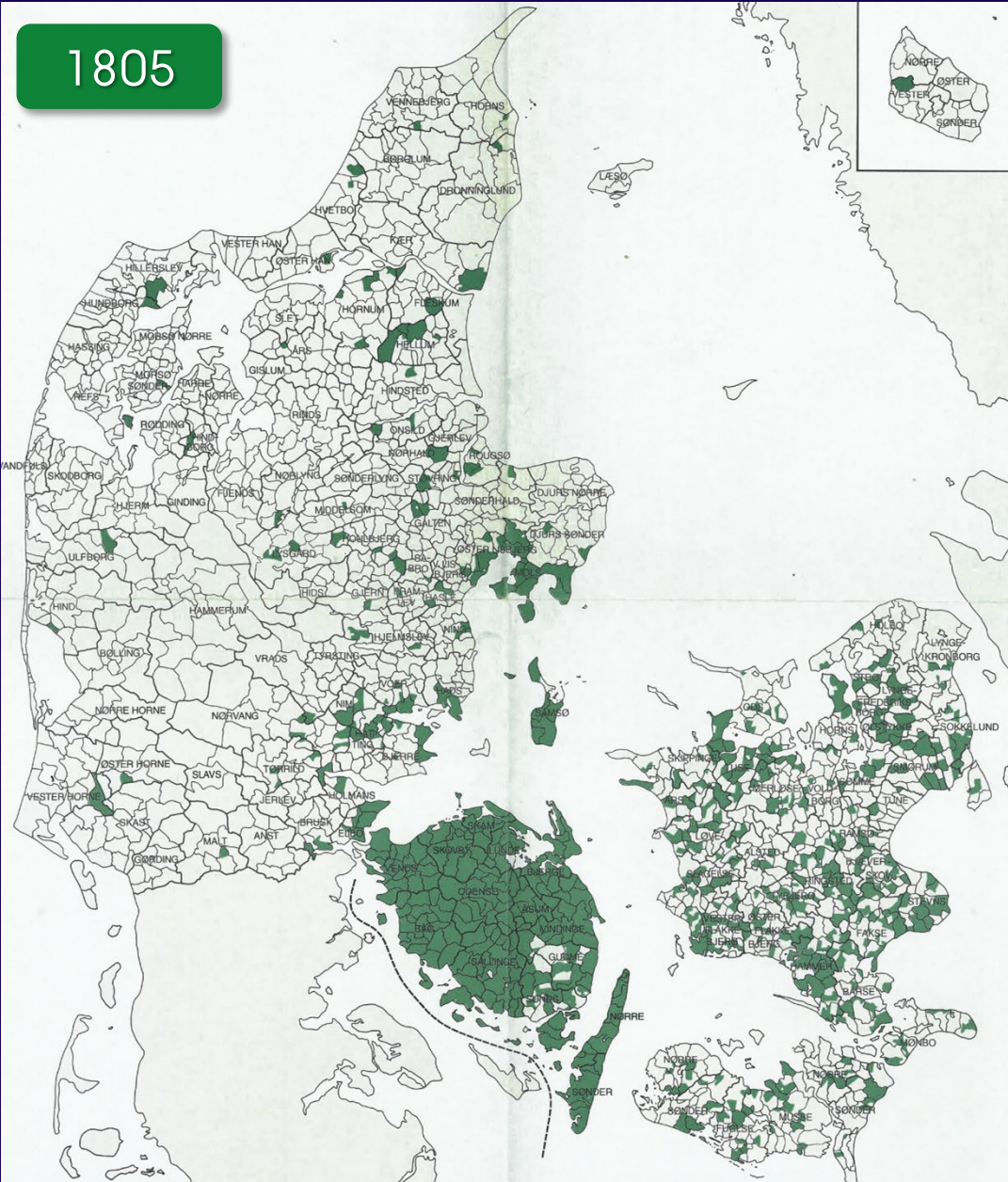
Luften består af 78 % kvælstof, N
...men de fleste planter kan ikke optage det

N_2
Kvælstof (gas)



Kvælstof i naturen findes i formerne:

- N_2
- NO_3^- (nitrat)
- NH_3 (ammoniak)
- NH_4^+ (ammonium)
- N som organisk bundet – fx i proteiner



Planten kløver kan selv
indsamle kvælstof
fra atmosfæren

Den blev indført
som afgrøde i
landbruget i
1700-tallet.



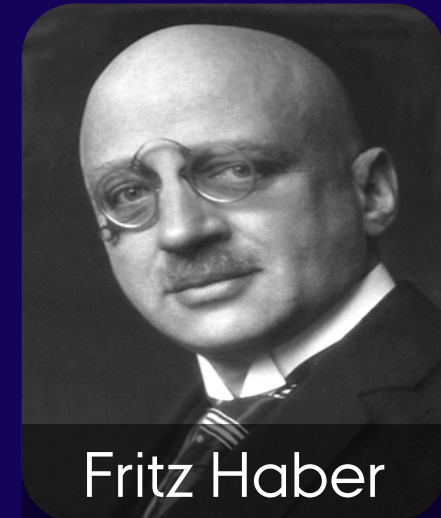
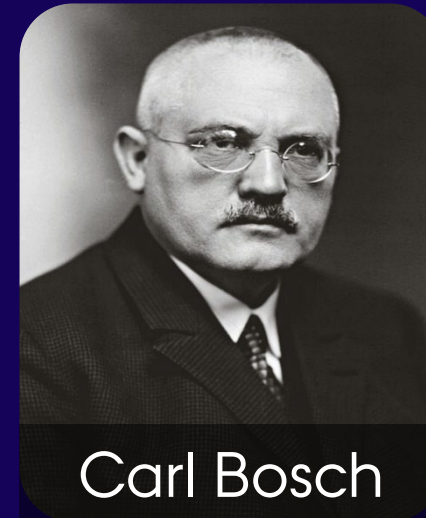
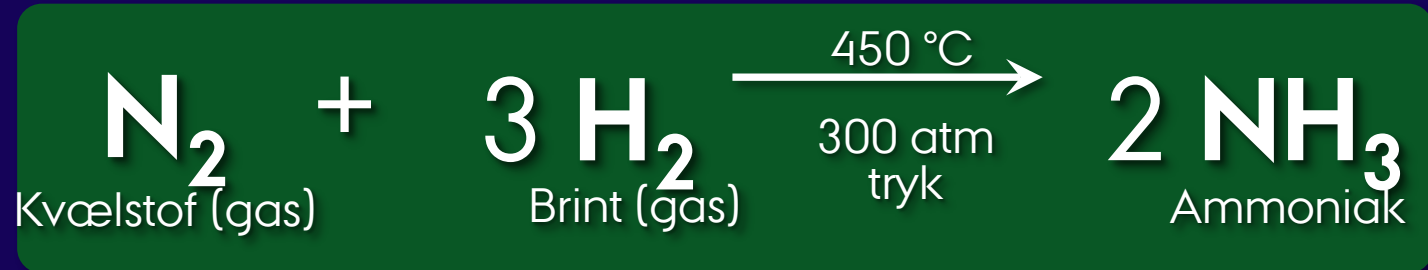
Hvid kløver

'Den danske
Revolution 1500-
1800'

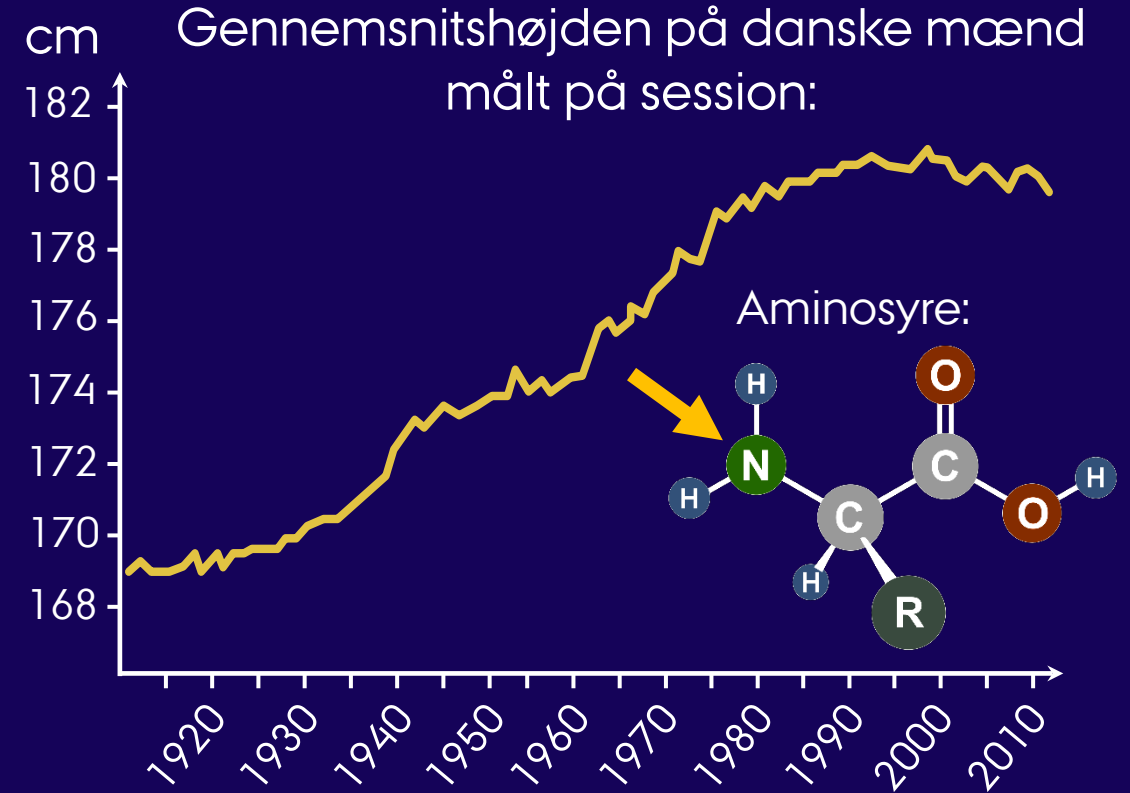
Thorkild Kjærgaard
Gyldendal 1991

1909: Industriel produktion af kunstgødning opfindes

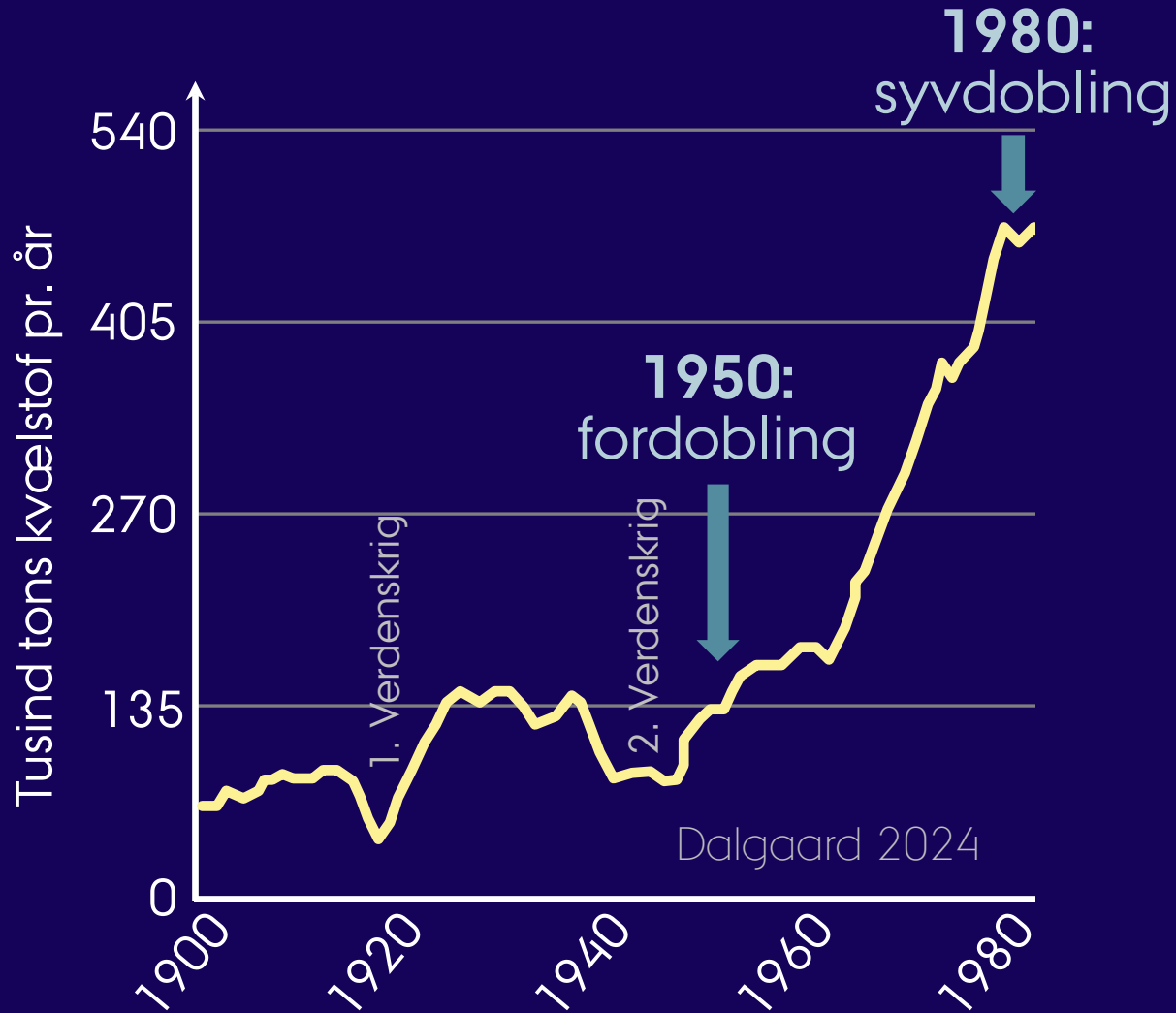
Haber-Bosch processen



Opfindelse af kunstgødning giver overskud af kvælstof i landbruget



Betydning for kvælstofoverskuddet i dansk landbrug



Menneskelig påvirkning af klodens stofomsætning

Overgødning



Klimaforandringer



Menneskelig påvirkning af klodens stofomsætning

Millioner tons per år for hele kloden

Stof	Naturlig omsætning	Menneskeskabt omsætning	Menneskets indflydelse på klodens stofomsætning
Kulstof, C	61.000	8.000	+ 13 %
Kvælstof, N	130	140	+ 108 %
Fosfor, P	3	12	+ 400 %



Kvælstof, N



Det danske landskab er badet i kvælstof. Det former hele landskabet og forringer biodiversiteten.

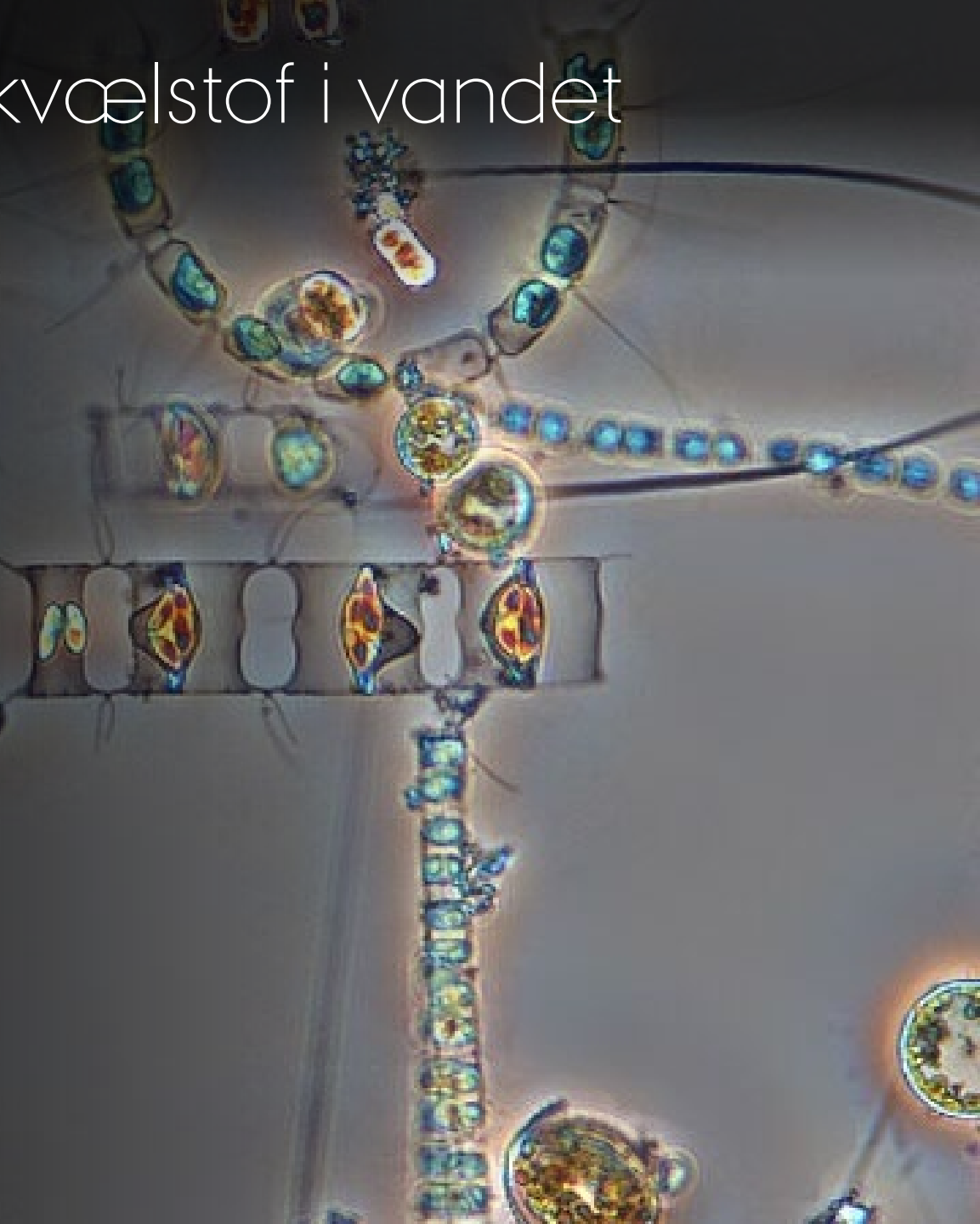
Alger vokser hurtigt når der er kvælstof i vandet



Med kvælstof



Uden kvælstof

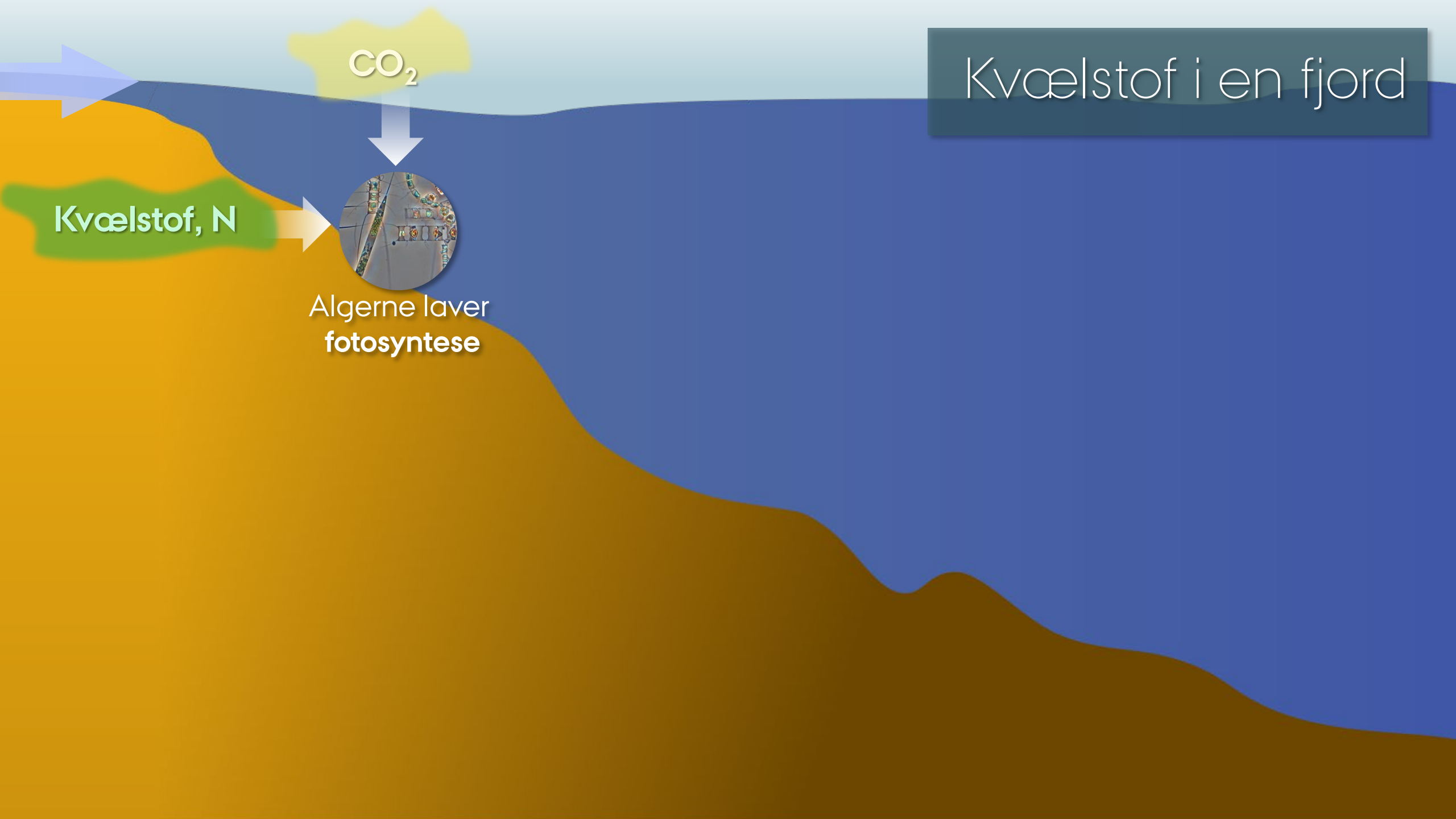


Kvælstof i en fjord



Å-udløb til en fjord

Kvælstof i en fjord

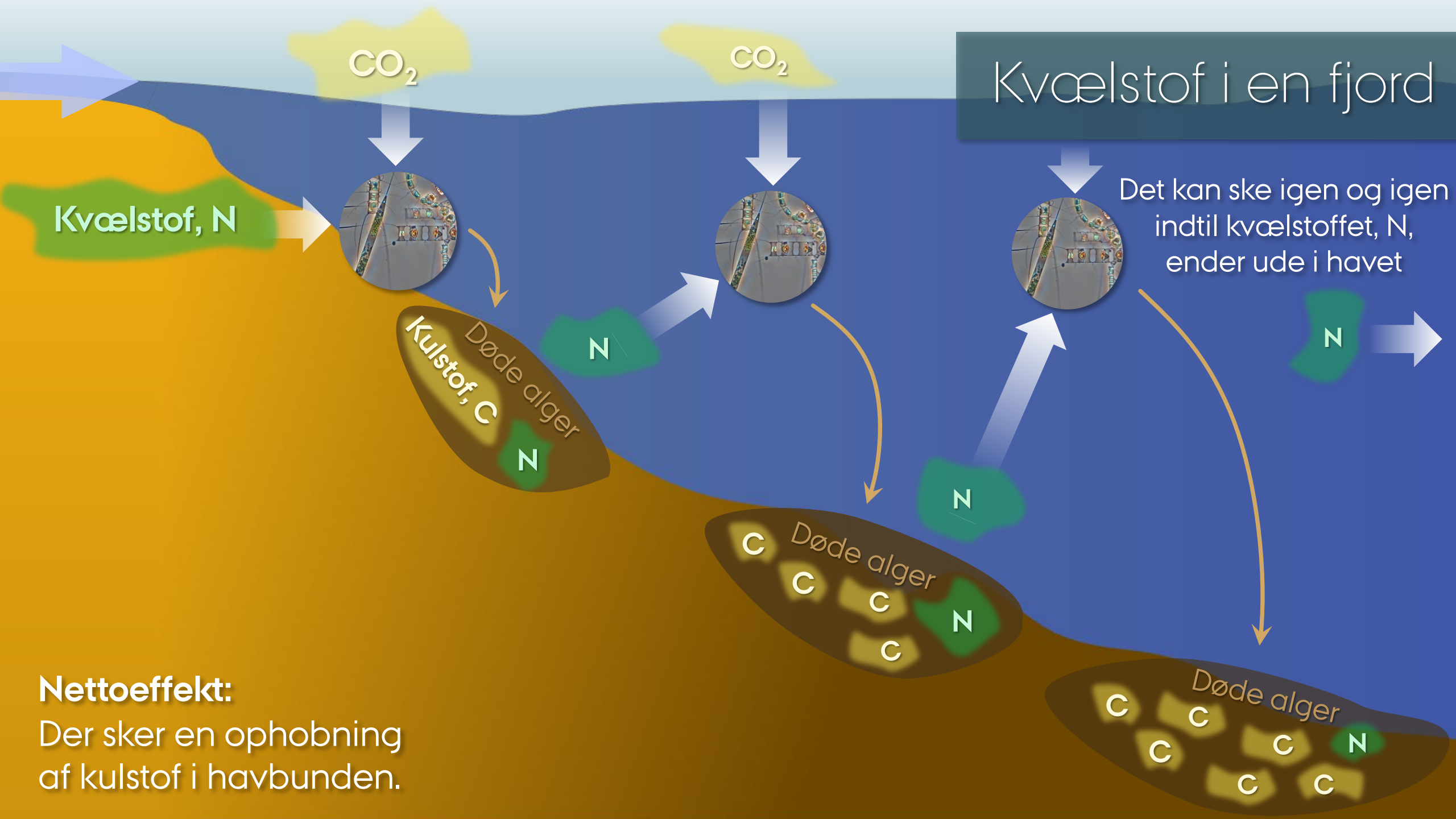


CO_2

Kvælstof, N

Algerne laver
fotosyntese

Kvælstof i en fjord



Kvælstof, N

CO_2

CO_2

Det kan ske igen og igen indtil kvælstoffet, N, ender ude i havet

Døde alger
Kulstof, C
N

Døde alger
C
C
C
C
N

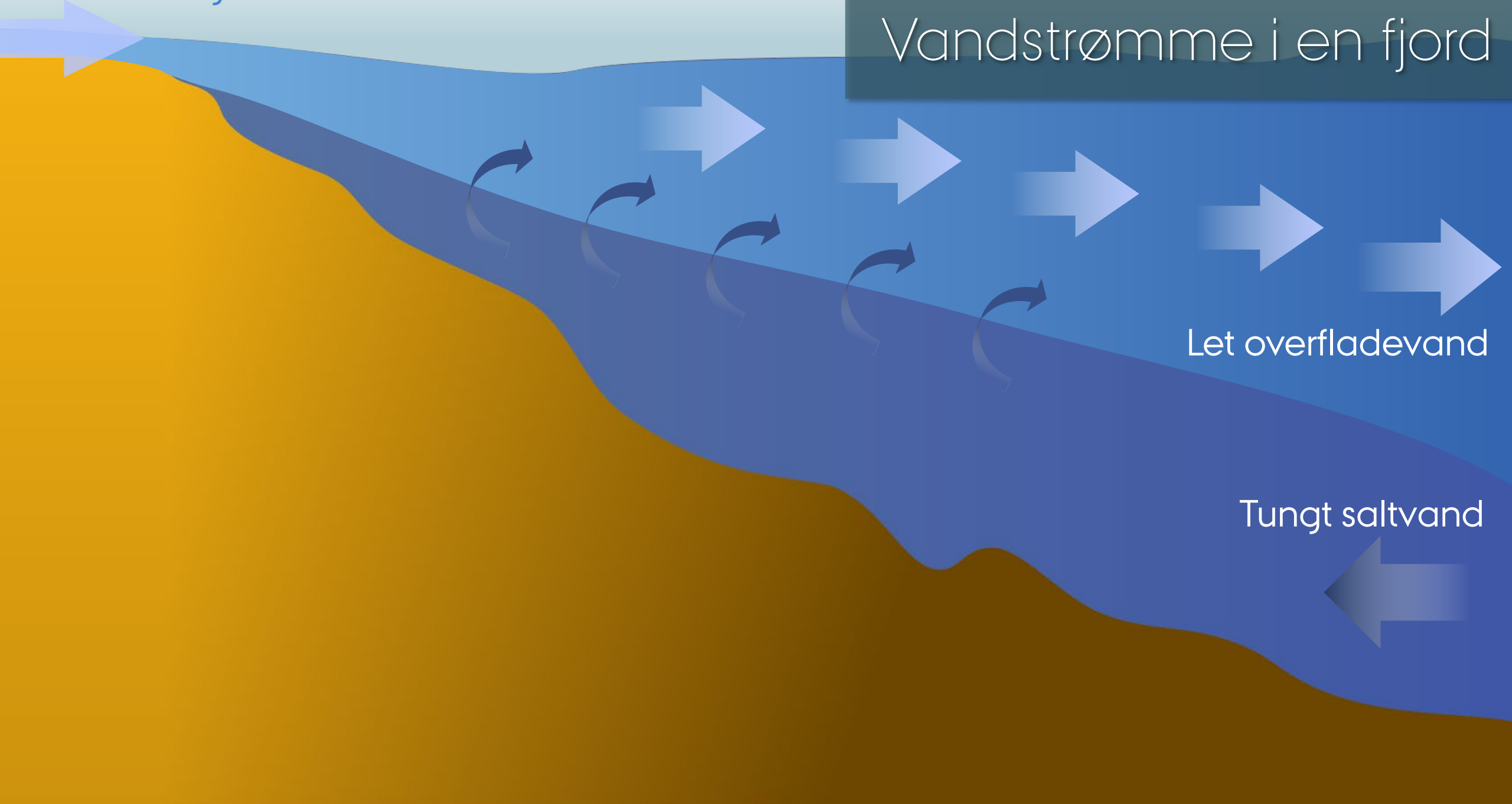
Døde alger
C
C
C
C
C
N

Nettoeffekt:

Der sker en ophobning af kulstof i havbunden.

Udstrømning af let ferskvand

Vandstrømme i en fjord

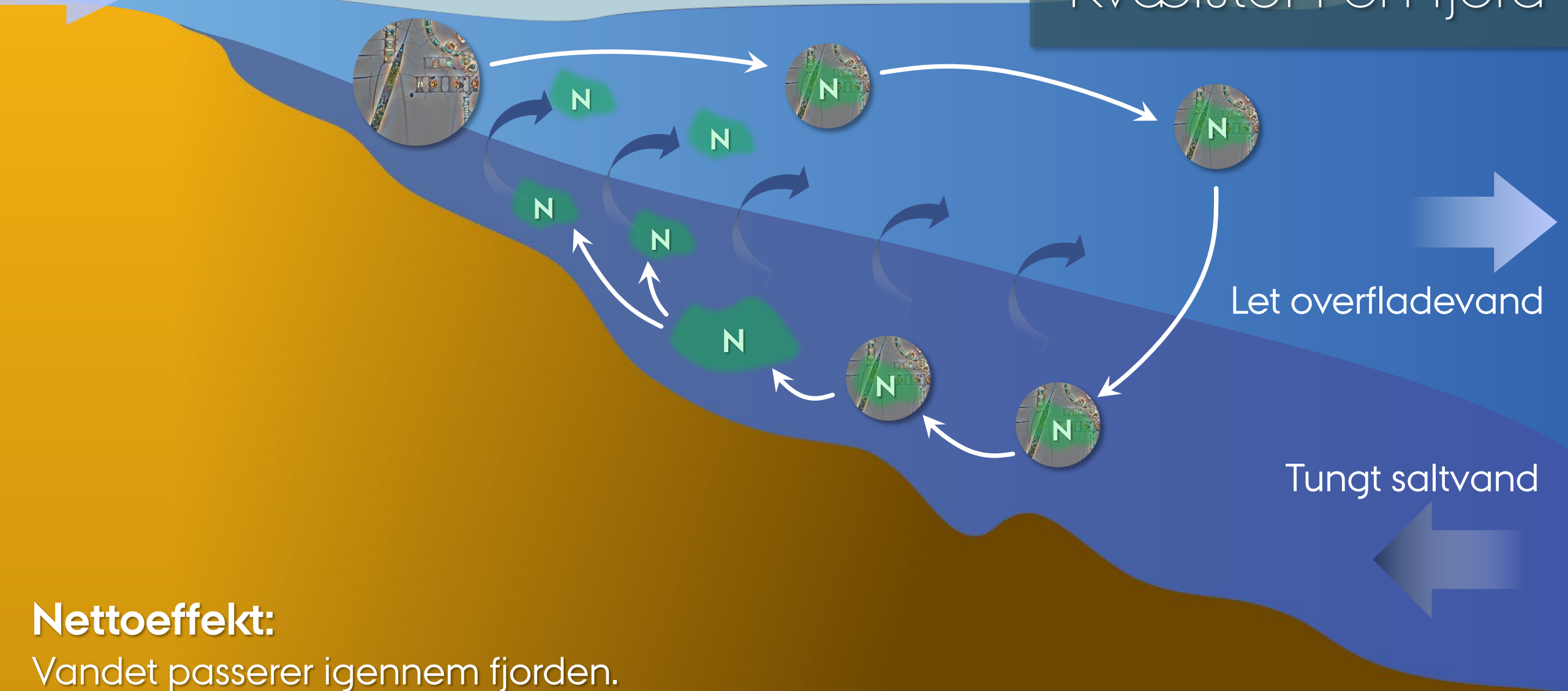


Let overfladevand

Tungt saltvand

Udstrømning af let ferskvand

Kvælstof i en fjord



Let overfladevand

Tungt saltvand

Nettoeffekt:

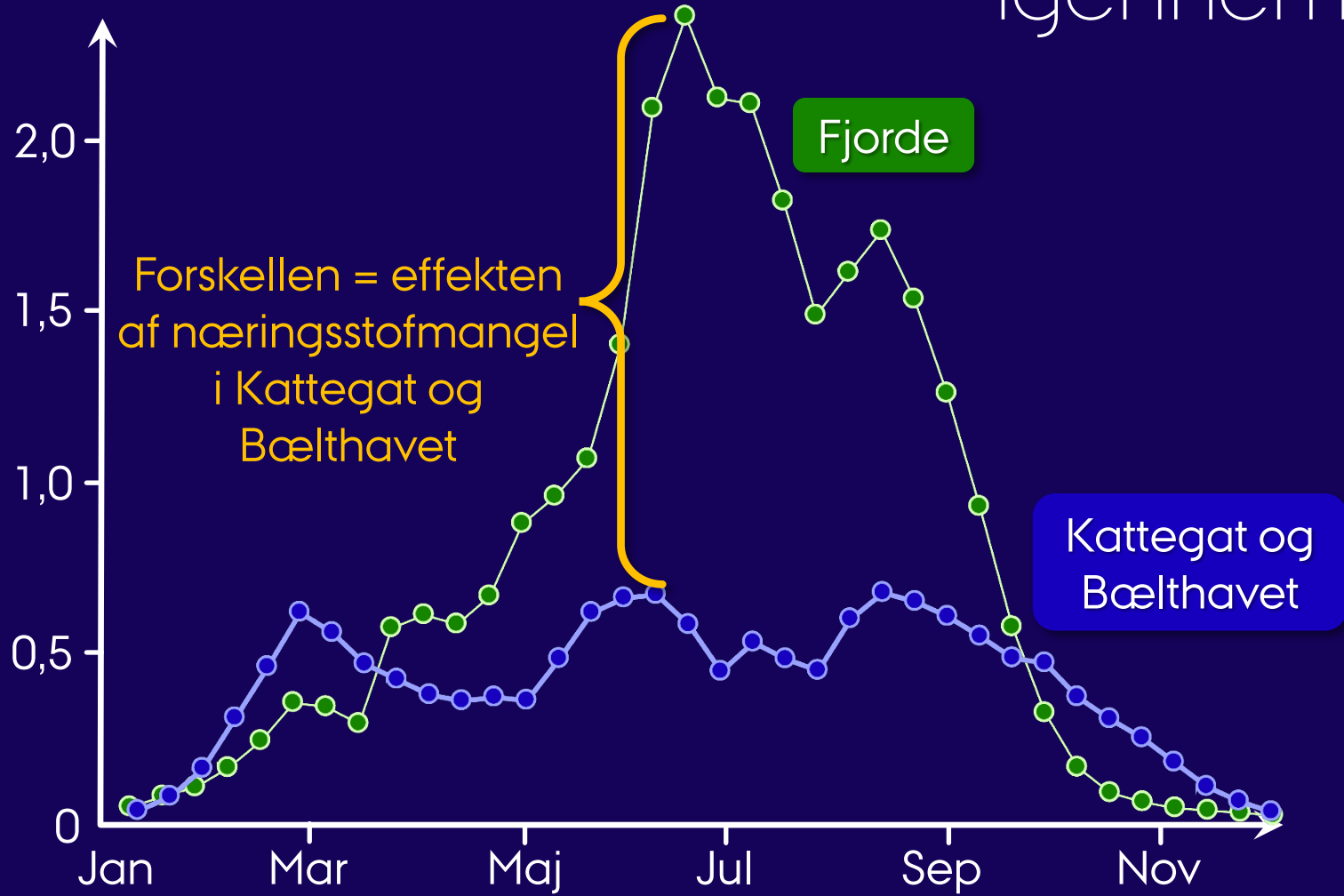
Vandet passerer igennem fjorden.
Næringsstoffer bliver i fjorden.

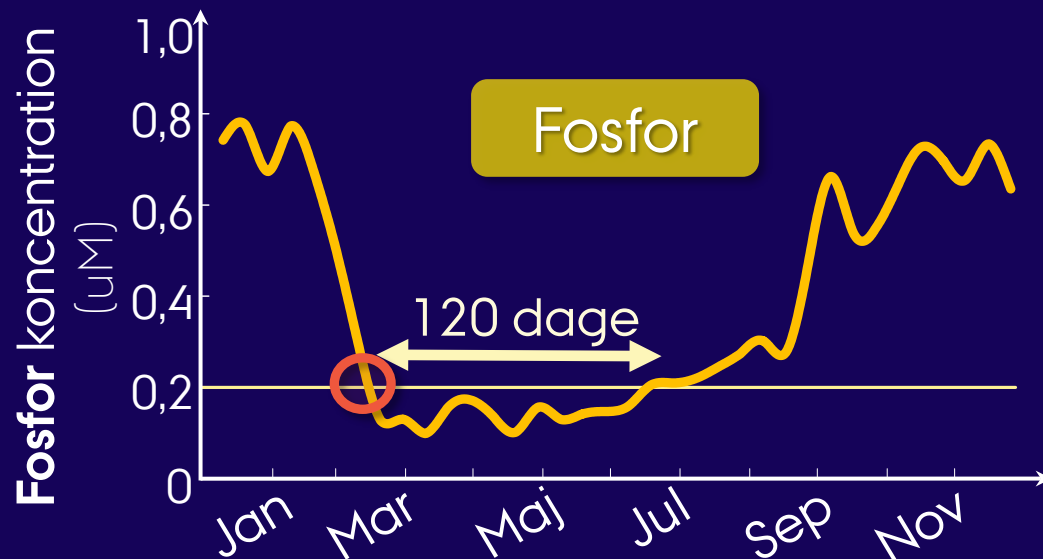
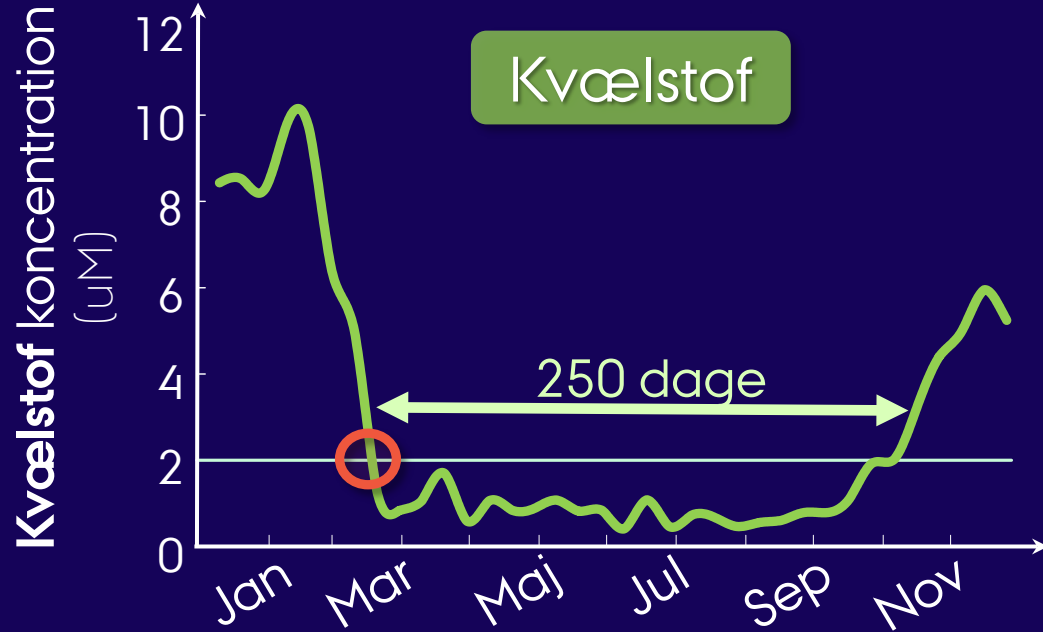
Video fra bunden af Limfjorden

Algevækst

i gram kulstof
pr. m² pr. dag = 10 gange mere slam

Hvor hurtigt vokser algerne igennem året?

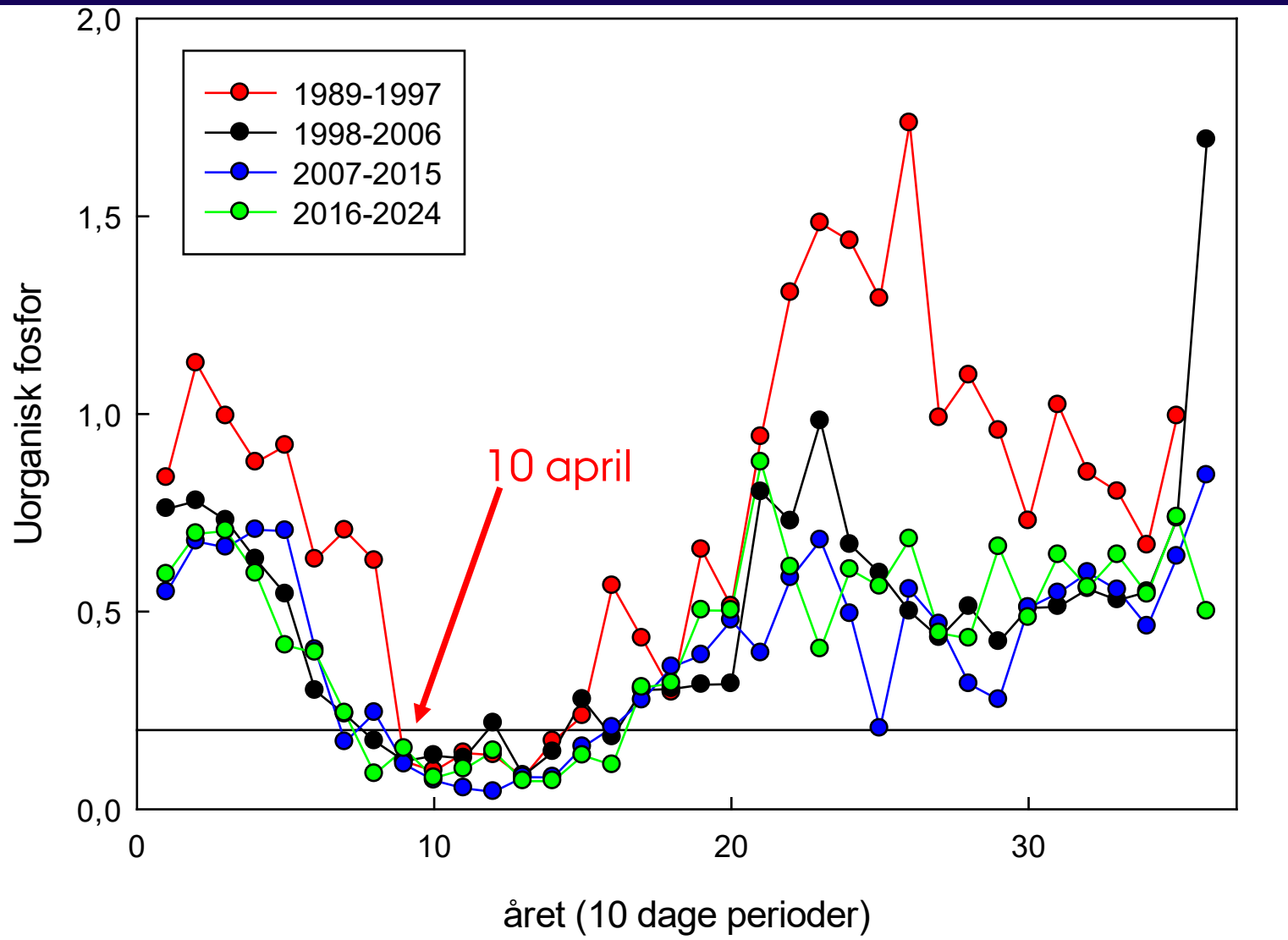




Er det via kvælstof eller fosfor at vi kan begrænse algerne vækst?

Data fra Nordlige Lillebælt, 2015 til 2024

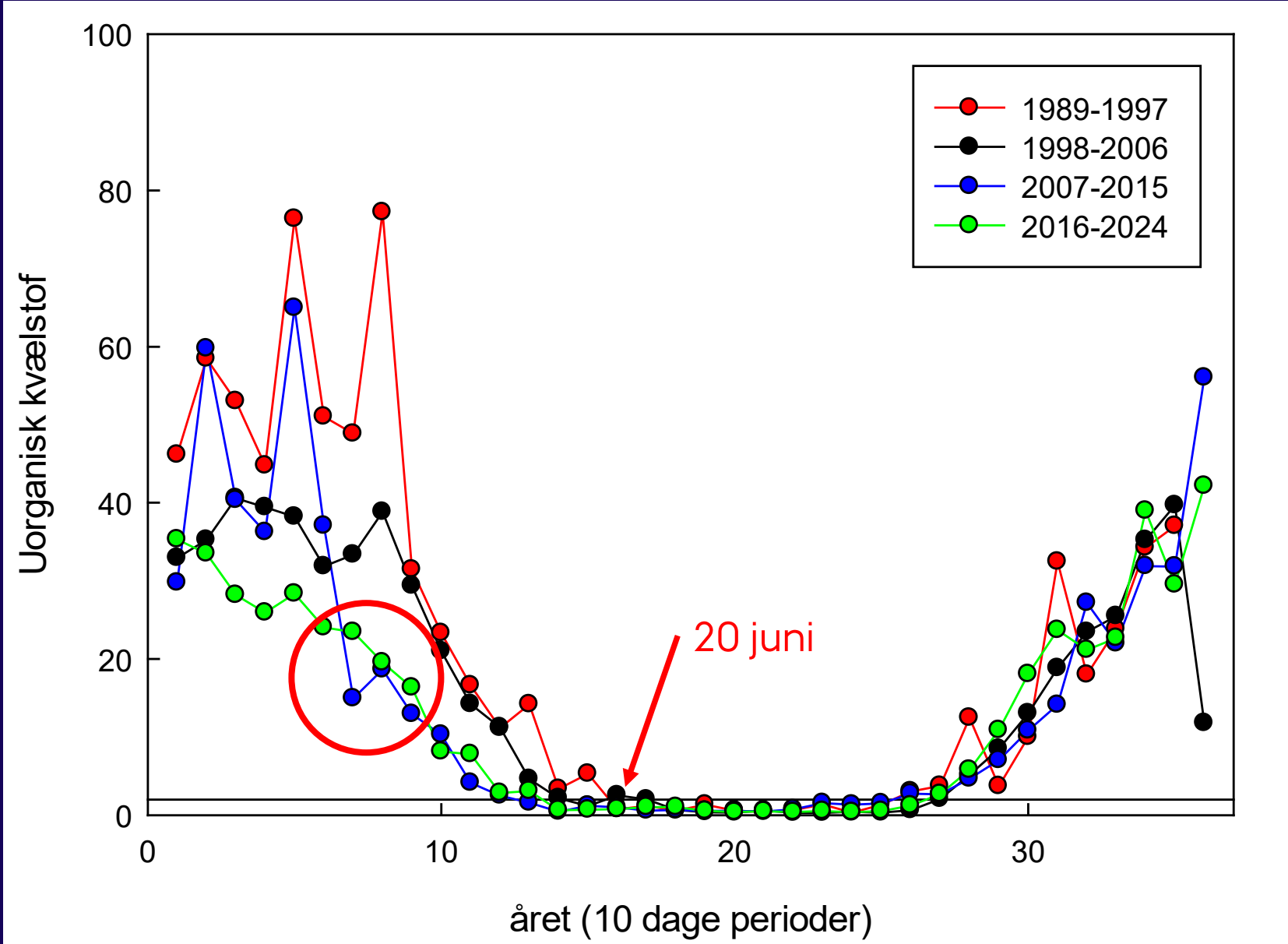
Sæson, uorganisk fosfor, Horsens Fjord



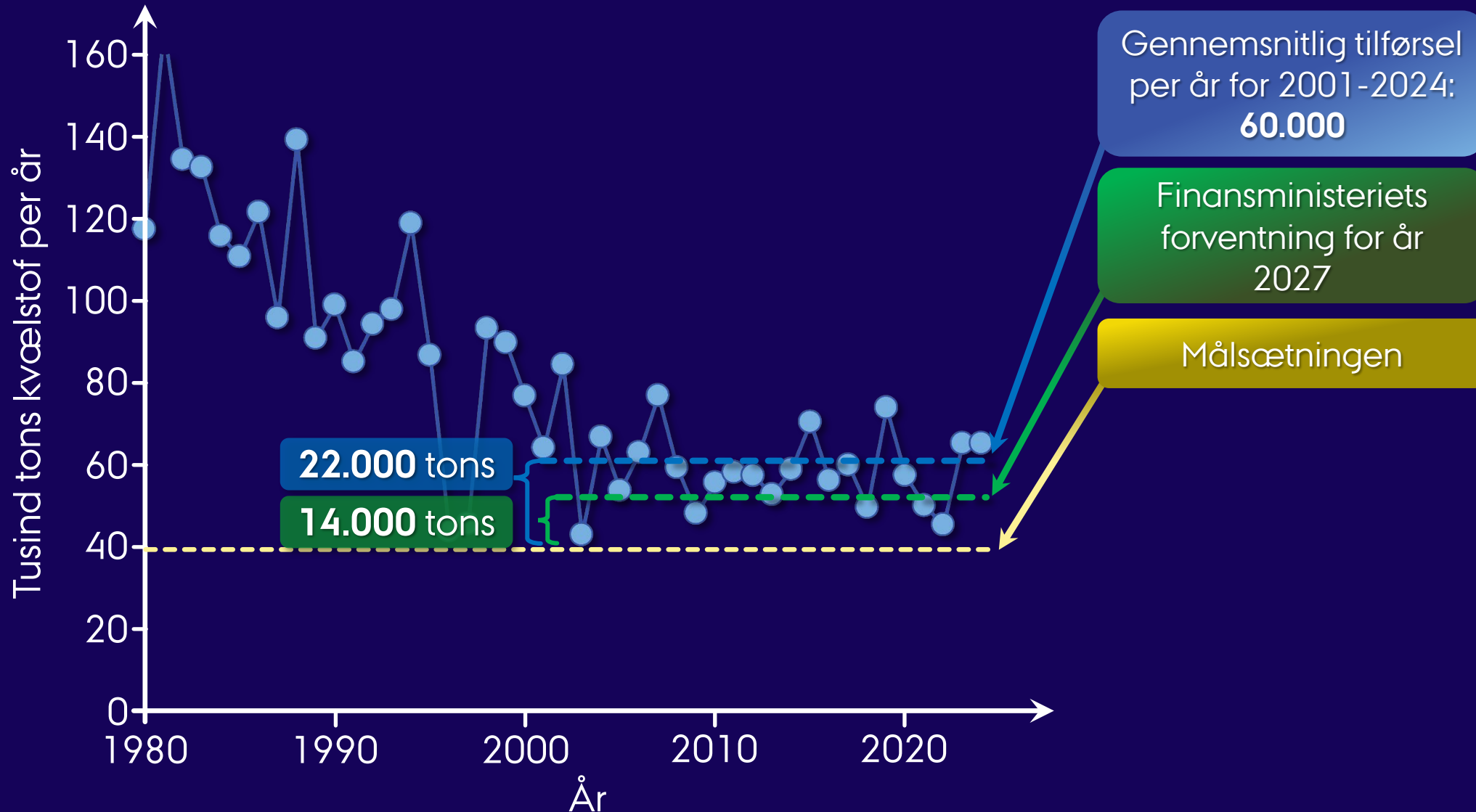
Fosfor-begrænsning
Fra dag 80 = 20. marts
til dag 165 = 15 juni
= 85 dage

Kvælstofbe- grænsning af algevæksten i Horsens Fjord

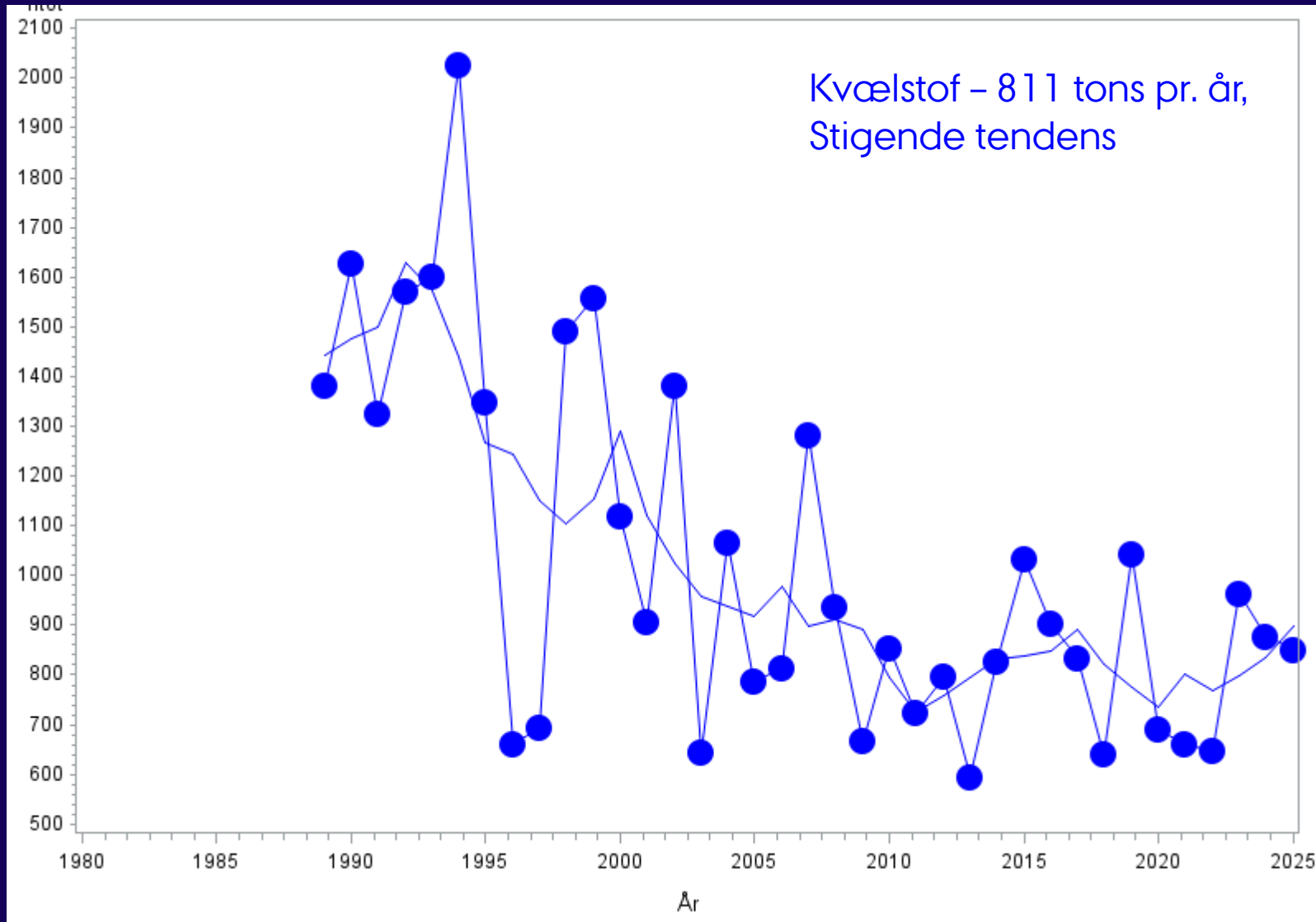
N-begrænsning
Fra dag 120 = 1 maj
til dag 270 = 4. okt.
= 150 dage



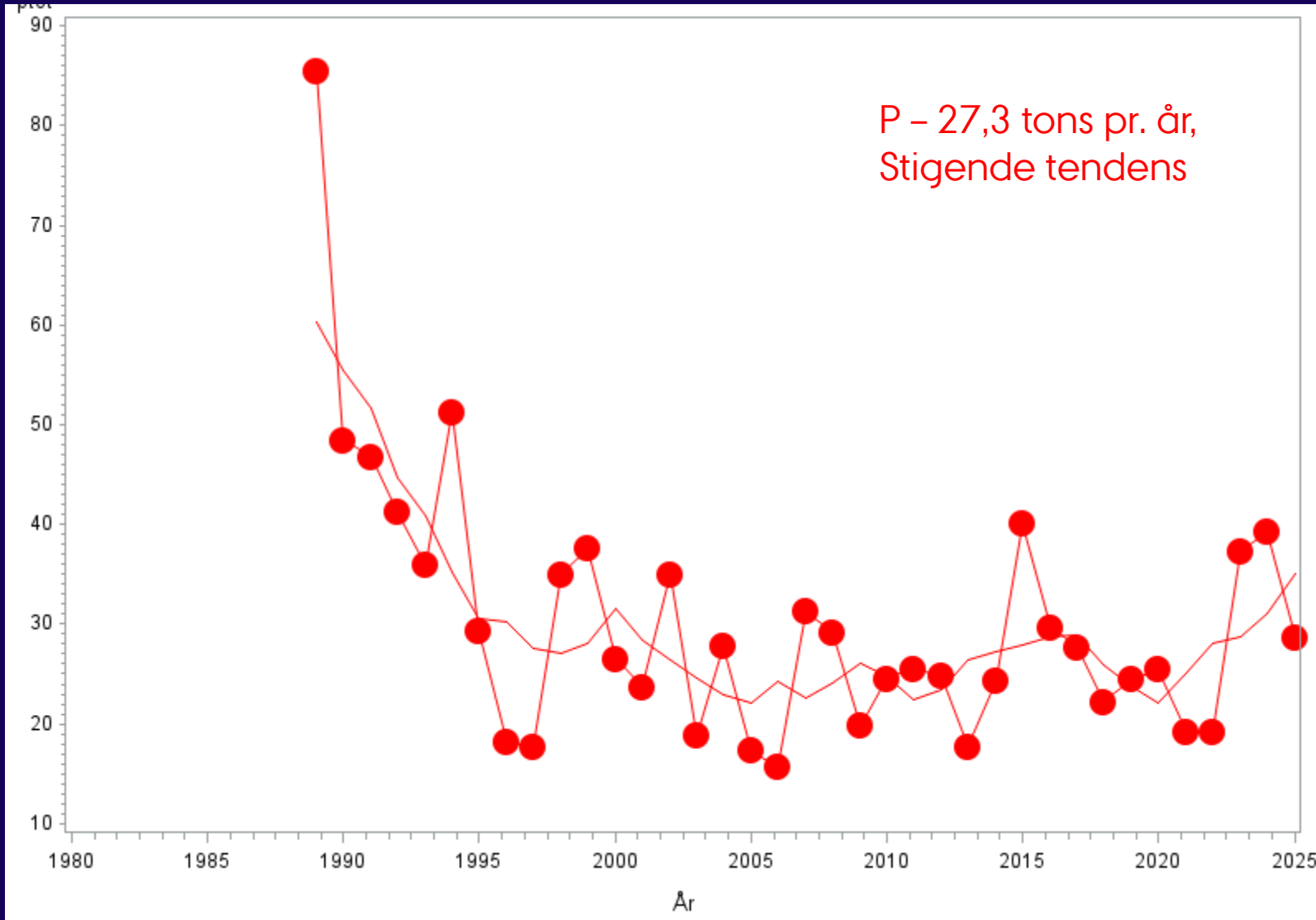
Danmarks udledninger af kvælstof til havet



Tilførsler af kvælstof til Horsens Fjord

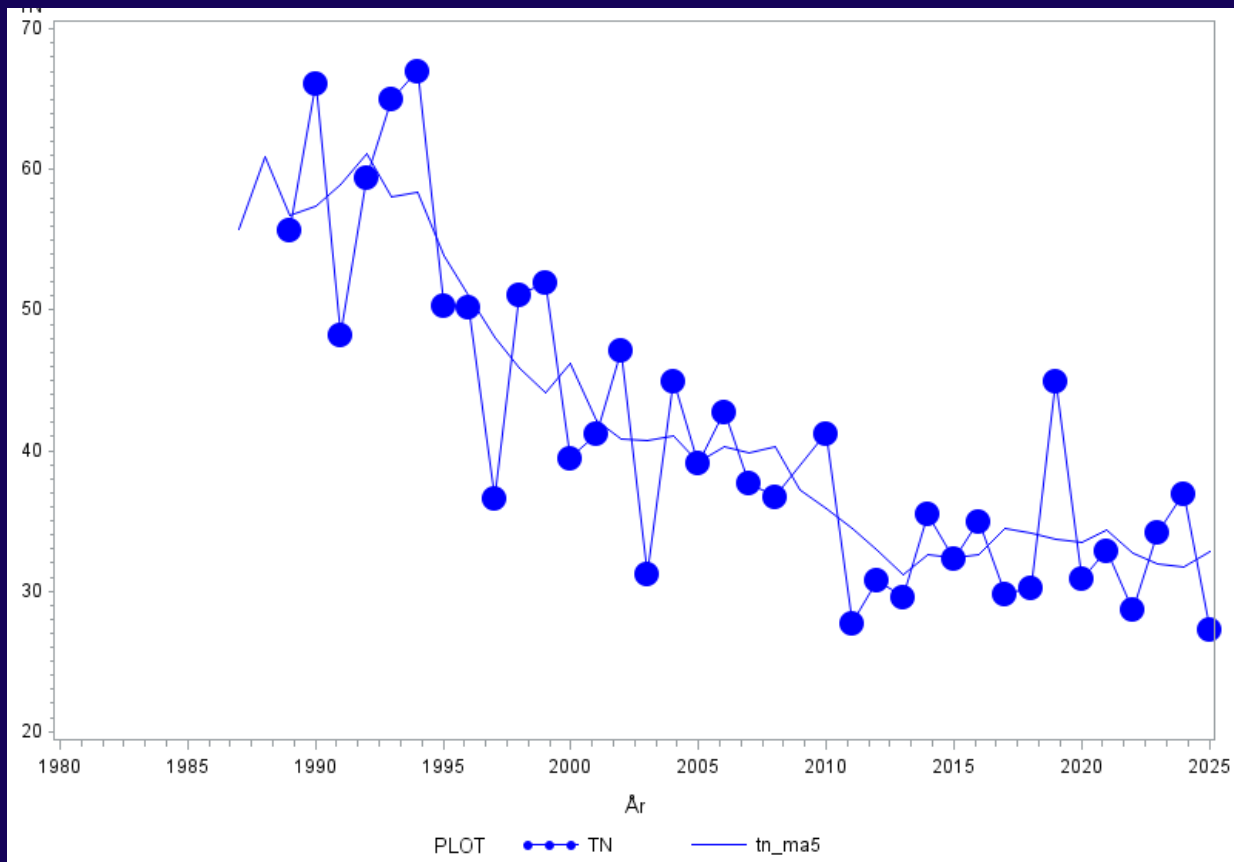


Tilførsler af fosfor til Horsens Fjord

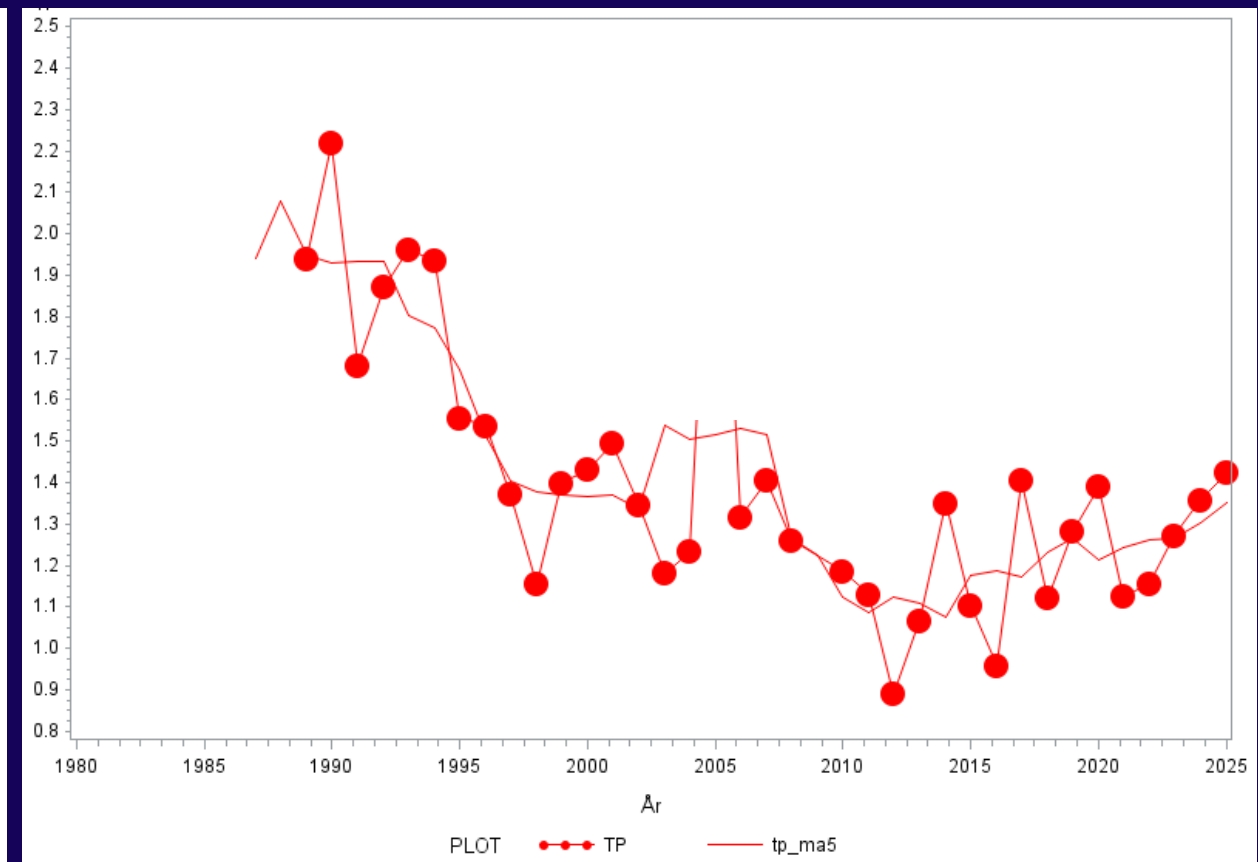


Status Horsens Fjord

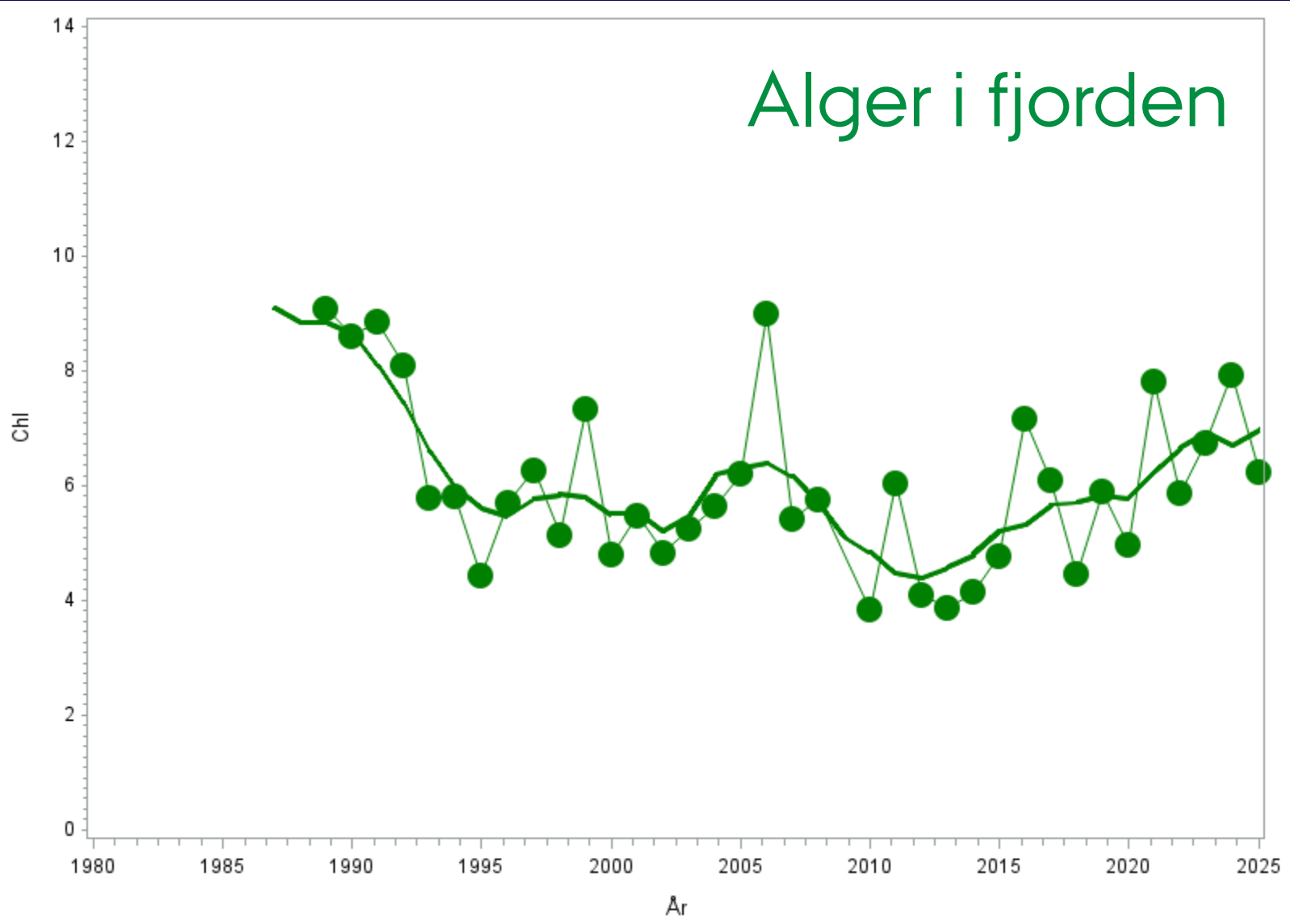
Kvælstof i fjorden



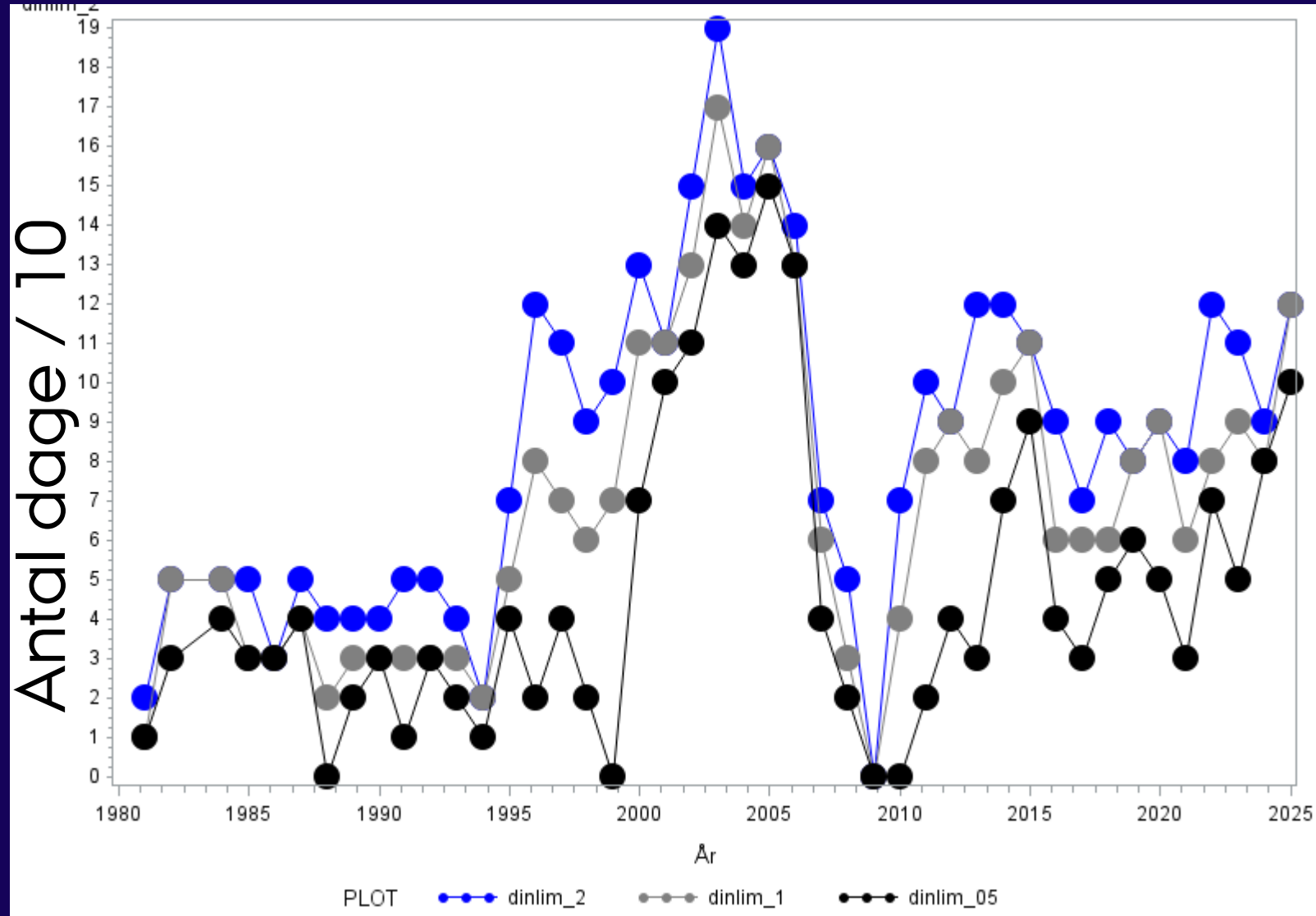
Fosfor i fjorden



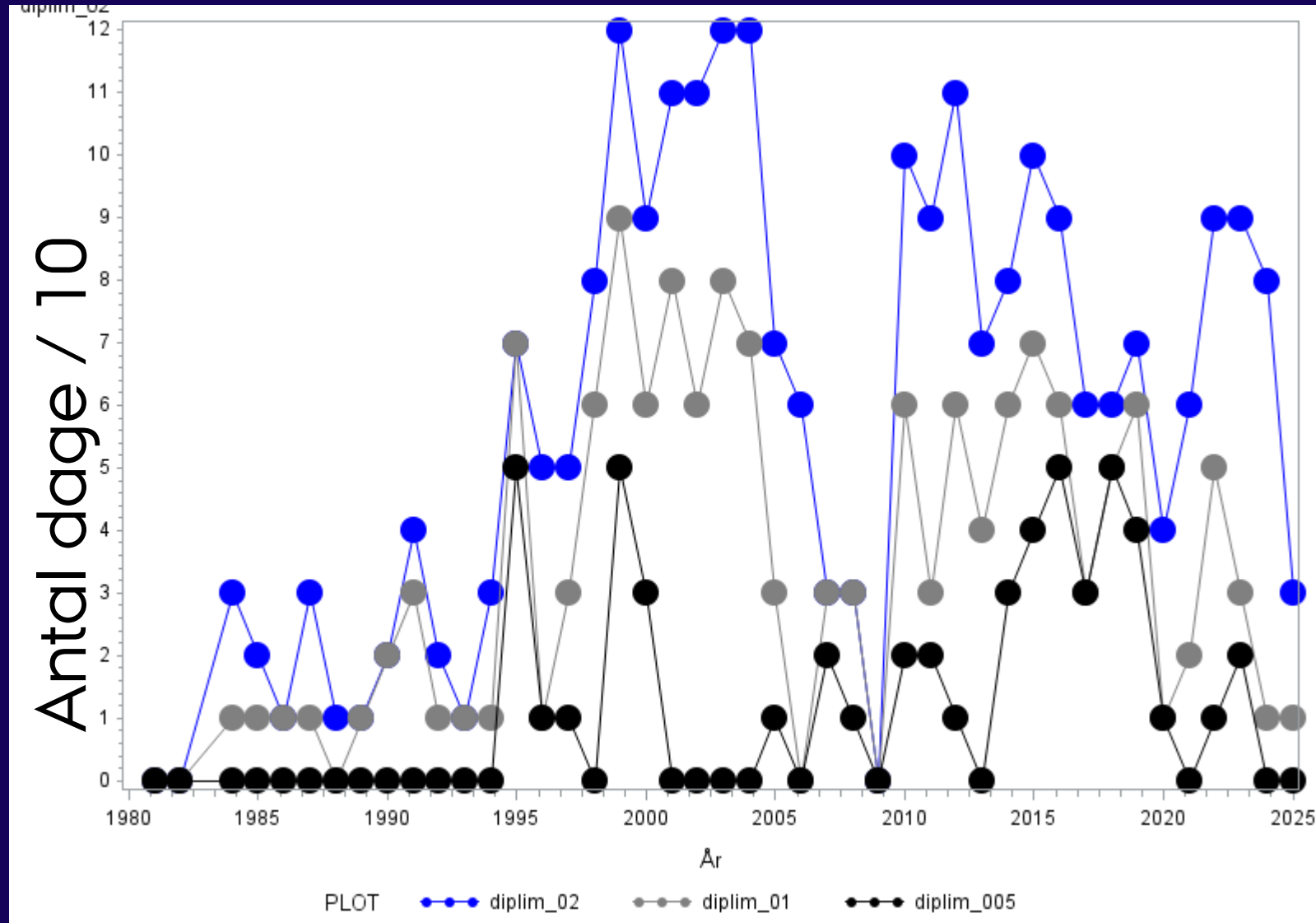
Alger i fjorden



Antal dage med kvælstofbegrænsning



Antal dage med fosforbegrænsning



Løsningen

To løsninger



Bruge mindre gødning?



Tage landbrugsjord ud af drift?

Historisk aftale: Den grønne "trepart"

Fælles erkendelse af at landbruget skal fylde markant mindre i landskabet.

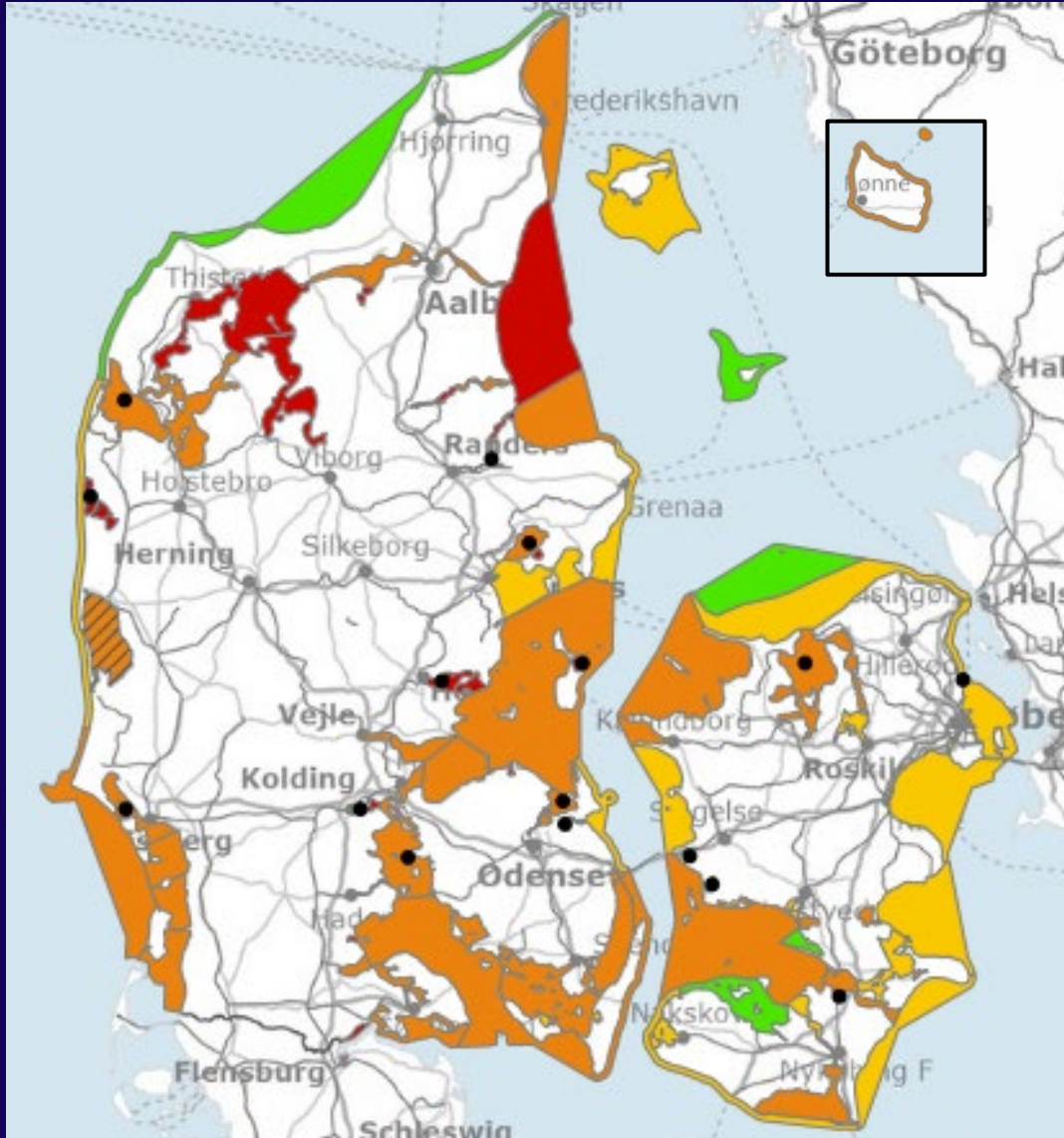
EU's vandrammedirektiv skal overholdes.

Det er kvælstof fra dansk landbrug som er årsag til den dårlige økologisk tilstand i havet.

En reduktion af landbrugets udledninger af klimagasser.



Indholdet af Den grønne trepart



Arealer hvor intensiv landbrugsdrift ophører:

140.000 hektar til klima-lavbund

250.000 hektar til skov

390.000 hektar i alt.

Indholdet af Den grønne trepart



Arealer hvor intensiv landbrugsdrift ophører:

140.000 hektar til klima-lavbund

250.000 hektar til skov

390.000 hektar i alt.

Reduktion på **14.000** tons kvælstof pr. år.

Indsatsbehov for kvælstof fra land

Fjord	Udledning 2027 (tons kvælstof/ år)	Mål (tons kvælstof /år)	Reduktion (tons kvæl- stof/år)	Procent reduktion
Horsens Fjord, ydre	52	59	15	28
Horsens Fjord, indre	752	436	316	42
Århus Bugt og Bogstrup Vig	470	462	8	2
Århus Bugt syd, Samsø og Nordlige Bælthav	313	238	75	24
Hele Danmark	59.500	38.366	21.134	36

Spildevand
5 %

Andet
4 %
heraf dårlig kloakering, 2 %

Landbrug
69 %

Natur
(22) %

Hvor stammer kvælstoffet fra?



Spildevand
6 %

Andet
5 %



Landbrug
89 %

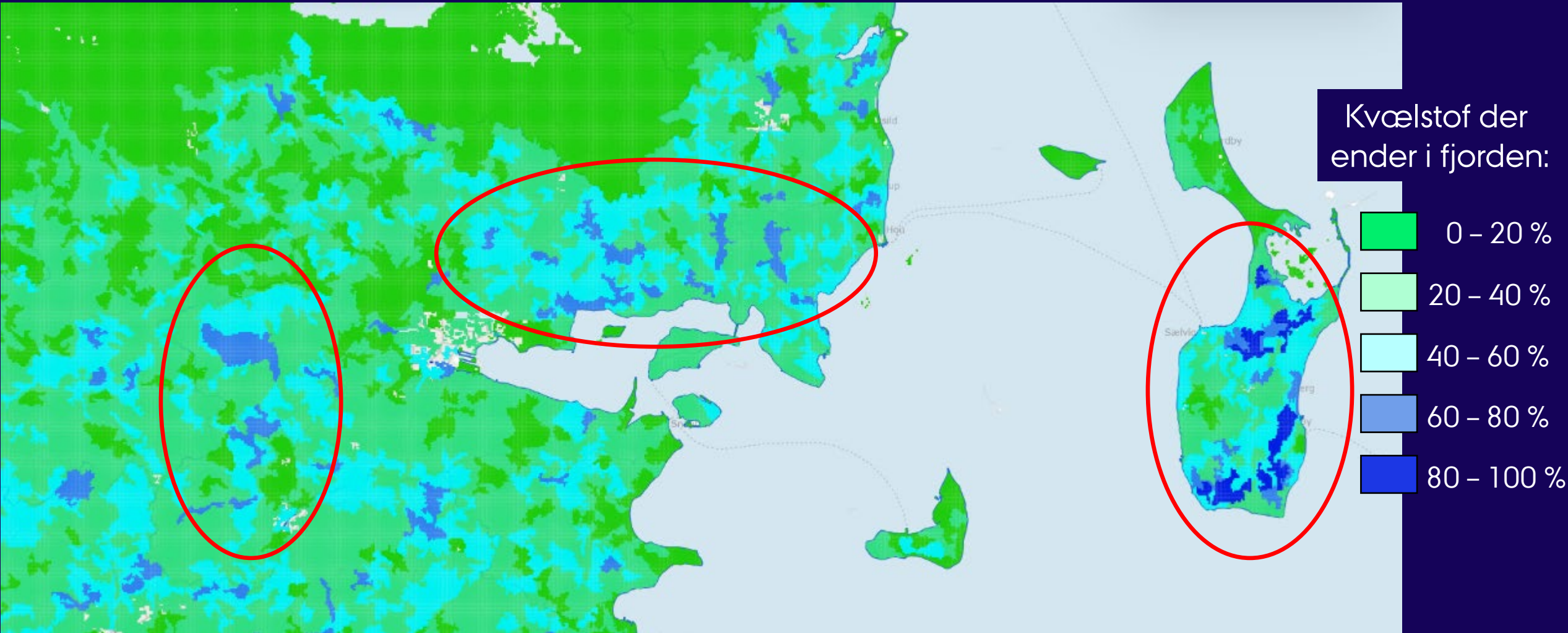
Hvor stammer kvælstoffet fra?

Kun kvælstofkilder der er menneskeskabte:

Indsatsbehov for kvælstof fra land

Fjord	Udledning				Antal		Procent
	2027 (tons kvælstof/år)	Mål (tons kvælstof/år)	Reduktion (tons kvælstof/år)	Procent reduktion	Reduktion af landbruget udledning	hektar landbrugsjord til udtagning	af landbrugsjord til udtagning
Horsens Fjord, ydre	52	39	13	26	36	812	42
Horsens Fjord, indre	752	436	316	42	60	25042	73
Århus Bugt og Begtrup Vig	470	462	8	2	2	1021	3
Århus Bugt syd, Samsø og Nordlige Bælthav	313	238	75	24	34	10400	47
Hele Danmark	59.500	38.366	21.134	36	51	1.862.608	72

Hvilke marker skal vi tage ud af drift?



Indsatsbehov for kvælstof fra land

Fjord	Udledning				Reduktion af landbruget udledning	Antal hektar landbrugsjord til udtagning	Procent af landbrugsjord til udtagning	Procent landbrugsjord til udtagning, ved målrettet udtagning (1,5, 2, 4 og 6)			
	2027 (tons kvælstof/år)	Mål (tons kvælstof/år)	Reduktion (tons kvælstof/år)	Procent reduktion				1	2	4	6
Horsens Fjord, ydre	52	39	13	26	36	812	42	27	20	9	6
Horsens Fjord, indre	752	436	316	42	60	25042	73	45	33	16	10
Århus Bugt og Begtrup Vig	470	462	8	2	2	1021	3	2	1	1	0
Århus Bugt syd, Samsø og Nordlige Bælthav	313	238	75	24	34	10400	47	28	20	9	6
Hele Danmark	59.500	38.366	21.134	36	51	1.862.608	72	41	29	14	9

Der kommer restriktioner på dyrkning af jorden

Eksempler på restriktioner:

- majs bliver forbudt
- tvungen brug af efterafgrøder
- gødning med kvælstof skal reduceres
- ...

Pris på landbrugsjord: **196.500** kr. pr. hektar (1. kvartal 2025)

43 mia. kr./390.000 hektar = **110.000 kr. pr. hektar**



Hvis udtagningen af de 15 % intensivt dyrket landbrugsjord ikke kommer i mål med frivillige aftaler...
...så falder "Kvælstofhammeren" i form af restriktioner på dyrkning.
Træder i kraft 1. januar 2027

**Spildevand
og andet**
33 %



Landbrug
50 %



Natur
17 %



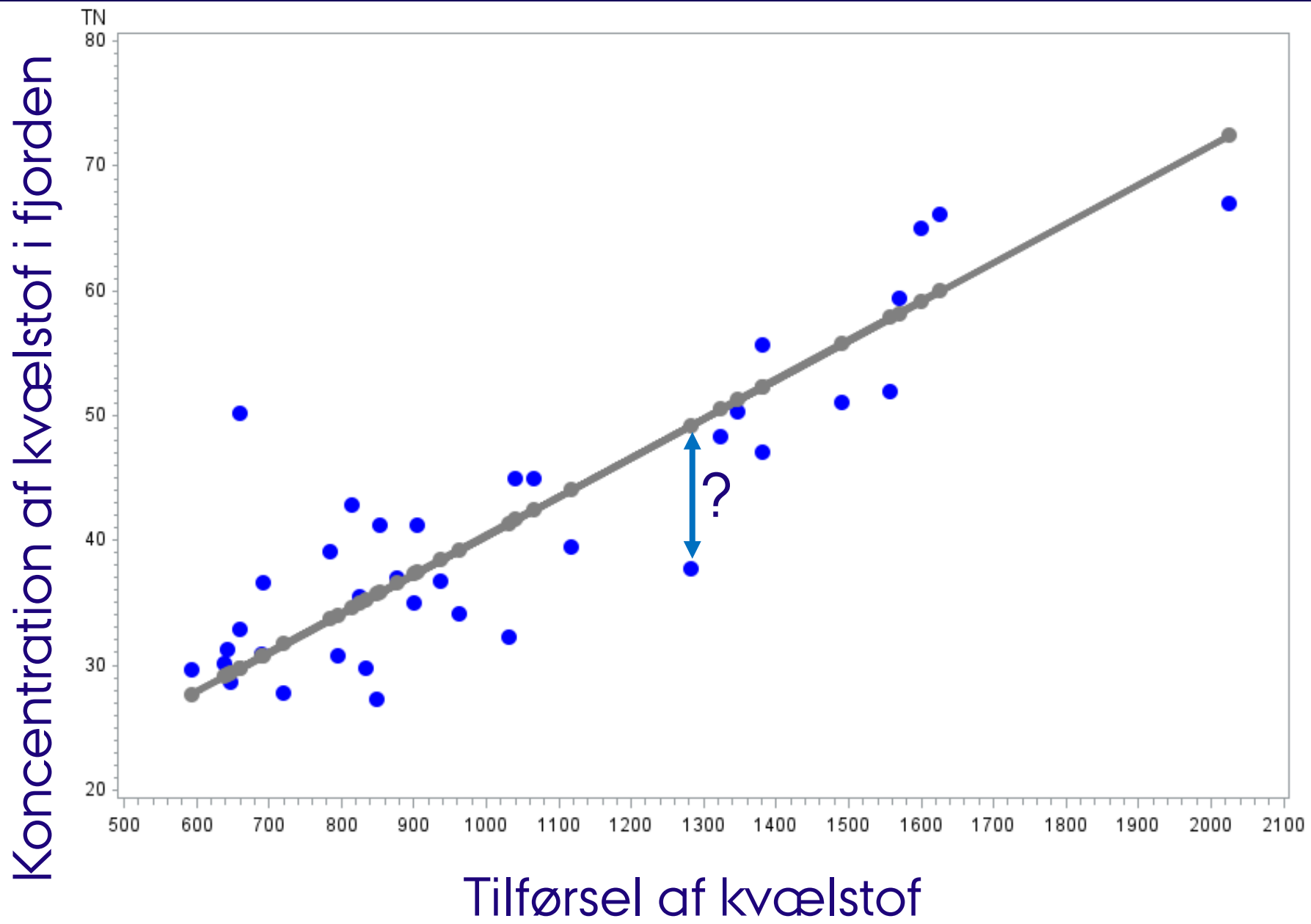
Hvor stammer fosfor fra?

Effekt af både den direkte tilførsel og ændret hydrologi (udretning af vandløb)

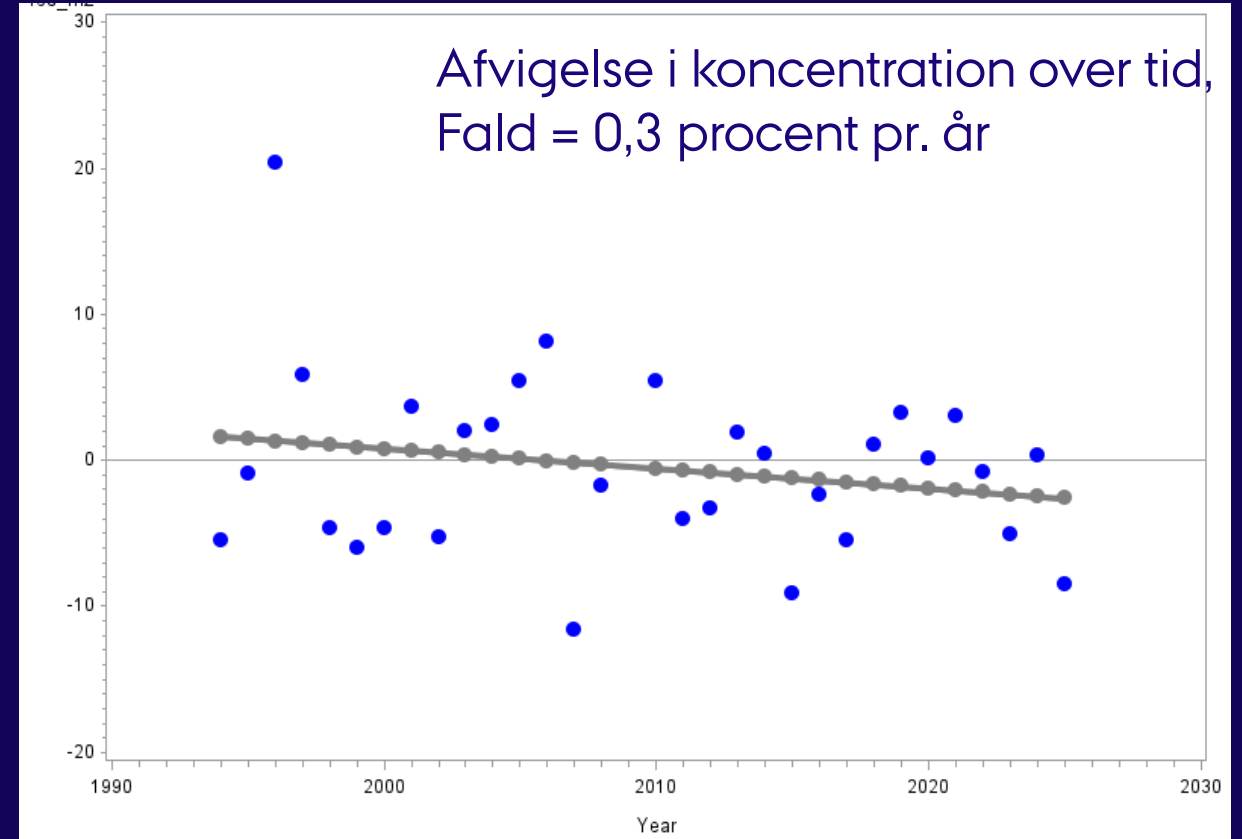
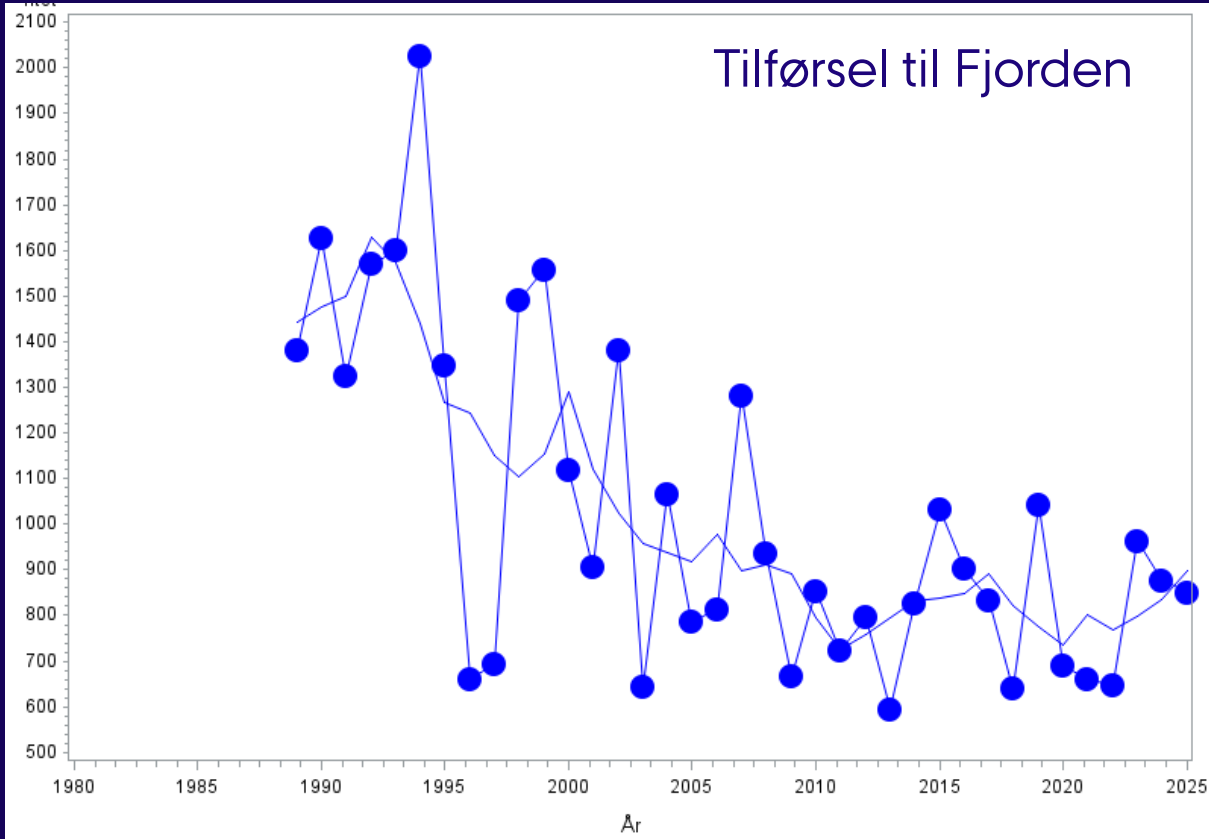
Tid som faktor?

Hvor lang tid går der før muddret er spist af bakterier?



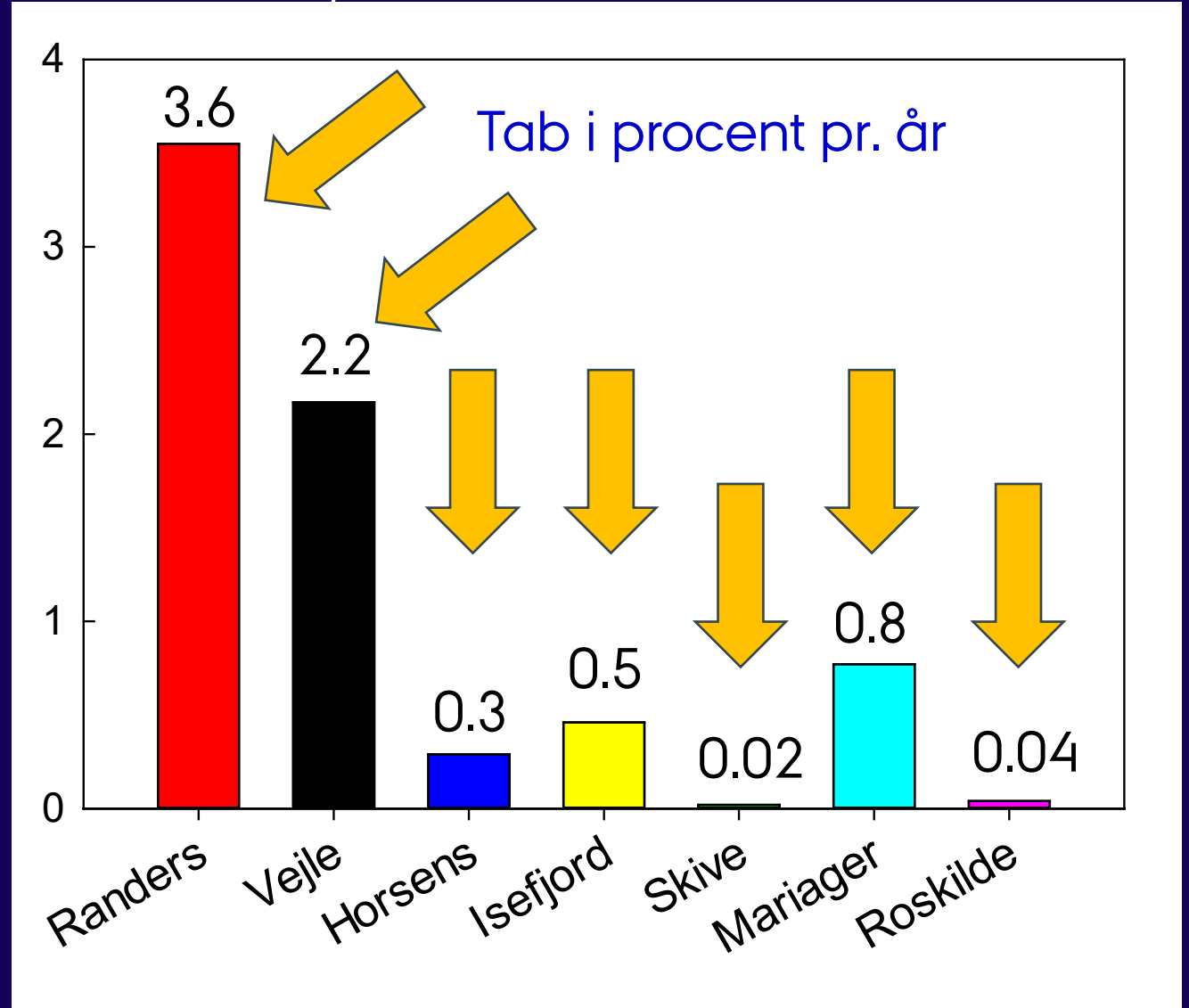


Kvælstoftilførsel og koncentration i Horsens Fjord

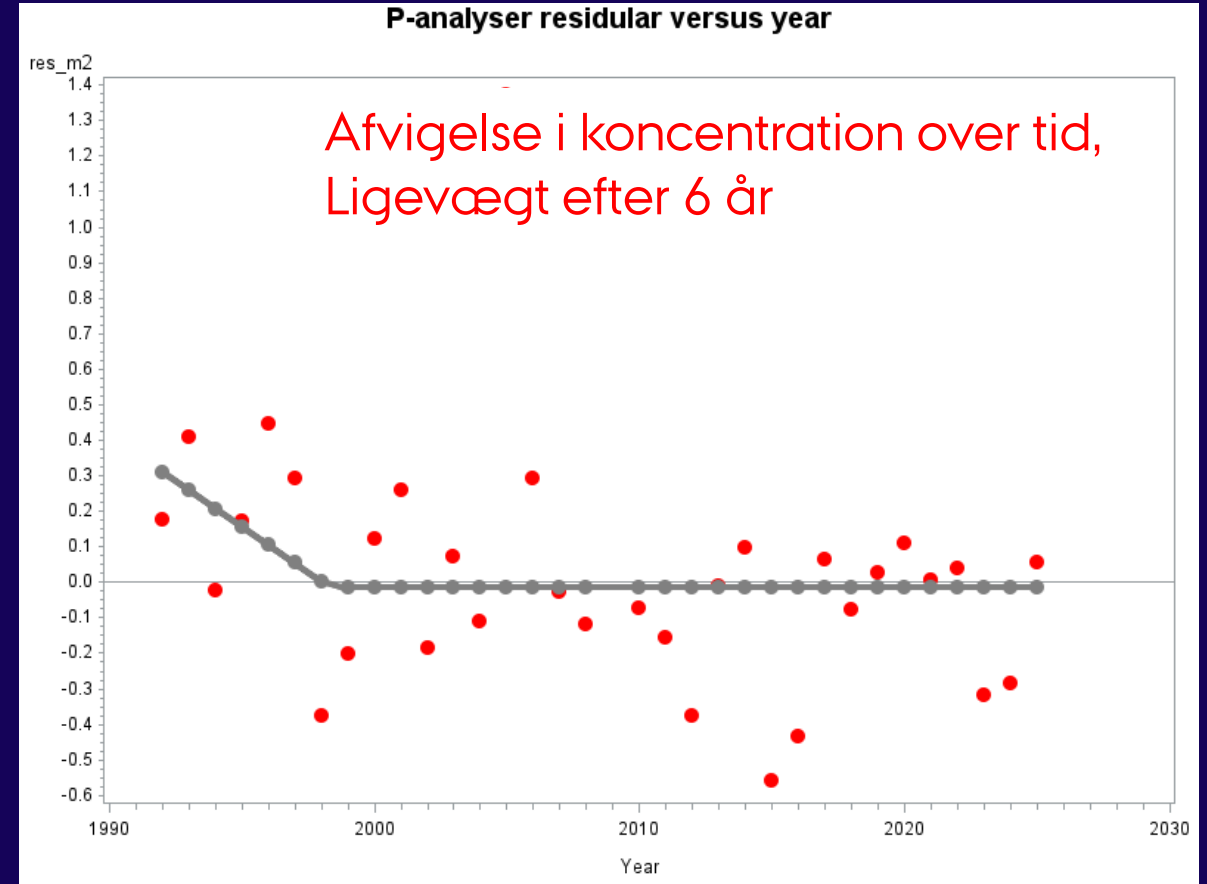
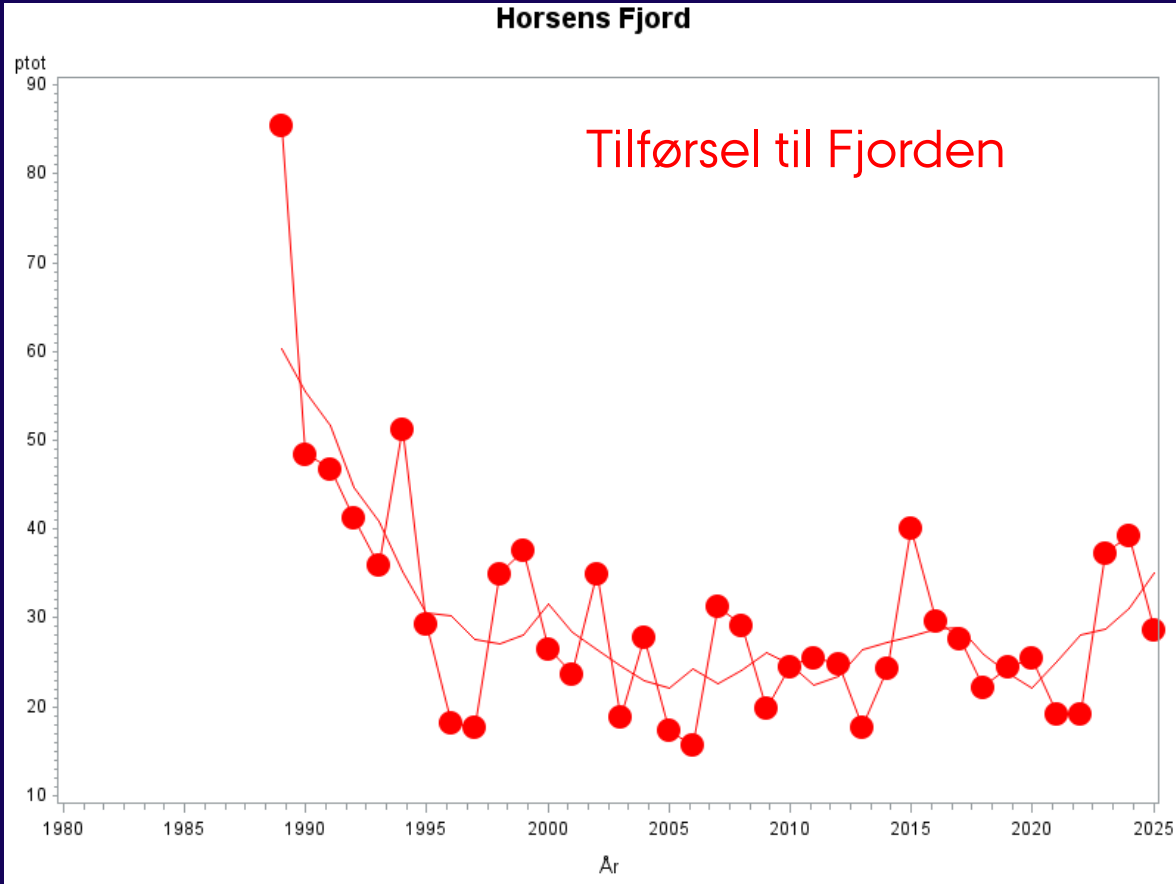


Nedbrydning af mudder for syv fjorde

Gennemsnit: 1 %



Fosfortilførsler og koncentration i fjorden



Vil den grønne trepart
lykkes?

Kan problemet løses?

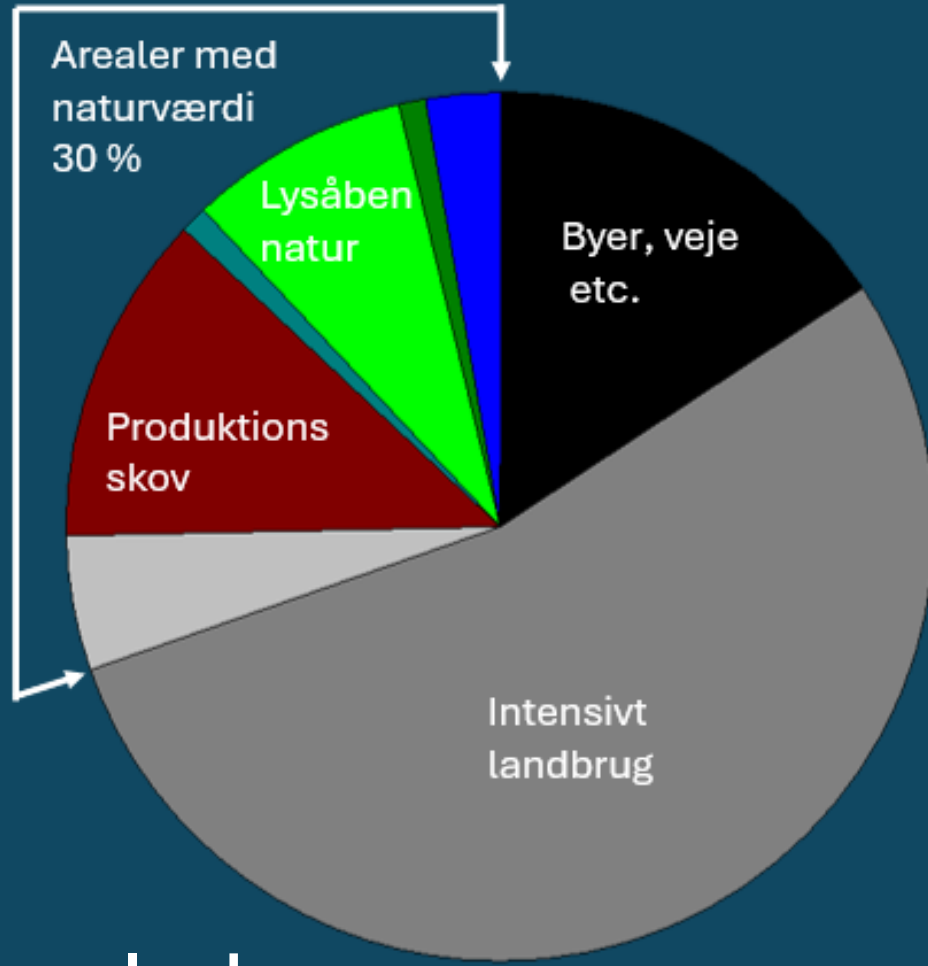
600.000 ha af 200.000 = 120 milliarder

Skattekroner	43
Novo Nordisk	10
Andre rige mennesker	20
Vandværkerne	40
Kommunerne	7
I alt	120

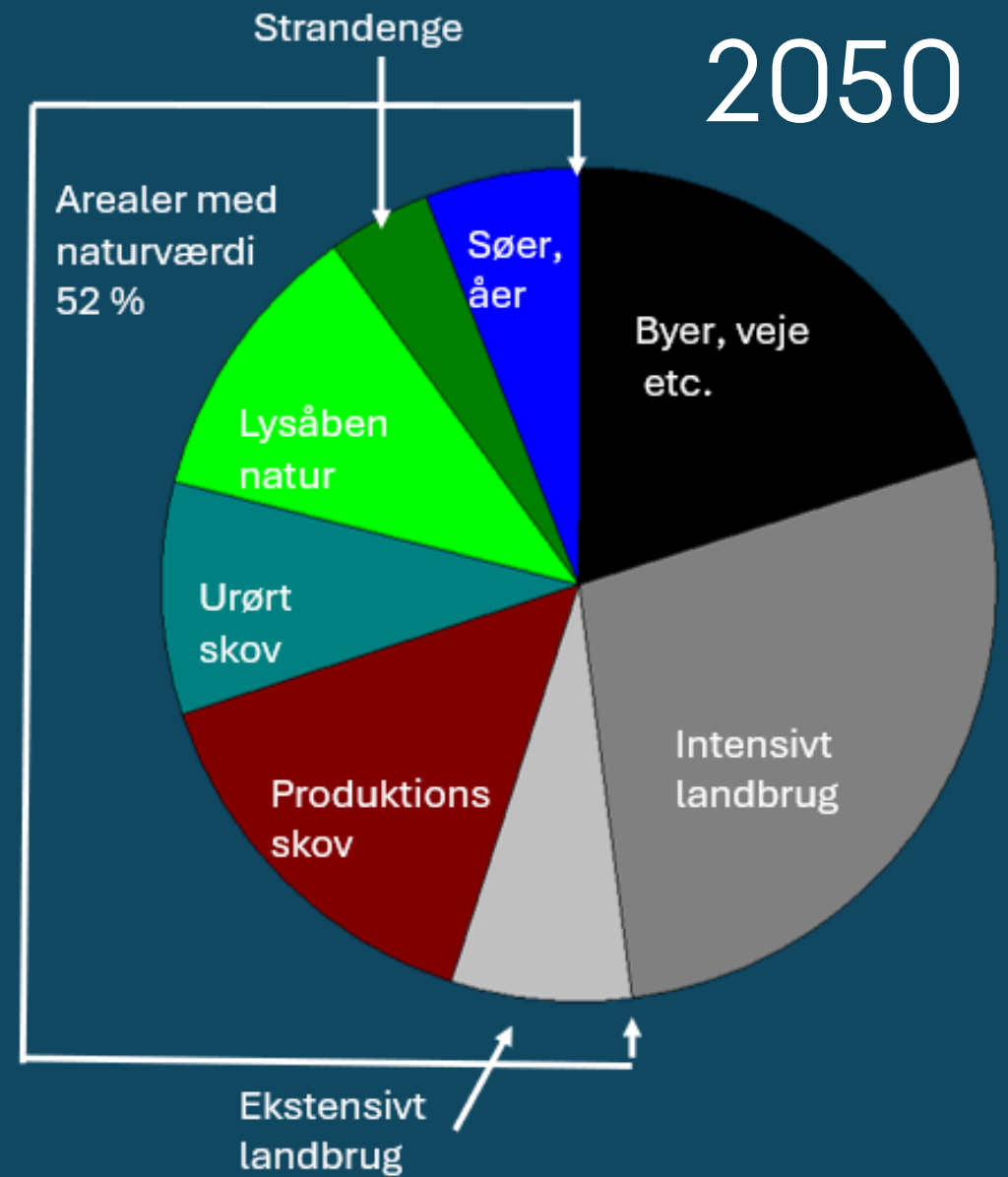
Dårlige jorde↑, Grådighed↓, EU↑, Retssag↓
Frivillighed = dumhed

Fremtidens Danmark og hvem skal betale?

Vision for fremtidens Danmark



I dag



2050

Ekstensivt landbrug

Kan problemet løses?

600.000 ha af 200.000 = 120 milliarder

800.000 ha af 200.000 = 160 milliarder

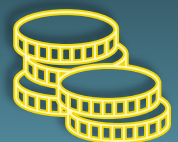
1.000.000 ha af 200.000 = 200 milliarder

Hvem skal betale – forureneren = landbruget
- eller samfundet?

The Polluter Pays Principle (PPP) is a simple idea at the core of EU environmental policy: those responsible for environmental damage should pay to cover the costs.

https://environment.ec.europa.eu/economy-and-finance/ensuring-polluters-pay_en

Landbrugets betydning for Danmarks økonomi



Bidrag til den samlede danske økonomi (Bruttoværdi, GVA): **2 %**



Andel af den samlede beskæftigelse i Danmark: **3 %**



Andel af Danmarks samlede eksport: **7 %**



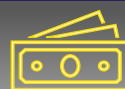
Andel af Danmarks samlede udledninger af klimagasser i 2030: **46 %**



Fuldtidsejere i 2023: **6.247**



Støtte pr. år.: **15 mia. kr.**



Værdiskabelse pr. år.: **9 mia. kr.**



Underskud pr. år.: **6 mia. kr.**



Andel af menneskeskabt kvælstofudledning i dag: **90 %**



Antal danskere der årligt dør pga. landbrugets brug af kvælstof: **235**

Danmark producerer 35 millioner svin om året,
= ca 1,1 svin i sekundet

Eksternaliteter:

Kvælstof

Fosfor – vandløb og søer

Zoonoser – smitte + destruktion

Antibiotika - resistens

Ammoniak – luftkvalitet

Drikkevand – nitrat

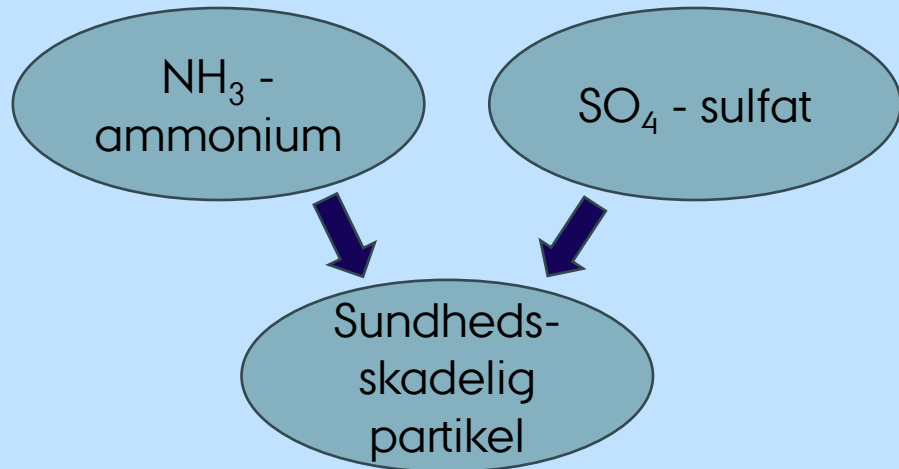
Drikkevand – giftstoffer

Dyrevælfærd

Dyretransport

Danmark producerer 40 millioner svin om året,
= ca 1,3 svin i sekundet

Luften i Danmark



= 200 for tidligt døde danskere

Eksternaliteter:

- Kvælstof – havet, naturen på land
- Fosfor – vandløb, søer og fjorde
- Zoonoser – smitte + destruktion
- Antibiotika - resistens
- Ammoniak – luftkvalitet
- Drikkevand – nitrat
- Drikkevand – giftstoffer
- Dyrevelfærd
- Dyretransport

Danmark producerer 40 millioner svin om året,
= ca 1,3 svin i sekundet



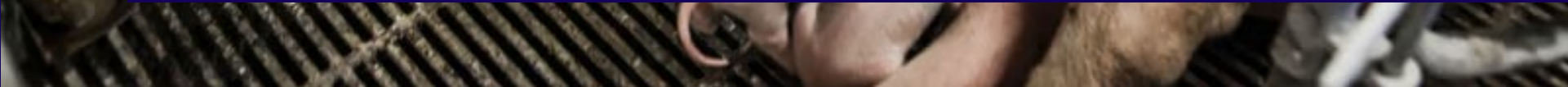


Danmark producerer 40 millioner svin om året,
= ca 1,3 svin i sekundet

Hvor mange svin er der plads til i Danmark?

- forkert spørgsmål
- hvor mange svin kan vi selv spise og evt. tjene penge på at eksportere?

Mit bud: 3 millioner om året = 5 – 10 procent af dagens produktion



Fordele ved mindre landbrug

1: Mindre kvælstof
ud i vandmiljøet



2: Mindre fosfor ud i
vandmiljøet



3: Mindre frigivelse
af CO₂ og N₂O
(lattergas)



4: Færre pesticider
og mindre nitrat i
drikkevand

130 danskere om året får
tarmkræft pga. nitrat i
drikkevand



5: Tilbageholder
vand i landskabet



6: Rekreative
muligheder



7: Mere biodiversitet



8: Mindre
ammoniak i luften

200 danskere om året dør
pga. ammoniak i luften fra
dansk landbrug



Hvad kan man gøre i
havet? – Naturpark
Svanegrund

Stenrev



Udplante ålegræs?



Stop for skrabning af muslinger





Budskab:
Giv naturen mere plads,
så ordner den det meste