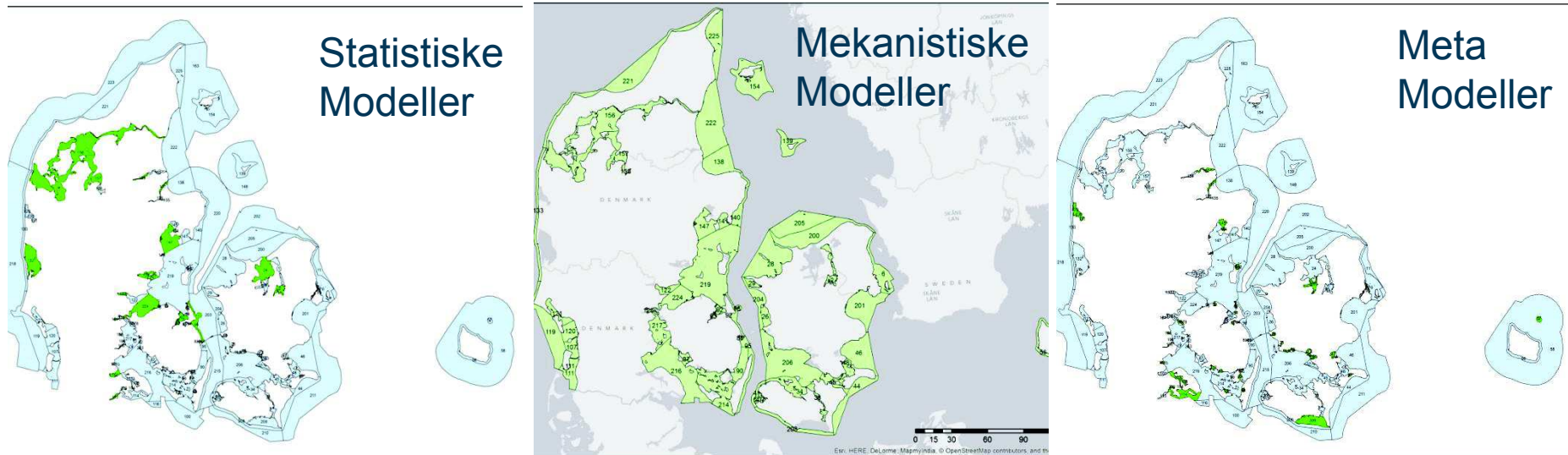


# Marint forvaltningsværktøj - marine vandplansmodeller

Karen Timmermann, Stig Markager  
Anders Erichsen, Hanne Kaas



# Værktøjer





# Modellerne

- **Statistiske modeller:**

- Statistisk beskrivelse af sammenhæng mellem marin miljøparameter og ydre/fysiske faktorer (målinger)
- Meget afhængig af målte data
- Kræver lange tidsserier (år-til-år variationer, trends, mm.)
- Målinger benyttes til at validere modellerne

- **Mekanistiske modeller:**

- Matematisk beskrivelse af årsagssammenhænge (differentiale ligninger)
- Målinger indgår indirekte som del af formelapparatet
- Kobler biologisk viden med fysisk viden for et givent område (strømning, fortynding, mixning mm.)
- Beregninger på høj spatial- og temporal opløsning – omregnes til indikatorer og enkeltstående vandområder
- Målinger benyttes til at validere modellerne

# Statistiske modeller

DCE





## Modellerede Indikatorer

Indikator	Kvalitetsэлеment/ Støtteparameter	Periode
Total kvælstof (TN)	Næringsstof	Jan-Dec
Total fosfor (TP)	Næringsstof	Jan-Dec
Klorofyl a (Chl a)	Fytoplankton	Maj-Sept
Lysdæmpning (Kd)/ ålegræs dybdegrænse	Lys/bundvegetation	Mar-Juni og Juli-Sept

# Presfaktorer



Variabel
N-tilførsel
P-tilførsel
Ferskvandstilførsel
Vind stress
Indstråling
Salinitet
Vandsøjlestabilitet
Overfladevandstemperatur



# Modelvalidering

- Vurdering af den gennemsnitlige absolutte procentvise afvigelse.
- Vurdering af R<sup>2</sup>-værdien.
- Vurdering af systematiske afvigelser
- Vurdering af om år-til-år variationer fanges
- Vurdering af antallet af data punkter
- Vurdering af om modellen fanger særlige fænomener

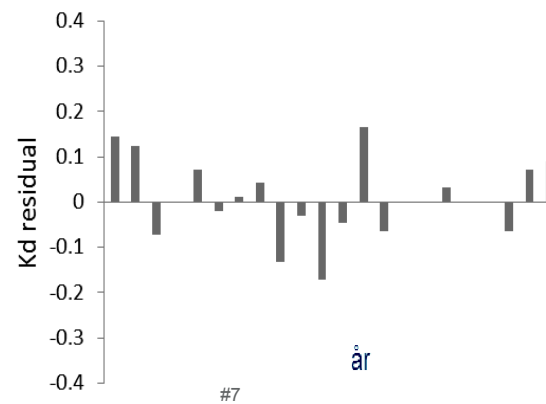
Tidsserie



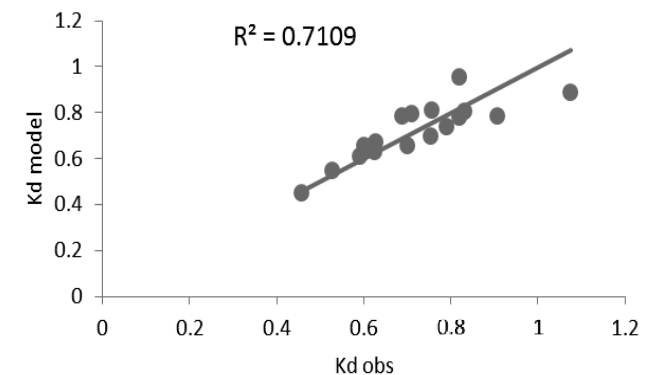
© DHI

3 July, 2015

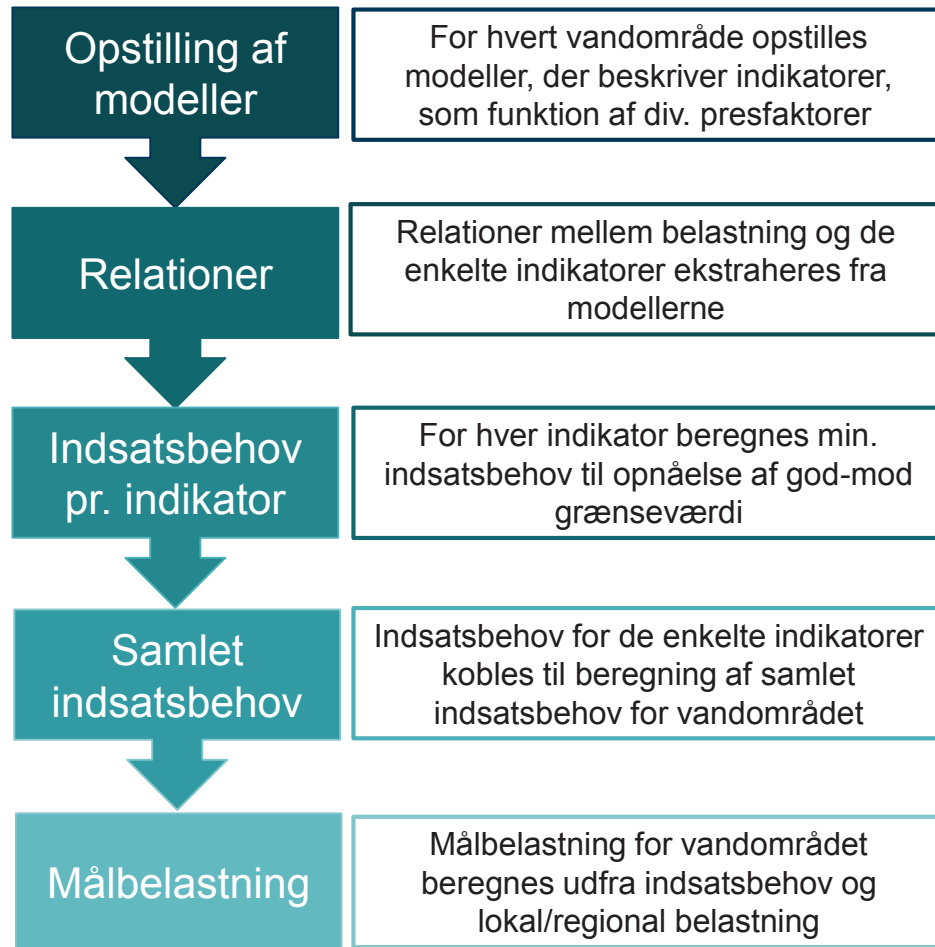
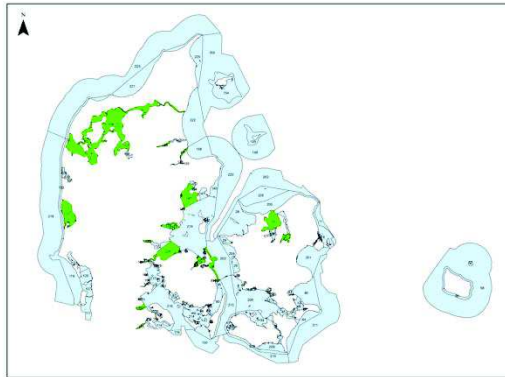
Residualplot



Scatterplot

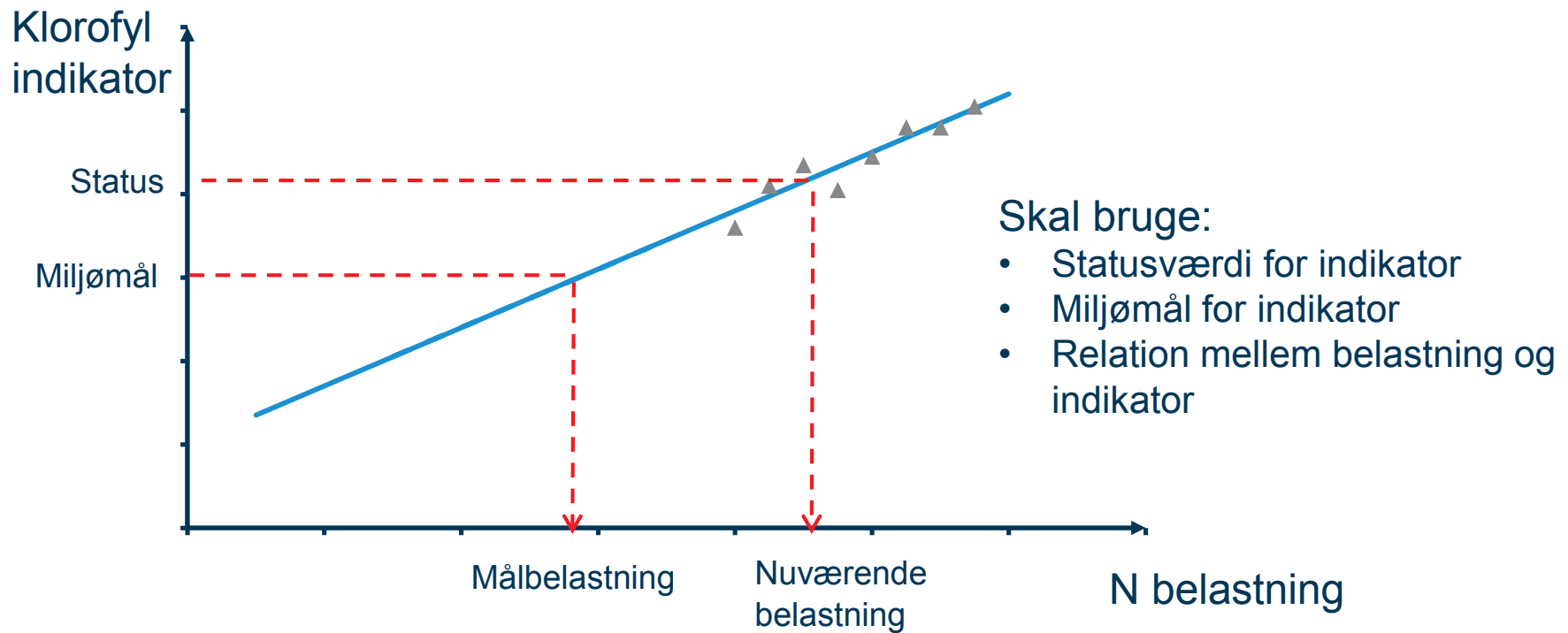


# Overordnet metode





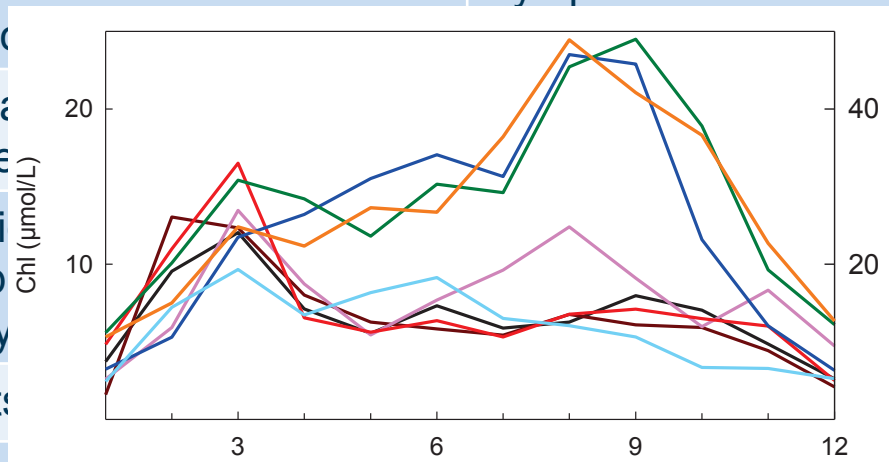
# Relationer til beregning af målbelastning/indsatsbehov



# Miljøindikatorer brugt i beregningerne



Indikator	Beskrivelse	Kvalitetselement	Model
Klorofyl indikator	Sommer	Fytoplankton	Chl-load model
N-begrænsnings indikator	Daglig		DIN-TN model
Kd indikator	Beholdning		TN-load model
Iltsvindsindikator	Silicium		Kd-load model (kategorisering)
DIP/klorofyl sæson indikator	dybde		TN-load model
	Ilt		TN-load model
	Fornævnede indikatorer	Standardisering, regressionsanalyse	TN-load model
	konc. og års konc. (effekter af iltsvind)		





## Kobling af indikatorer til beregning af samlet indsatsbehov

Vand omr.	Indsatsbehov Chl a-indikator	Indsatsbehov N-begr. indikator	Indsatsbehov Kd-indikator	Indsatsbehov Iltsvinds-indikator	Indsatsbehov DIP/chla sæson indikator	Samlet indsatsbehov
A	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Vægtet gennemsnit



Brug af gennemsnits værdi i stedet for max værdi betyder:

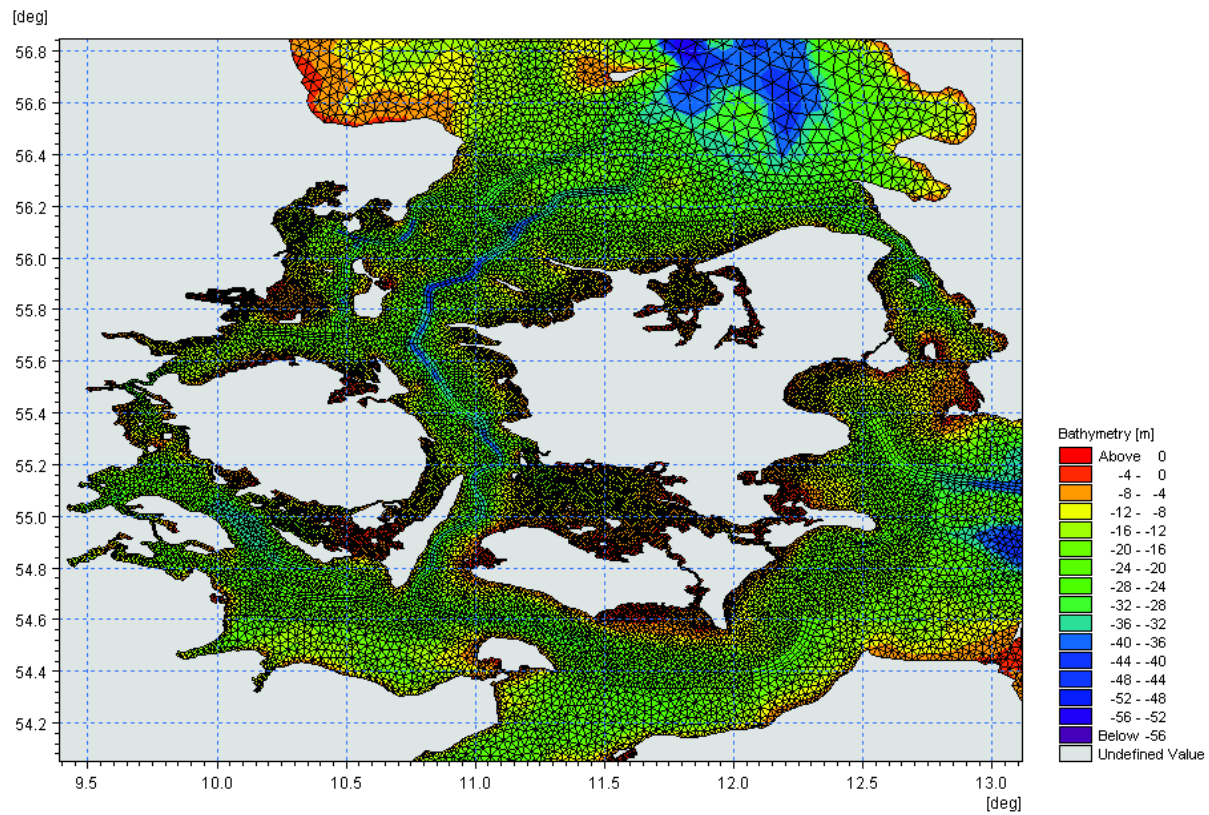
- Usikkerheder reduceres (især usikkerheder på "ekstremværdier")
  - Mere robust – indsatsbehov ikke så følsomt overfor f.eks
    - Valg og antal af indikatorer
    - Usikkerhed på de enkelte indikatorer
  - Stort indsatsbehov hvis mange indikatorer indikerer problem
  - Lille indsatsbehov hvis kun en/få indikatorer indikerer problem
  - Ikke målopfyldelse for alle indikatorer da
    - samlet indsatsbehov  $<$  max indsatsbehov
  - Men ofte tættere på "sande" indsatsbehov end hvis indsatsbehov er fastlagt udfra én (fejlbestemt) indikator
-

# Mekanistiske Modeller

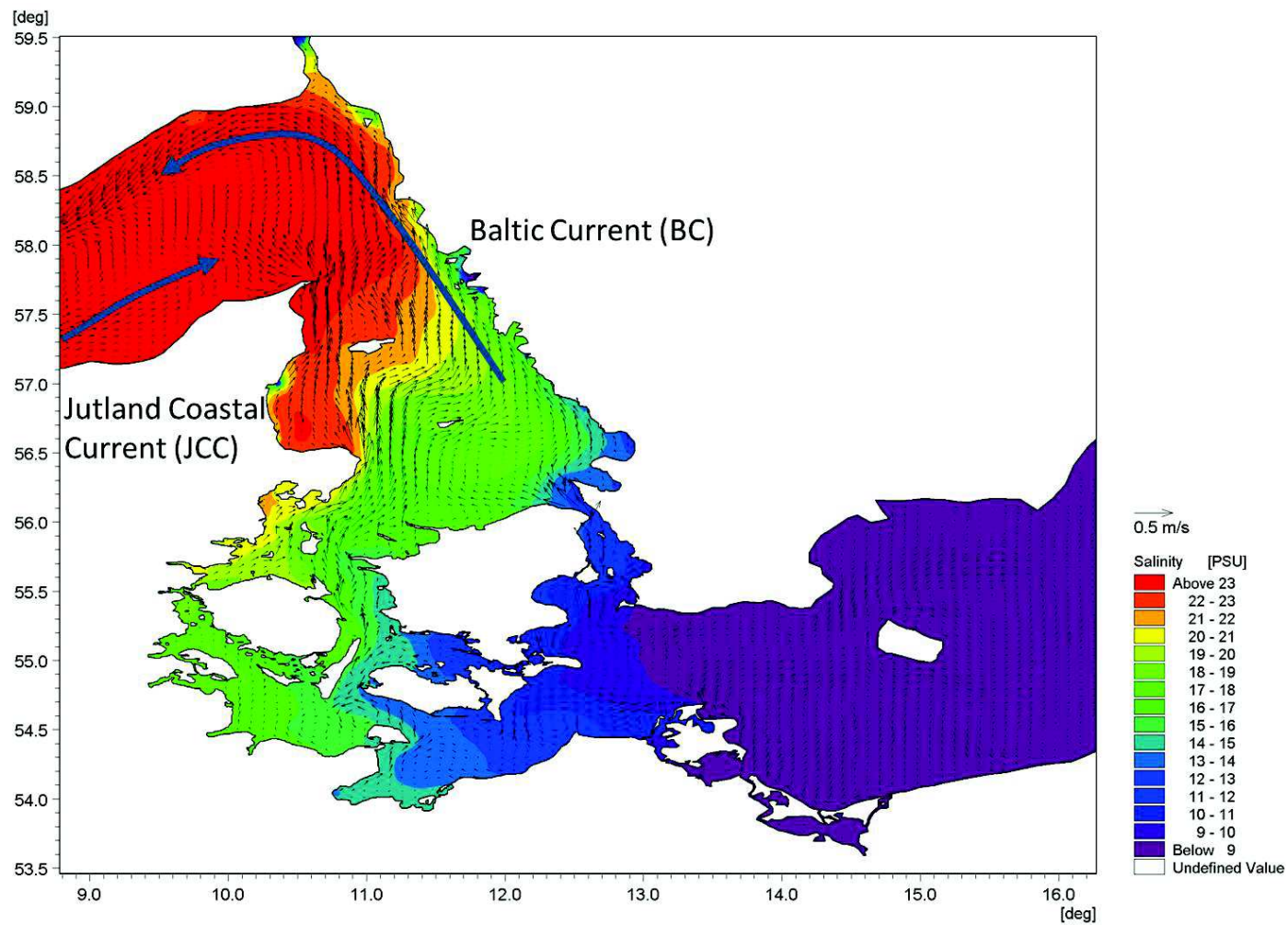
DHI



# Mekanistiske modeller



0:00:00 30-12-1899 Time Step 0 of 0.





## Hvad indgår i modellerne?

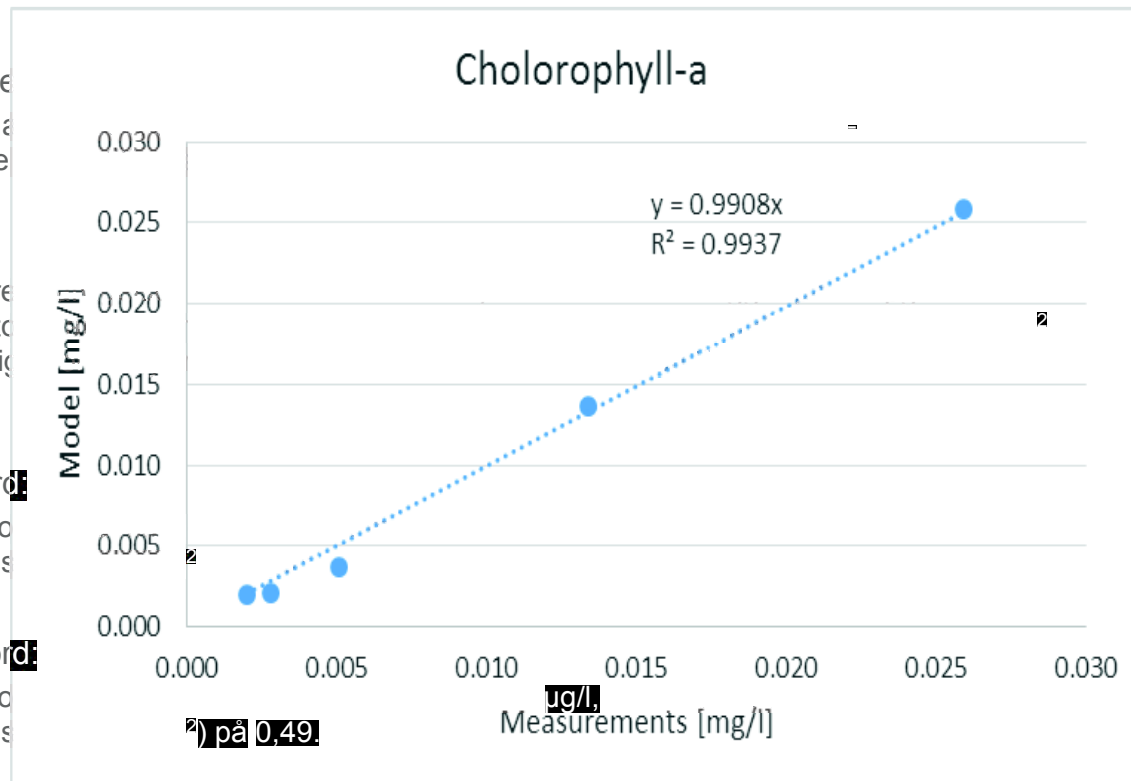
- Estimering af indsats baseres på:
  - Sommer klorofyl-a (maj til september)
  - Kd i vækstsæsonen (marts til september)
- Men modellerne bygger på årsagssammenhæng og erfaringerne fra *Reelgrass*. Dermed inkluderer modellerne meget mere:
  - Sedimentpuljer af N og P, og dermed den interne belastning
  - Makroalger og mikro-bentiske alger
  - Ålegræs og effekterne af ålegræs
  - Ilt og eventuelle effekter af iltsvind (herunder frigivelse af næringsstoffer)
- Så indsatsen baseres på klorofyl-a og Kd, men effekterne fra ovenstående påvirker klorofyl-a og Kd





# Klorofyl

- Indre Danske Søer
  - Validering af målingerne
- Limfjorden:
  - Den generelle tendens trods for store lokale forskelligheder ( $R^2=0.95$ ).
- Odense Fjord:
  - Sammenhæng og korrelationsgrad
- Roskilde Fjord:
  - Sammenhæng og korrelationsgrad



Modellen beskriver  
grad ( $R^2=0.71$ ).

afvigelse på ~25% til  
og gradienten ud gennem  
forklaringsgrad på 95%

mindre end 10% og en

mind 10% og en



## Lys (som støtteparameter)

- Hvorfor er lys vigtig?
  - Lys er forudsætning for vækst af ålegræs! – der er også andre vigtige vækst- og tabs-faktorer, men uden lys ingen ålegræs
- Kan lys stå alene?
  - Ændringerne i lys påvirkes også af ændringer i ålegræs – feedback!
  - Modellen beskriver feedback mekanismer, og især den umiddelbare ændringen i lys som funktion af ændringer i re-suspension
  - Ændringen i lys kan (med modellen) beskrives på lavt vand, hvor feedback slår igennem
- Validering af lys:
  - I alle modellerne beskrives  $K_{dPAR}$  med en afvigelse på maks. 20%



# Mekanistiske modeller - Scenarier

**Status situation:** Beregning af sommer klorofyl-a (maj-september) og sommer Kd værdi (marts til september):

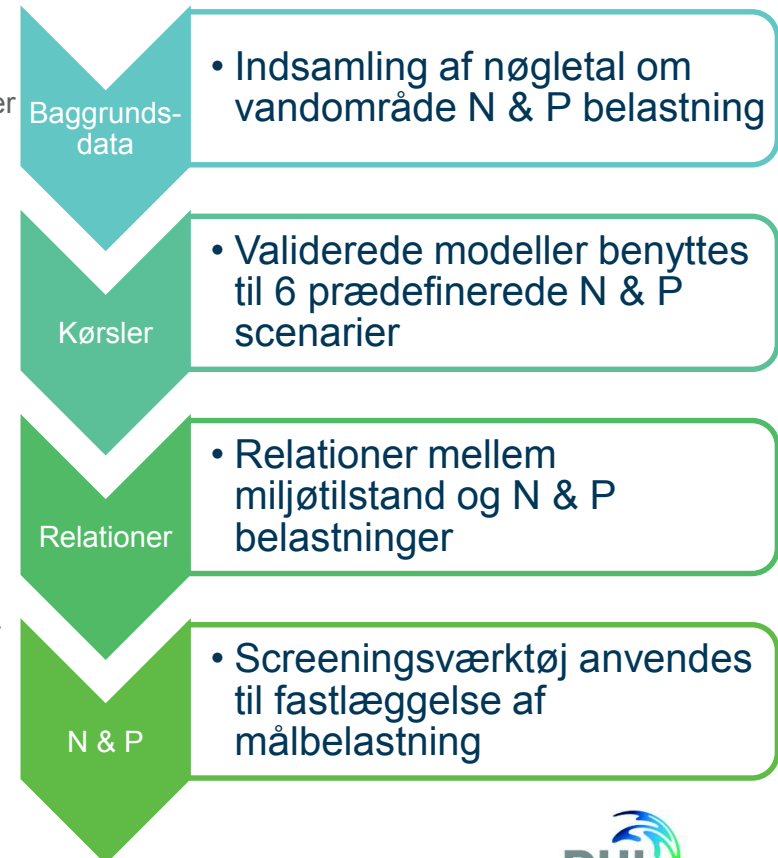
- Dansk belastning: Nutidsbelastning
- Østersølande: Nutidsbelastning
- Atmosfære: Nutidsbelastning

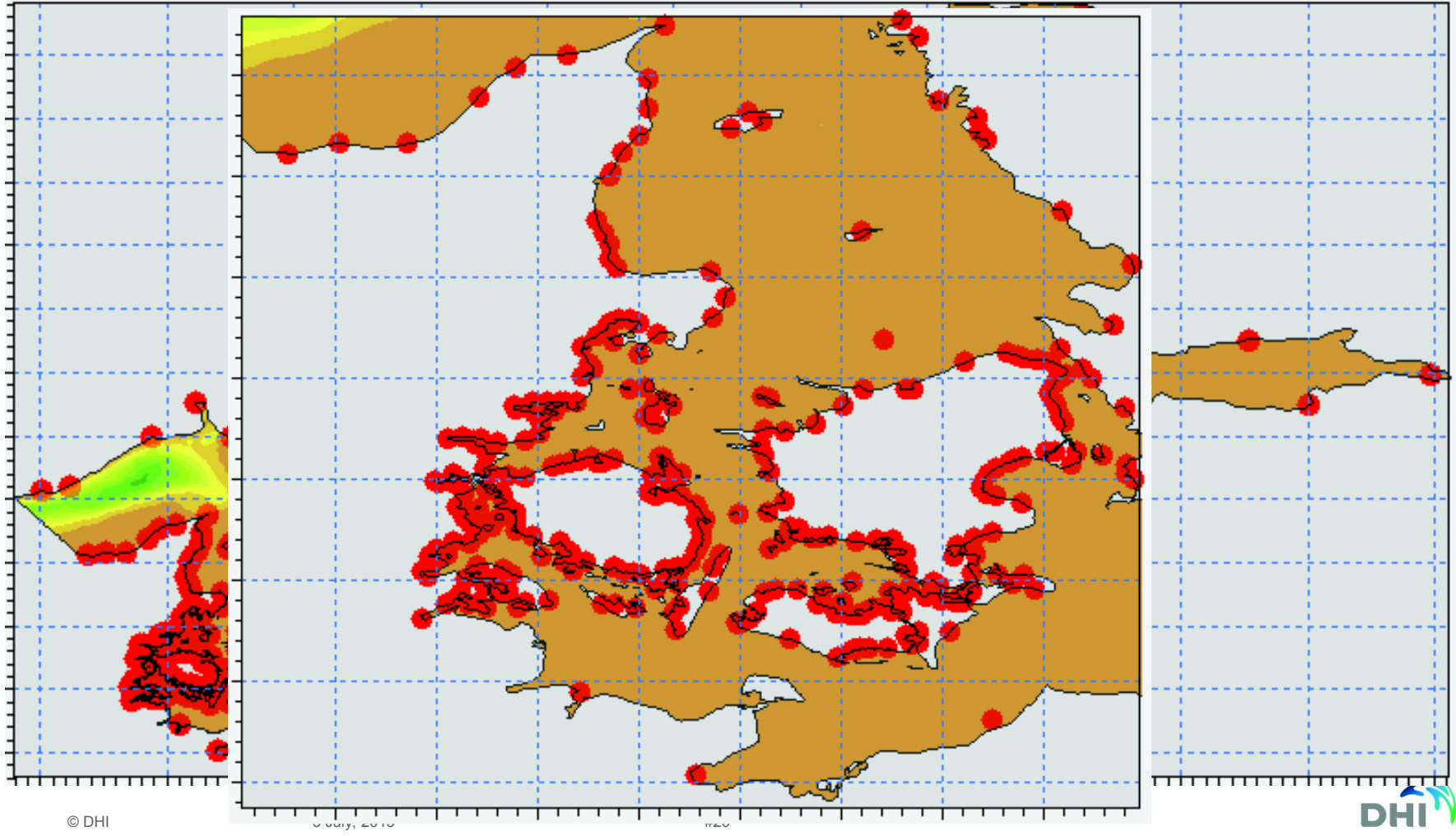
**Scenarier:** Scenarier beregningerne af sommer klorofyl-a og sommer Kd er baseret på:

- Dansk belastning: 15%, 30% eller 60% reduktioner i DK N-belastning kombineret med 10-20% reduktion i P-belastning
- Østersølande: BSAP
- Atmosfære: Göteborg Protokol

**Reference situation:** Estimering af sommer klorofyl-a og sommer Kd værdier svarende til værdier for en periode for godt 100 år siden.

- Dansk belastning: Baggrundsbelastning af N og P
- Østersølande: Belastning for perioden 1890-1910 baseret på BNI data
- Atmosfære: Modelberegnet belastning svarende til år 1900 (DCE)

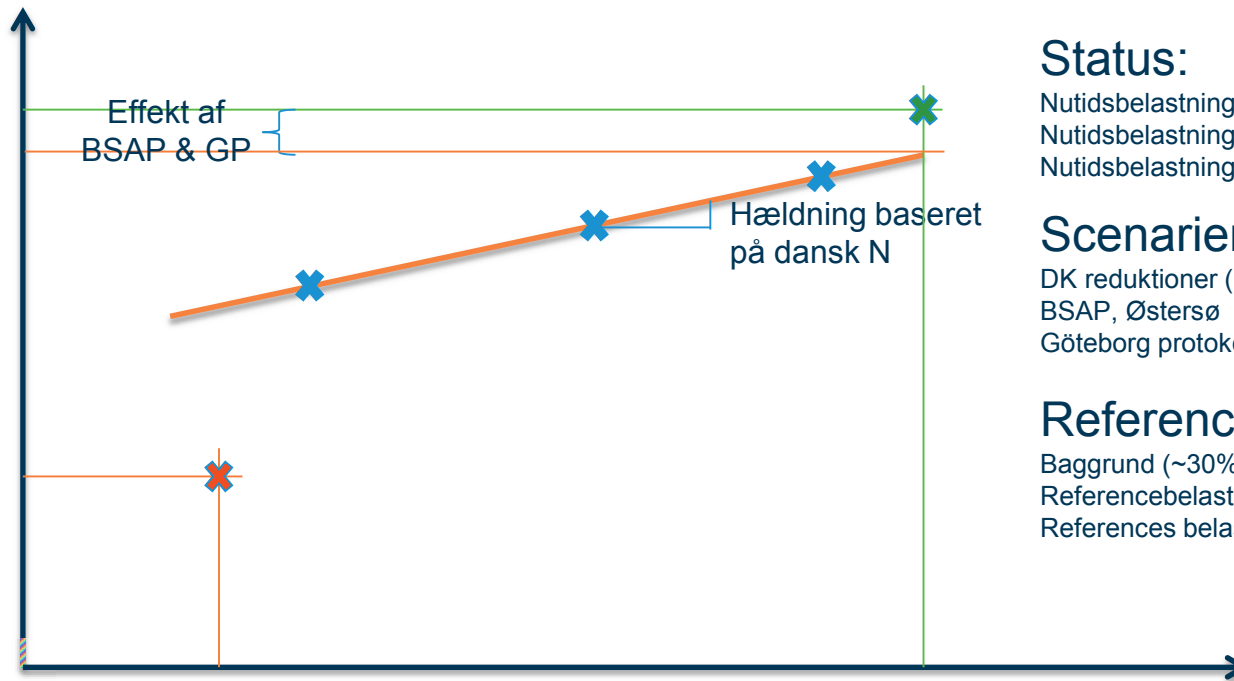




# Screenings Metode



Indikator  
Klorofyl/Kd



## Status:

Nutidsbelastning, DK  
Nutidsbelastning, Østersø  
Nutidsbelastning, Atmosfære

## Scenarier:


DK reduktioner (15%, 30% & 60%)  
BSAP, Østersø  
Göteborg protokol, Atmosfære

## Reference:

Baggrund (~30% af nutidsbelastning), DK  
Referencebelastning, Østersø, BNI  
References belastning, Atmosfære, DCE

Reference-  
belastning

2007-2011  
belastning

Dansk  
N-belastning 

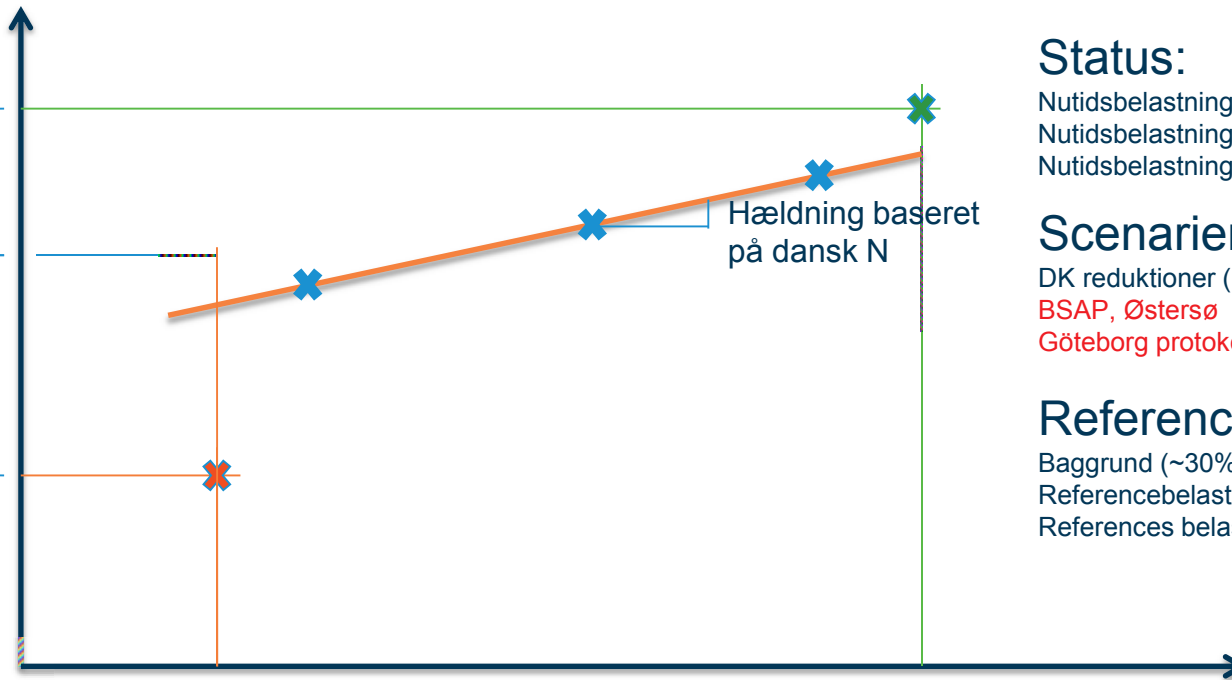
# Screenings Metode



Indikator  
Klorofyl/Kd

Maks.  
effekt af  
DK N

Effekt fra  
andre  
kilder &  
faktorer



Reference-  
belastning

2007-2011  
belastning

Dansk  
N-belastning

## Status:

Nutidsbelastning, DK  
Nutidsbelastning, Østersø  
Nutidsbelastning, Atmosfære

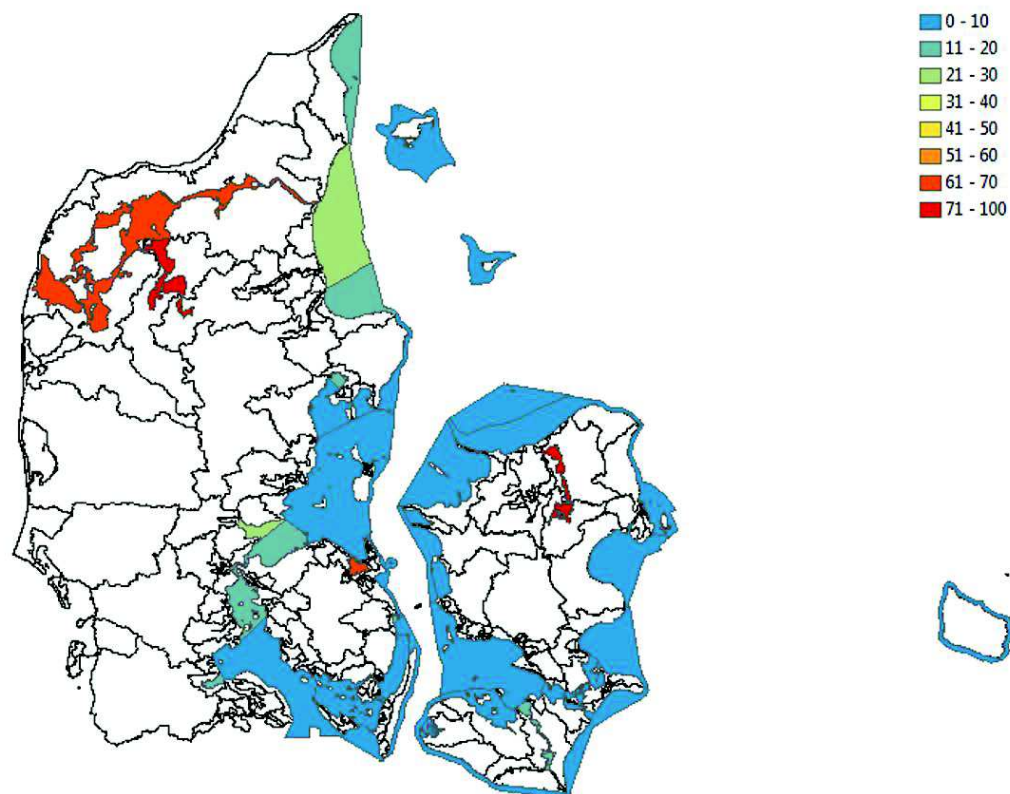
## Scenarier:

DK reduktioner (15%, 30% & 60%)  
BSAP, Østersø  
Göteborg protokol, Atmosfære

## Reference:

Baggrund (~30% af nutidsbelastning), DK  
Referencebelastning, Østersø, BNI  
References belastning, Atmosfære, DCE

# Gennemsnitlig DK andel (vandområde-baseret)





## Opsummering

- DK andel relateret til indikatorer alene
  - DK andel beregnet for de større åbne områder og de 3 fjorde
  - DK N-belastninger har en betydning i alle vandområder, men har varierende betydning
  - Kystnære områder påvirkes mere end åbne gennemstrømmede områder
  - Nor og fjorde påvirkes afhængigt af opland og vandudveksling
- 
- P-scenarier: P reduceret mellem 10-20% - ringe effekt på sommer klorofyl og Kd



# Meta-analyse

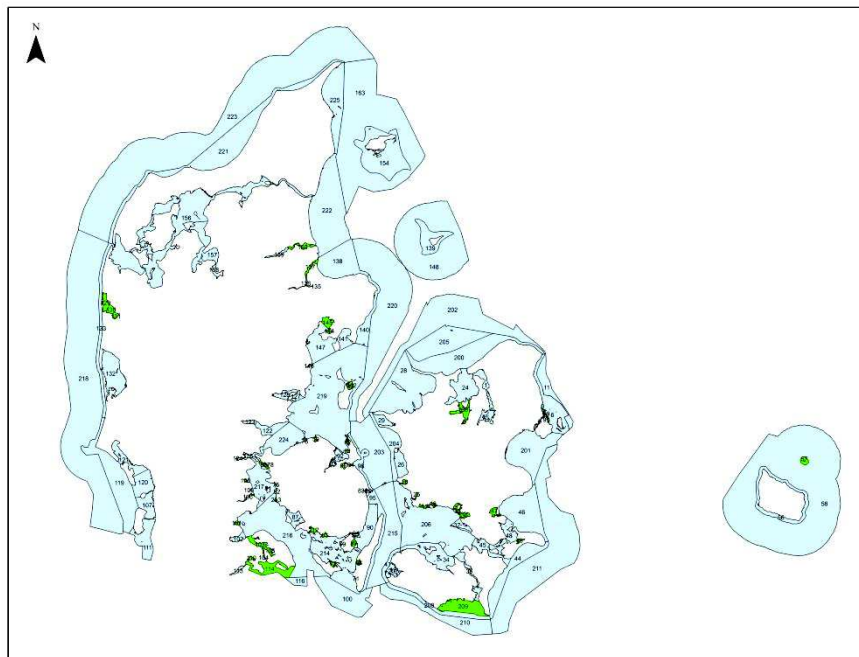
Metode til beregning af indsats





# Meta-analyse

Benyttes til vandområder, hvor der ikke er lokalspecifikke modeller



- Metode: Respons mellem N belastning og indikatorer overføres fra lignende områder (som har modeller)
- Statistisk tilgang er baseret på NST typologi (gennemsnit af respons fra områder af samme type)
- Mekanistisk tilgang er baseret på gennemsnit af hældning korrigeret for DK andel



## Kobling af modelresultater

- For vandområder, hvor der er opstillet lokale mekanistiske modeller, benyttes i udgangspunktet indsatsbehov beregnet med denne type af model.
- For fjorde, hvor der er opstillet statistiske modeller, og der ikke findes en mekanistisk lokalmodel, benyttes i udgangspunktet indsatsbehov beregnet med denne type af model.
- Ovenstående fraviges, hvis opstrøms-vandområder har et mindre indsatsbehov end nedstrøms-vandområder. I disse tilfælde anvendes nedstrøms-indsatsbehovet for begge områder.
- For områder, hvor indsatsbehovet er fastlagt ved en meta-analyse, er indsatsbehovet som udgangspunkt beregnet som gennemsnit af indsatsbehovet fundet ved de statistiske henholdsvis mekanistiske baserede meta-analyser.
- For områder, hvor ingen af værktøjerne kan anvendes pga. manglende data eller modeller, benyttes indsatsbehov for nabo vandområde.

# Usikkerheder



# Usikkerhed på forudsigelse af målbelastning og indsatsbehov

Usikkerhed estimeres ved modelsammenligning under antagelse af:

- Modellerne er uafhængige  
*Underbygges af stor forskel på de to modeltyper*
- Modellerne vil ikke systematisk over- eller underestimere målbelastningen  
*Underbygges af valideringsresultaterne*

Beregningerne (baseret på 11 vandområder) viser at:

- Usikkerheden (2sd) på målbelastningen som gennemsnit for vandområderne er på 16%
- Usikkerheden (2sd) på målbelastningen samlet set for alle 119 vandområder er på 4%
- Usikkerheden (2sd) på indsatsbehovet på vandområdeniveau typisk er på 20%
- Usikkerheden (2sd) på indsatsbehovet samlet set for alle 119 vandområder er på 10%

# Norsminde Fjord og Odense Fjord



## -hvad skyldes den tilsyneladende større forskel mellem modelresultater

- Norsminde Fjord: Er ikke modelleret med MEK model (området kan ikke opløses i modellen). De 11% er en cp fejl.
- Odense inder fjord: STAT siger 48%, MEK siger 23%. Dette dækker over:
  - Indsatsbehov for inder fjord ikke bestemt med MEK model. De 23% er baseret på st. 17 (midt i fjorden) da denne vurderes at være mest repræsentativ for hele fjorden (dvs både inder og yder fjord).
  - De 48% er baseret på station i inderfjord.
  - Dvs 23% er nabotilgang og 48% er baseret på station i inder fjord.

# Hvorfor fokus på N?





## Kvælstof og Vandplaner

- Begge modeltyper viser, at indikatorerne er mest følsomme overfor N tilførsler
- Der vil være vandområder hvor en N reduktion ikke alene bringer vandområdet i mål (men dog tættere på målet). Dette kan f.eks skyldes
  - Udenlandske tilførsler
  - At N reduktion sker på et "uhensigtsmæssigt" tidspunkt af året
  - Andre presfaktorer
  - Usikkerheder
  - Shifting baselines
- En yderligere afklaring vil kræve en nærmere analyse af hvert enkelt vandområde