

## Overfladevandsindvinding i Tissø – løsning af en kompliceret udfordring med en holistisk tilgang

- > Facts
- > Udfordringer og "løsninger" vandbehov
- > Udfordringer og "løsninger" vandkvalitet

Anders Refsgaard, COWI. Hans-Martin Friis Møller  
og Søren Toft Nielsen, Kalundborg Forsyning

1 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER



COWI



## Facts

- > Kalundborg Forsyning indvinder ca. 5 mio. m<sup>3</sup> overfladevand fra Tissø om året. Vandet leveres i forskellige kvaliteter til industrien i området
- > Vandbehovet er stigende og forsyningen ønsker at indvinde mere vand. Nyt overfladevandsanlæg under udførelse
- > Tissø er Danmarks tredjestørste sø med et overfladeareal på ca. 12 km<sup>2</sup> og en årlig gennemstrømning på knap 100 mio. m<sup>3</sup>/år
- > Søens vandspejl styres via et stemmeværk ved søens udløb



2 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER

COWI



## Udfordringer og løsninger - vandbehov

- > Der er mange interesser omkring søen, som er sensitive overfor ændringer i søens vandspejl
- > Der er flere områder i og omkring søen, hvor forskellige interessenter har en holdning til, hvordan søen skal reguleres (landbrug, DOF, fiskerne, besøgende, Kommune, forsyningen)
- > Forsyningen ønsker op til 10 mio. m<sup>3</sup>/år
- > Stemmeværket ved udløbet reguleres og vedligeholdes af Kommunen i forhold til en styrekurve – tekniske kompliceret og med driftsusikkerhed



3 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER



## Udfordringer og løsninger - vandbehov

Kriterier for regulering:

- > der skal være betydelig nedstrøms vandføring i fiskenes opgangsperiode (forår)
- > der må ikke være lange perioder, hvor der ikke kan styres dvs.  $Y < 0,82$  m
- > i yngleperioden skal vandstanden i Tissø skal helst falde af lavere niveau af hensyn til vadefugle og landbrug
- > der skal være vandføring i Nedre Halleby å (ikke præcist formuleret i vandløbsdirektiv)

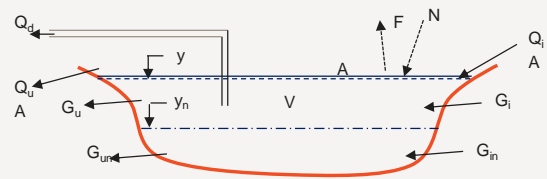
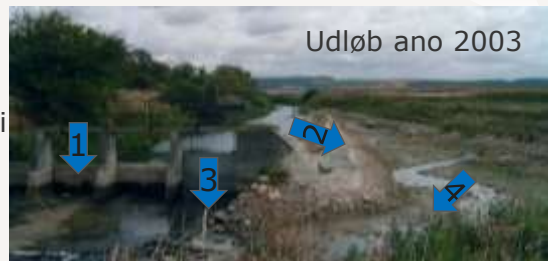


4 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER



## Udfordringer og løsninger - vandbehov

- > COWI har udviklet en model til forståelse af søens regulering og test af muligheder for at opmagasinere vand om vinteren til brug om sommeren. Modellen er udviklet i excel
- > Udløbsstrukturen er relativ kompliceret med flere overløb (1+2), reguleret underløb (3) og et omløb (4)
- > Underløbet reguleres ud fra en sigtekurve for søens vandspejl
- > Modellens output er søens vandspejl som funktion af tiden

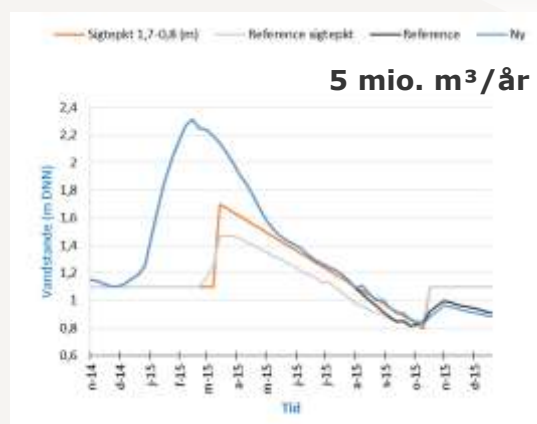


5 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER



## Udfordringer og løsninger - vandbehov

- > I et normalår begynder reguleringen typisk ultimo juli måned, hvor der lukkes for underløb ved udløbet => vandstanden falder ikke så hurtigt i sensommeren
- > Omkring efterårsferien begynder vandstanden at stige grundet øget tilstrømning til søen
- > Der er ingen problemer med at indvinde 5 mio. m<sup>3</sup>/år og overholde krav til minimumsvandstand

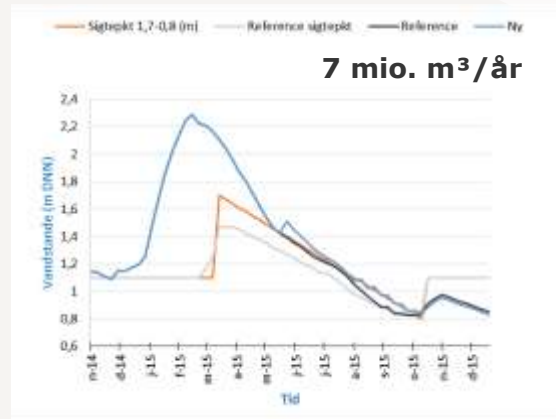


6 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER



## Udfordringer og løsninger - vandbehov

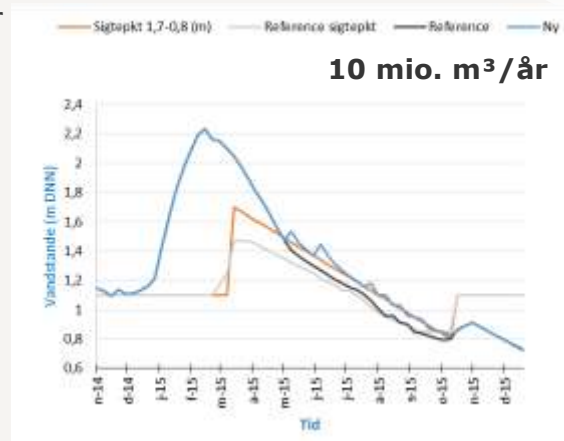
- > Ved større indvinding begynder reguleringen tidligere (maj) med ny styrekurve, hvor der lukkes for underløb ved udløbet => vandstanden stiger kortvarigt
- > Ny styrekurve giver bedre mulighed for styring ved lave vandstande sidst på sommeren/først på efteråret
- > Der er (stadig) ingen problemer med at indvinde 7 mio. m<sup>3</sup>/år og overholde krav til minimumsvandstand



7 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER

## Udfordringer og løsninger - vandbehov

- > Der kan ikke indvindes 10 mio. m<sup>3</sup>/år med den originale styrekurve, men den nye giver stadig fin kontrol
- > Der er simuleret sensitivitetskørsler med modellen for tørre og våde år => stadig ok
- > Det er undersøgt om anlæggelse af en opstrøms sø giver øget sikkerhed for vandmængde => minimal effekt
- > NATURA 2000 vurderinger igangsat, kortlægning med drone pågår mm.



8 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER

## Udfordringer og løsninger - vandkvalitet

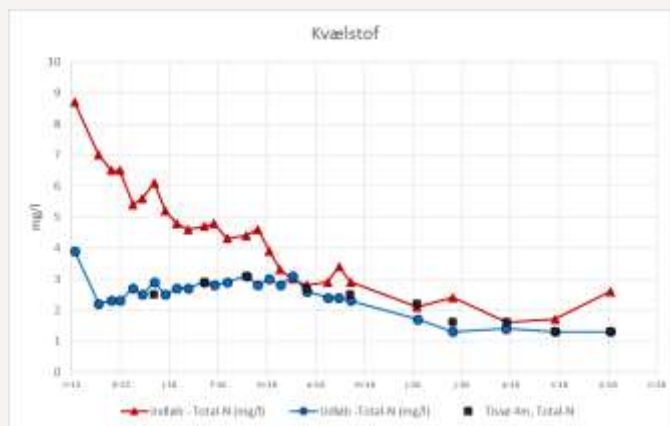
- > Der er en stor (naturlig) variation i søvandets kvalitet, pH, temperatur og humusindhold
- > Variationen i vandkvalitet giver udfordringer i forhold til vandbehandlingen
- > Specielt giver humus-indholdet store problemer – 10 x så stort kemikalieforbrug som typisk norsk søvand kræver
- > Usikkerhed om udvikling og beliggenhed af springlag i søen og vandkvalitetsforhold over og under dette
- > Et års måleprogram sat op...



9 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER



## Udfordringer og løsninger - vandkvalitet

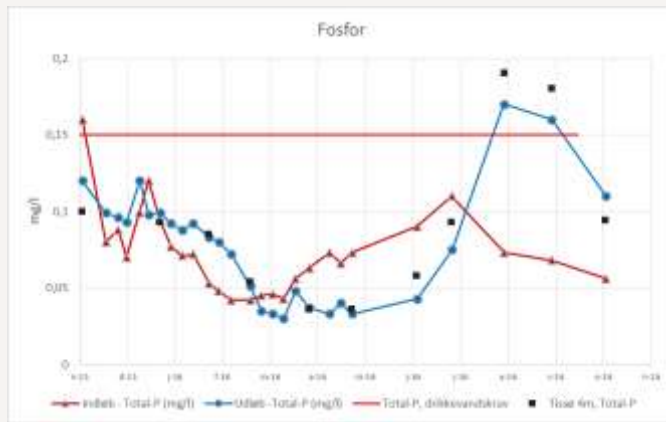


- > Kvælstof varierer meget i indløb, men bliver "dæmpet" ved det punkt, hvor der indvindes vand
- > Stor tilstrømning om efteråret/vinteren (vådt efterår 2015)
- > Vi mangler den sidste del...
- > Der sker en del omsætning af kvælstof i søen
- > Hvad vil fremtiden bringe (landbrugspakke...)?

10 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER



## Udfordringer og løsninger - vandkvalitet

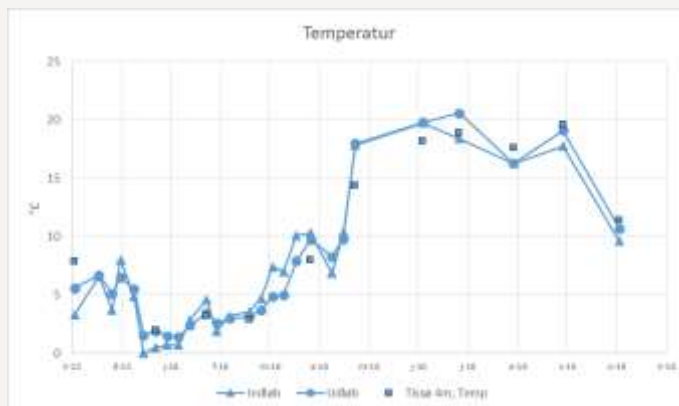


- > Fosfor varierer både i indløb og i udløb – faktisk større variation ved indtag og udløb end ved indløb
- > En del oplagret fosfor i søens bundsediment
- > Koncentration afhængig af vind (bundvand)?
- > Hvad vil fremtiden bringe (landbrugspakke...)?

11 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER



## Udfordringer og løsninger - vandkvalitet

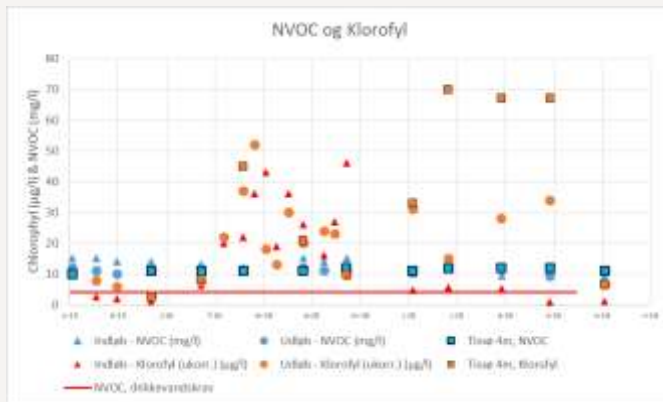


- > Temperatur i indløb, sø og udløb varierer synkront. Store variationer => udfordring for vandbehandling
- > Målinger viser, at der i 2016 **ikke** dannedes et springlag i søen
- > Måske dannes det i varmere somre?
- > Indvinding over/under springlag?

12 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER



## Udfordringer og løsninger - vandkvalitet



13 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER

- > NVOC varierer ikke voldsomt
- > Klorofyl varierer meget både ved indløb og udløb – ved indløb falder indholdet til lavt niveau, mens indholdet i søen (ved indtag) stiger til højt niveau
- > Afhænger af vindretning og – styrke (alger mv.)
- > Andre undersøgelser viser, at klorofyl varierer meget over søen også
- > Der er også foretaget humuskarakterisering



## Udfordringer og løsninger - vandkvalitet

- > Det er svært at gøre noget ved vandkvaliteten, men...
- > Der installeres en målebøjle med on-line transmission af data til forsyningen => early warning (forberedt på ændringer)
- > Kalundborg Forsyning arbejder målrettet med begrebet "water stewardship" i oplandet til Tissø. Kan belastningen nedbringes gennem interessentinddragelse o.l.?
- > Kan der indvindes vand via "lake bank filtration" (erhvervs post doc projekt)?

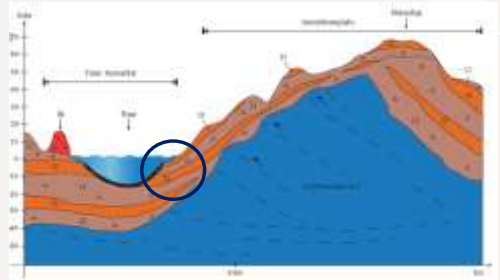


14 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER



## Udfordringer og løsninger - vandkvalitet

- > Kan der indvindes vand via "lake bank filtration" (erhvervs post doc projekt)? Dette vil sikre en "forfiltrering" og dermed mindske klorofyl-indhold og variationer i vandkvalitet, temperatur og pH => væsentlig nemmere at behandle vandet
- > Geofysisk kortlægning (MEP) viser, at der muligvis er lokale sandlag, der kan anvendes til "lake bank filtration"
- > Yderligere kortlægning af interaktion mellem grundvandet og søen via **Distributed Temperature Sensing** (og andre metoder) via erhvervs post doc projektet



15 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER



## Opsamling

- > Mission (næsten) completed!
- > Modelberegninger viser gode muligheder for at indvinde op til 10 mio. m<sup>3</sup>/år fra Tissø med acceptable konsekvenser for miljø og andre interessenter
- > Vandkvaliteten i Tissø varierer meget, hvilket giver anledning til store udfordringer for vandbehandlingen, derfor:
  - > der installeres en on-line målestation for at give en early warning på ændringer
  - > der undersøges yderligere omkring andre indvindingsmetoder (lake bank filtration)
  - > der overvejes tiltag i oplandet til Tissø for at mindske variationerne
- > Kalundborg Forsyning arbejder videre med water stewardship tankegangen i forhold til at sikre hele vandressourcen i kommunen

16 | 8. NOVEMBER 2016  
OVERFLADEVANDINDVINDING I TISSØ -  
UDFORDRINGER OG LØSNINGER

