



Samstyring mellem renseanlæg og opland samt udbygningsplan 2035+

Carsten Thirsing

Senior Procesingeniør

Miljø og plan

ct@biofos.dk

BIOFOS opland



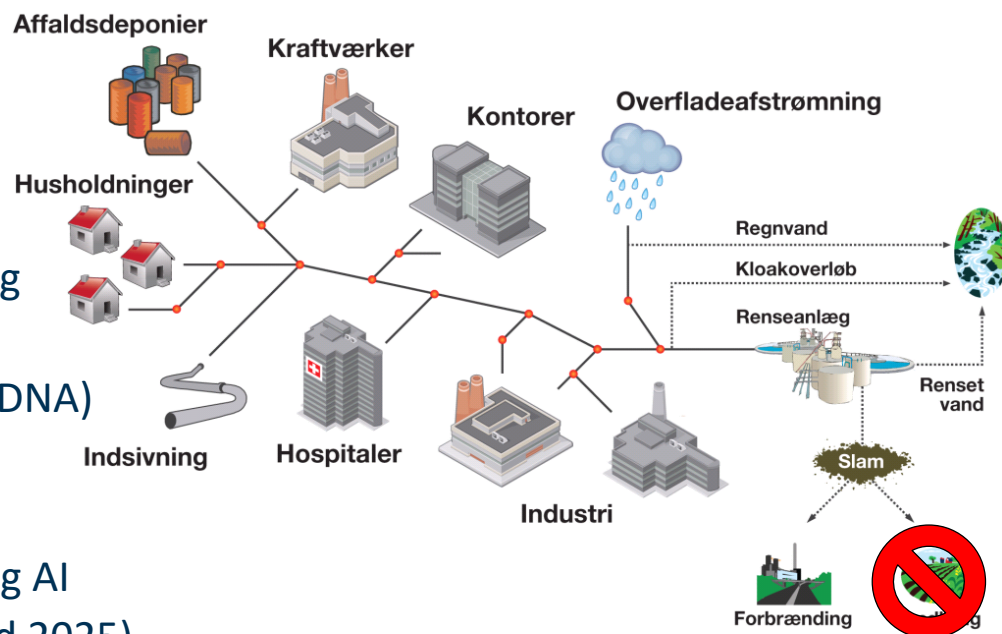
15 EJERKOMMUNER

9 aktionærer
8 forsyninger (kunder)
1,2 mio. indbyggere
3 renseanlæg
60 km transmissionsledninger

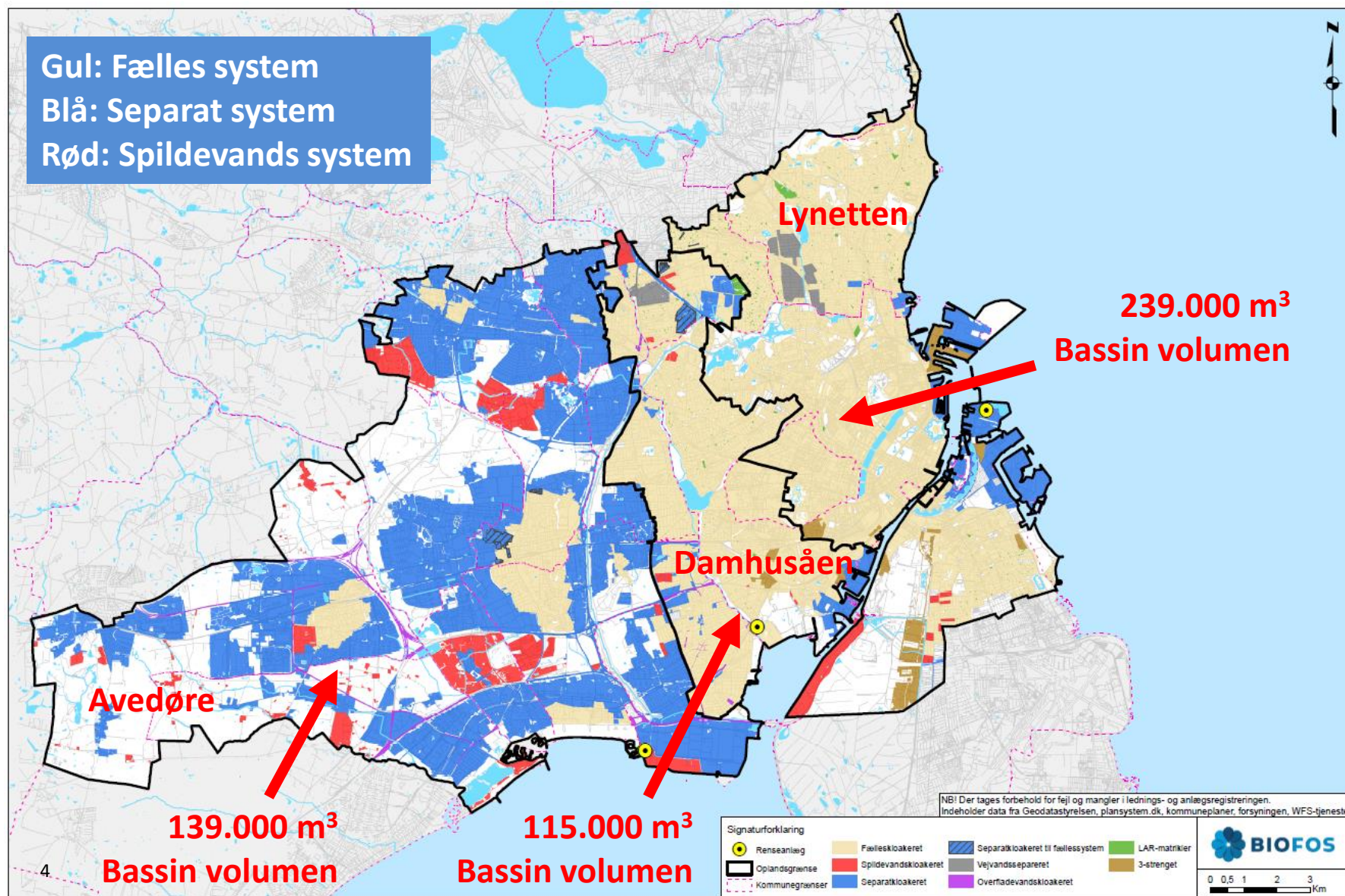
Fremtidige temaer

- Effektivisering
 - Yde mere for mindre (drift og anlæg)
- Fra nedbrydning til ressourcegenvinding
 - Mere C udnyttet til energi
 - Raffinering, kulstof, protein
 - Næringssalte, P genvinding
- Nye fokusstoffer
 - mfs, medicin, mikro plast
- Samspil mellem opland og renseanlæg
- Data og automatisering
 - Nye målere og analysemetoder (DNA)
 - Bedre brug af data (på tværs)
 - Datakvalitetskontrol
 - IOT, 'Big data', neurale netværk og AI
- Befolkningsudvikling (+ 15% frem mod 2025)
- Klima
 - Øget nedbør, mere intens regn
 - Indsivning, stigende grundvandsspejl
 - Skybrud, oversvømmelse fra havet

Fra 'renseanlæg' til 'Vand og ressource genvindings anlæg'



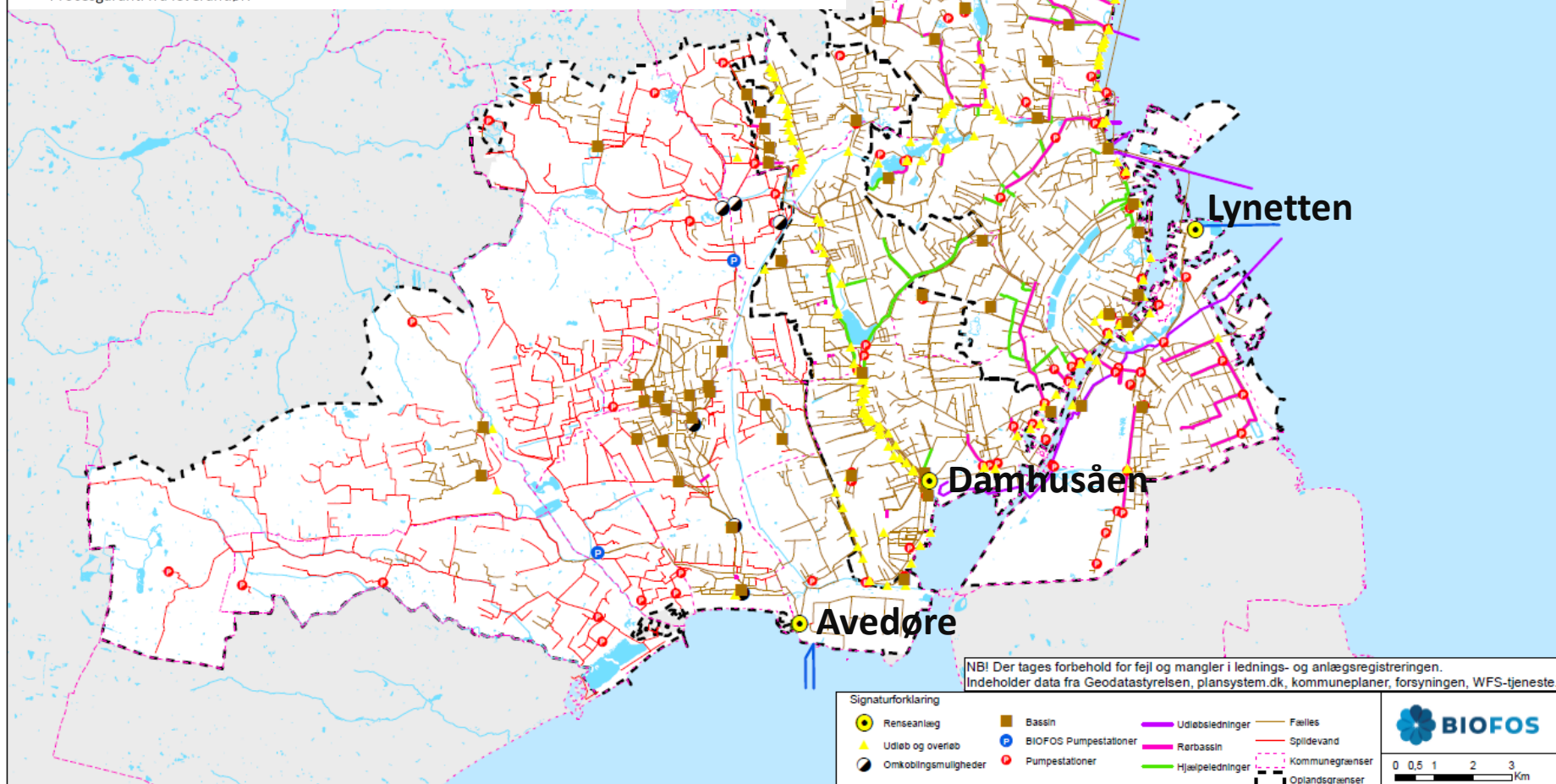
BIOFOS opland



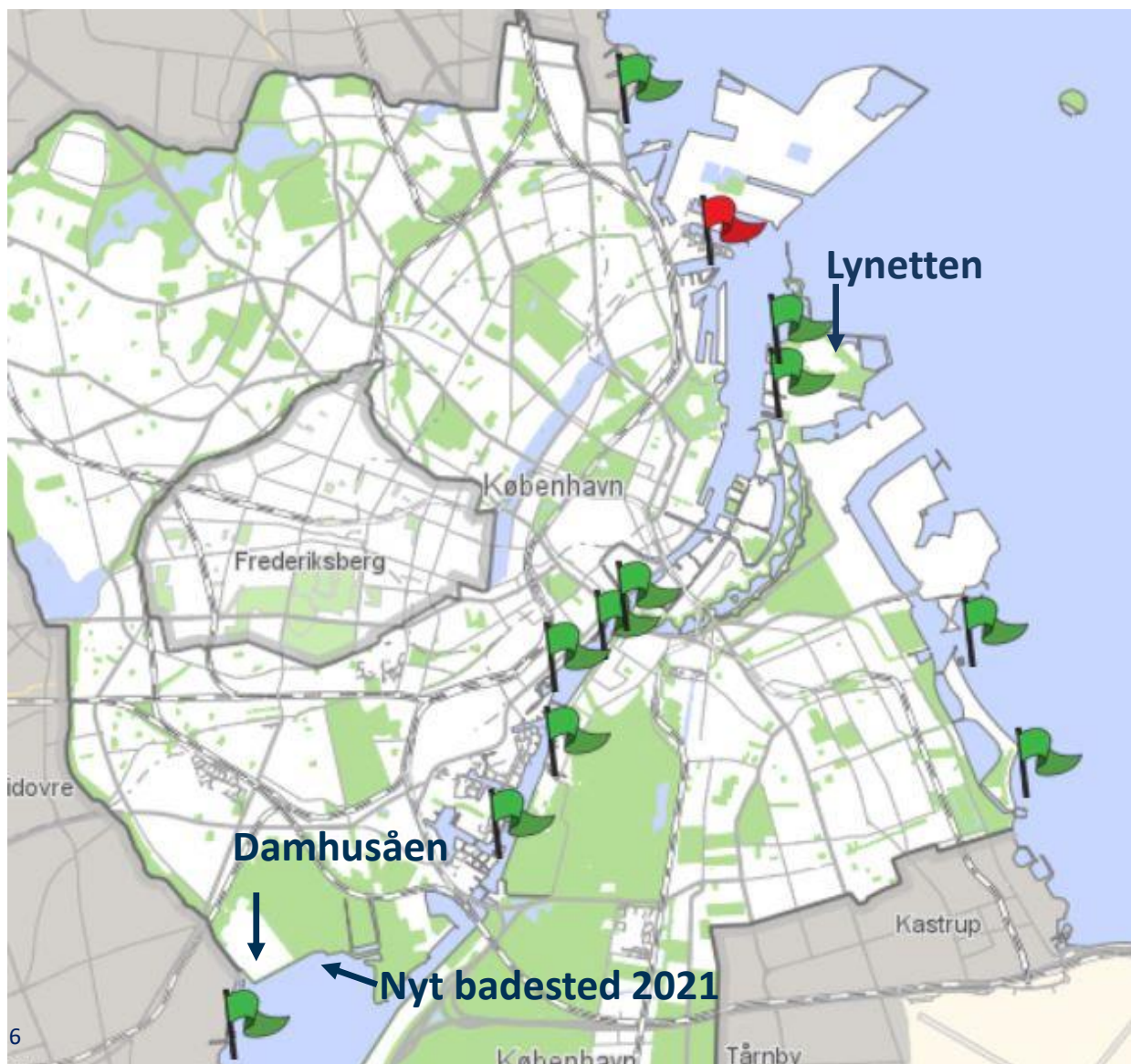
Tabel 2. Renseanlæggenes hydrauliske kapaciteter

	RL	RD	RA
Max. hydrauliske kapacitet indløb [m ³ /time]	41.500	28.000	20.000
Max. biologiske kapacitet [m ³ /time]	23.000	10.000	10.000
Max. biologiske kapacitet [m ³ /time] vintermåneder [dec.-april]			7.500*

* Procesgaranti fra leverandør.



Badesteder i Københavns havn



Flagets farve indikerer
badevandskvaliteten

<http://www.badevand.dk>

BIOFOS



STRATEGI FOR BIOFOS 2015-2020

– MED PEJLEMÆRKER MOD 2025

VI SKABER BÆREDYGTIGT VANDMILJØ
OG UDVINDER RESSOURCER
TIL NYTTE OG GAVN FOR DIG OG DIN BY



BIOFOS

BIOFOS strategi - Pejlemærker mod 2025

Pejlemærkerne er meget ambitiøse, og vi vil i perioden 2015-2020 skabe forudsætningerne for, at de fire pejlemærker bliver realistiske at nå i 2025:

- Alle restprodukter fra vores kerneprocesser genanvendes eller nyttiggøres fra 2025
- Hele BIOFOS er CO₂-neutral i 2025
- Hele BIOFOS er netto energiproducerende i 2025
- Al planlægning, koordination, styring og drift af regn- og spildevandshåndtering betragtes som ét sammenhængende system i hele BIOFOS' opland i 2025



EU vand ramme direktivet

- Implementeringen af EU's vand ramme direktiv sker med det formål at opnå god økologisk og kemisk tilstand for alle vandområder i 2027
- Der er nye krav i forbindelse med implementering vedrørende udledningen af total-N til vandområde Øresund (reduktion på 239,4 t/år)
- BIOFOS skal derfor reducere total-N udledningen til Øresund med 200 t/år. (25% reduktion), fra 800 t/år -> 600 t/år.
- Reduktionen gælder den samlede udledningen af total-N i både bypass af mekanisk rensset spildevand og det rensede spildevand fra det biologiske behandlingstrin
- Bypass af mekanisk rensset spildevand skal reduceres med 80 – 90%



Københavns kommune, Spildevandsplan 2018

Offentliggjort medio december 2018



Spildevandsplanen skal sikre en miljømæssig og hygiejnisk håndtering af spildevand i Københavns Kommune

Der er tre målsætninger for udbygningen af Renseanlæg Damhusåen og Renseanlæg Lynetten:

- renskapaciteten skal udvides som følge af byudviklingen,
- miljøpåvirkningen fra bypass og miljøfarlige stoffer skal begrænses og
- vandområdeplanernes fremtidige krav om yderligere kvælstoffjernelse skal håndteres.

Renseanlæggene skal senest i 2026 være udbygget, så mængden og hyppigheden af bypass reduceres med 80-90 %, og så mængden af udledt kvælstof mindskes med 200 t/år. Staten vil i 2021 i forbindelse med vandområdeplanernes tredje og sidste planperiode fastlægge kravet til udledt kvælstof fra rensplanlæggene.

Formål med udbygningsplanen

- Udmøntning og realisering af BIOFOS' udbygningsstrategi, der skal sikre:
 - At renseanlæggenes kapacitet svarer til den fremtidige belastning fra befolknings- og erhvervsudvikling
 - At renseanlæggenes kapacitet svarer til den fremtidige tilledning af spildevand og regnvand under hensyn til klimaændringer og tiltag i oplandet
 - At renseanlæggene kan overholde fremtidige udlederkrav, herunder især øget rensning for kvælstof og mindre bypass på Renseanlæg Lynetten og Renseanlæg Damhusåen
 - At renseanlæggene tilsammen er netto energiproducerende og CO₂-neutrale

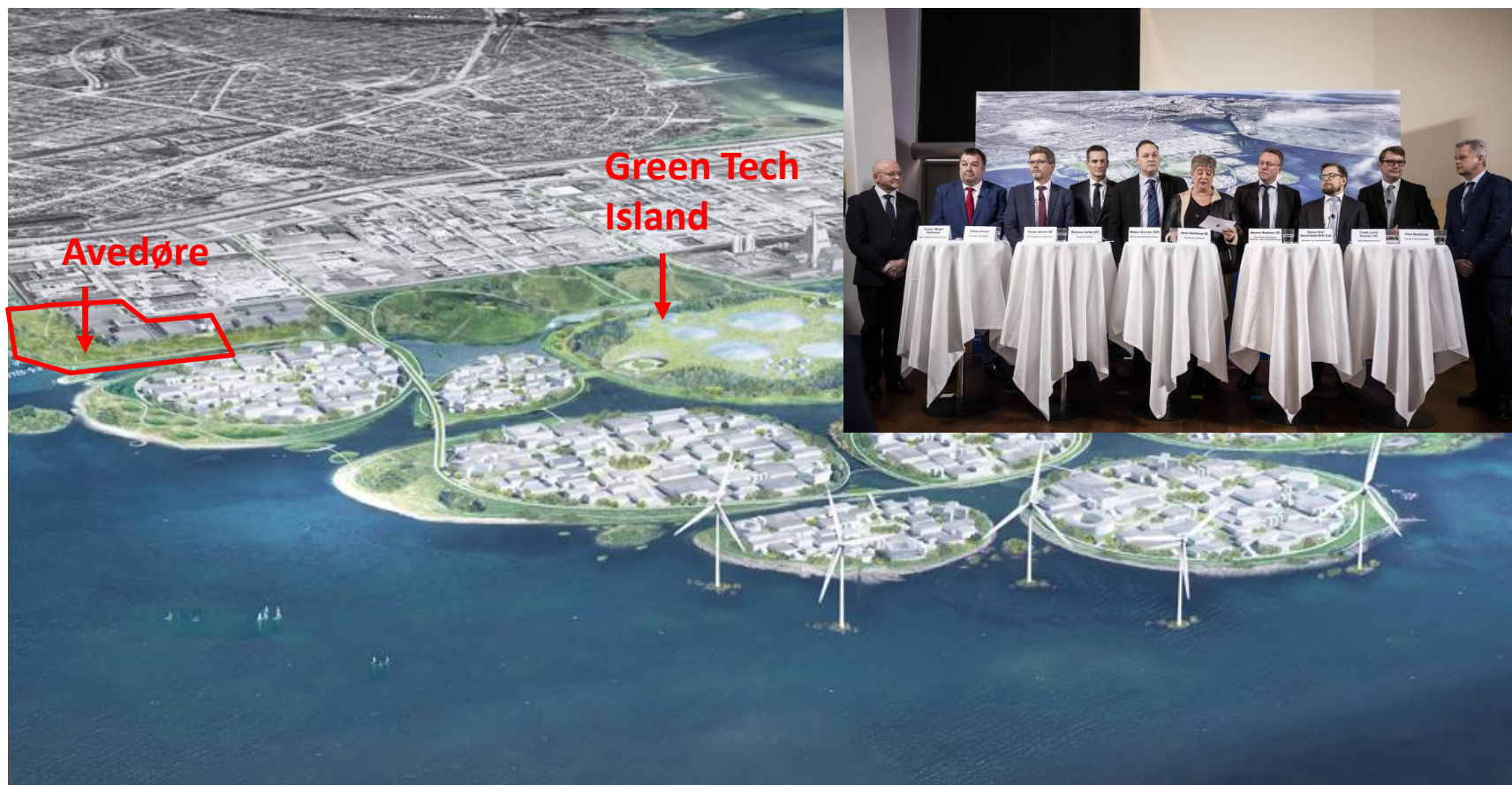
6. oktober 2018 - pressekonference Lynetteholmen, ny Ø I København



Lynetteholmen Oversigt



7. januar 2019 - pressekonference Holmene – 9 nye øer ved Avedøre Holme



Udbygningsplan 2025

Målsætninger for løsninger

- Belastningstilvækst befolkning 20-30 % - stof og vand
- Belastningsændring hydraulik – afhængig af afløbssystemet
- Skærpet til kvælstof udledning (N krav), udledning reduceres med ca. 200 t/år
- Skærpet krav til udledning af mekanisk rensed spildevand (bypass)
 - N krav (- 200 t/år) overholdes
 - Badevandskvalitet "Udmærket" overholdes
 - Minimer påvirkning fra udledning af miljøfremmede stoffer
- Reducer energiforbrug
- Reducer / minimere CO₂ udledningen
- Økonomisk proportional, § 11 godkendbar af Forsyningssekretariatet
- Skal understøtte sikker drift og vedligehold (robuste løsninger)

Udbygningsplan 2025

Strategi

Udbygningsstrategi – 4 spor

- S1 Udnyttelse og optimering af den eksisterende kapacitet
- S2 Udnyttelse og optimering af samstyring mellem opland og renseanlæg
- S3 Imødekommelse af ændringer i belastning og myndighedskrav
- S4 Optimer energi- og CO₂-balancer



Kapacitetsvurderinger

Beregninger og data verificeret:

Emne	RL	RD	RA
Procesvolumen (luftningstanke)			
Belufts- kapacitet	$\div$	$\div$	
Hydraulisk kapacitet		$\div$	
Rådnetanke		$\div$	

To udbygningshorisonter - definition

- **Første udbygningshorisont – fra 2018 til og med 2025**

Til og med 2019:

- Opgradering til nuværende forudsatte kapaciteter (S1-projekter)

Efter 2019:

- Renseanlæggene udbygges til kapaciteten svarende til belastning i 2035, rådnetanke, efterklaringstanke og rør til bundbeluftning dog til godkendt PE
- Udbygning til overholdelse af de for nuværende kendte myndighedskrav

- **Anden udbygningshorisont – fra 2035 til 2045**

- Renseanlæggene udbygges til en kapacitet svarende til godkendt PE
- Eventuelle kapacitetsudvidelser foranlediget af skærpede myndighedskrav afledt af Vandplan III kan etableres på disponerede arealer
- Implementering af anlægsprojekter med det formål yderligere at optimere driften af rensesanlæggene i henhold til BIOFOS' målsætninger og pejlemærker

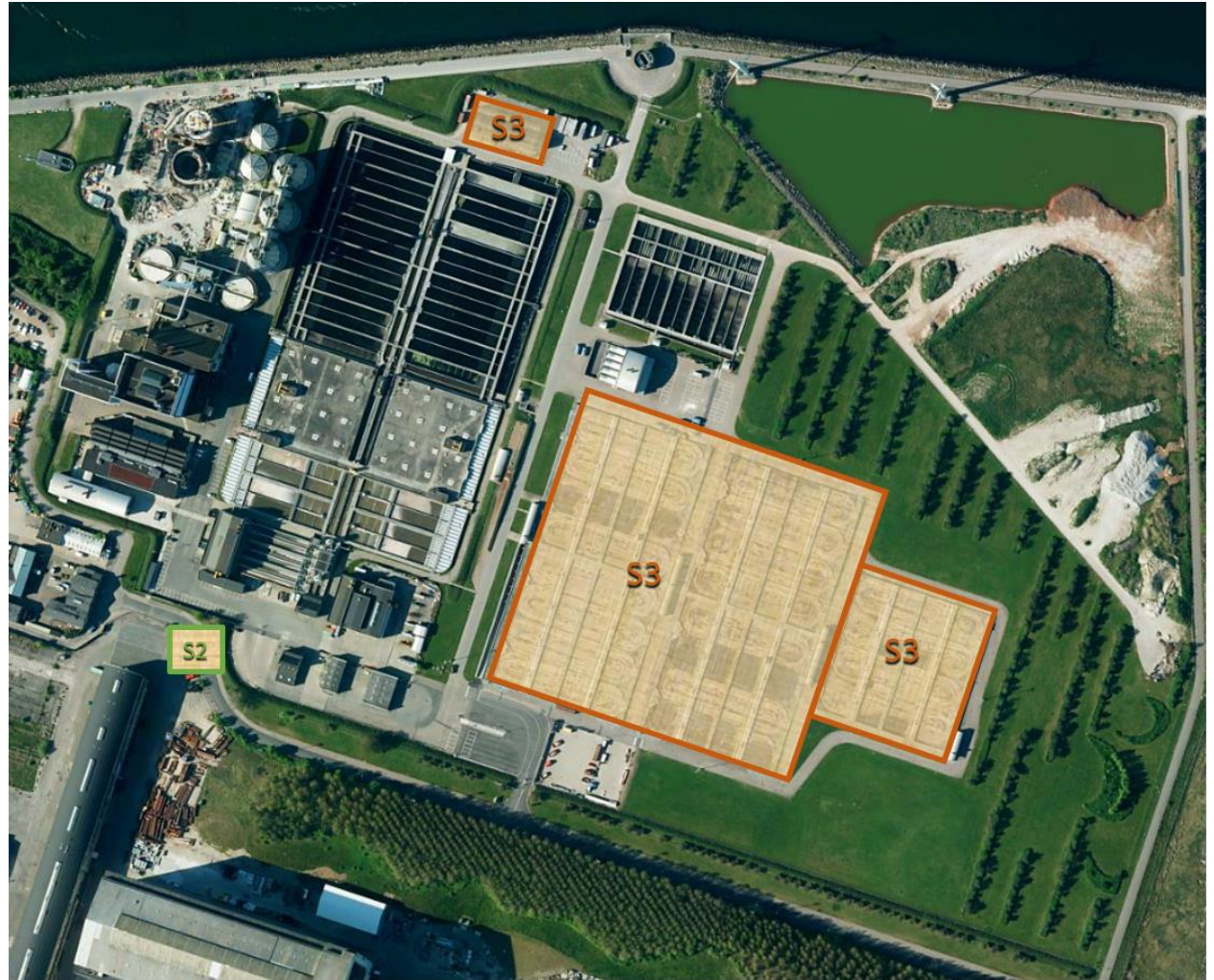
RL: Første udbygningshorisont 2018-2025

Udbygningsspor 2:

- Samstyring

Udbygningsspor 3:

- Bundbeluftning
- Optimeret styring (diverse)
- Udløbspumpestation



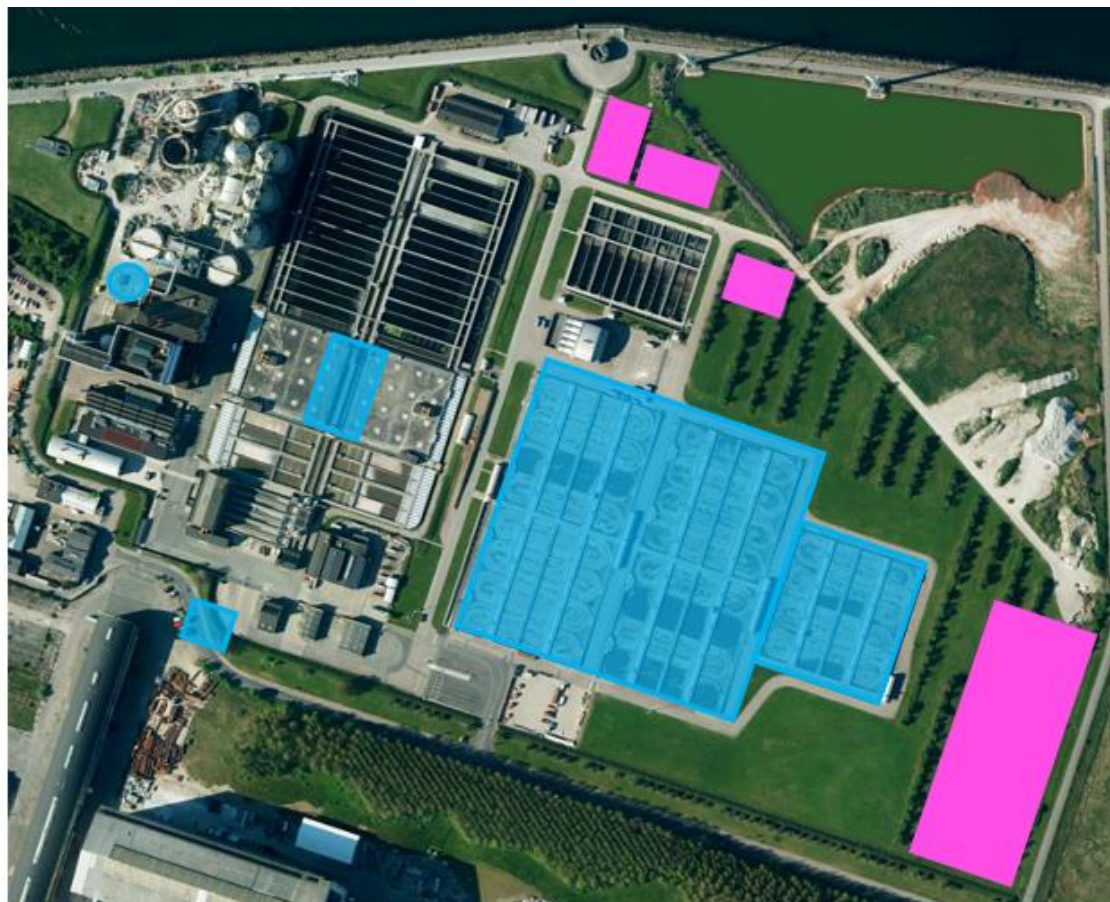
RL: Anden udbygningshorisont (2035-2045)

Kapacitetsudvidelse:

- Udvidelse af diffusorer og blæser kapacitet
- COD-høst
- Anammox
- Lattergas
- Forbedret bundfældning (Trin 1/2)
- Samstyring (implementering)

Skærpede myndighedskrav:

- Sparebassin
- Tertiær rensning
 - Efterpolering
 - Udvidet kvælstoffjernelse
 - Reduktion af MFS
 - Hygiejnisering



BIOFOS

RD: Første udbygningshorisont 2018-2025

Udbygningsspor 2:

- Samstyring

Udbygningsspor 3:

- Efterklaringskapacitet
- Udvidelse, mellempumpekapacitet (Inkl. renovering tavler, gl. MP)
- Hydrolyse (LTB-D)
- Optimering, hydraulisk fordeling til luftningstanke
- Forbedret bundfældning (Trin 1)
- Bundbeluftning
- Optimeret styring (diverse)
- Ny rådnetank
- Optimering/renovering, eksisterende rådnetanke



RD: Anden udbygningshorisont (2035-2045)

Kapacitetsudvidelse:

- Diffusorer & blæserkapacitet
- Anammox
- Lattergas
- Afvanding, primærslam

Skærpede myndighedskrav:

- Sparebassin
- Forbedret bundfældning (Trin 2)
- Tertiær rensning
 - Efterpolering
 - Udvidet kvælstoffjernelse
 - Reduktion af MFS
 - Hygiejnisering



Samstyring

Hvilke problemer skal løses . . .

- Mere bassinvolumen i oplandet reducerer antallet af lokale overløb og reducerer også risikoen for oversvømmelse af byen
- Dette øger dog mængden af regn og spildevand der skal behandles på renseanlægget
- Klimaforandringer, forøgede regnmængder og mere intens regn udfordrer afløbssystemet og renseanlægget
- Renseanlægget har en vis kapacitet af det biologiske trin => hvis bassiner i oplandet tømmes ukoordineret er der risiko for lokale overløb nedstrøms, og der er også risiko for at renseanlægget overbelastes hydraulisk, med forøget bypass til følge

Spørgsmålet er derfor:

Hvordan optimerer vi dette og hvordan får vi mest mulig nyttevirkning ud af afløbssystem og renseanlæg i fællesskab?

Der er forskellige løsningsmuligheder

1. Etabler ekstra bassinvolumen på renseanlægget (dyrt og kræver at der er ledigt areal på renseanlægget)
2. Opgrader kapaciteten af det biologiske behandlingstrin på renseanlægget (dyrt og kræver at der er ledigt areal på renseanlægget))
3. Implementer samstyring mellem opland og renseanlæg og reducer på det nødvendige bassin volumen (væsentligt billigere end løsning 1 og 2)
4. Kombiner samstyring med ekstra bassin volumen og/eller en opgradering af kapaciteten af det biologiske trin på renseanlægget

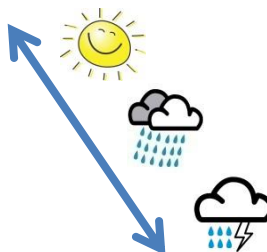
Brug af nedbørs forecast fra vejrm modeller kan give forecast på nedbør. Langtidsprognoser (12 - 24 h) på nedbør og specielt tørvejr er vigtige, for så er der mulighed for at styre afløbssystemet anderledes efter en regnhændelse (end man gør i dag)

Samstyring – opland ⇔ renseanlæg

Vi skal have en fælles kapacitetsudnyttelse

- **Optimeringsudfordringen:**

- Tørvejr
- Almindelig daglig regn
- Dimensionsgivende regn
- Skybrud



Der er brug for at optimere samstyringen på flere niveauer

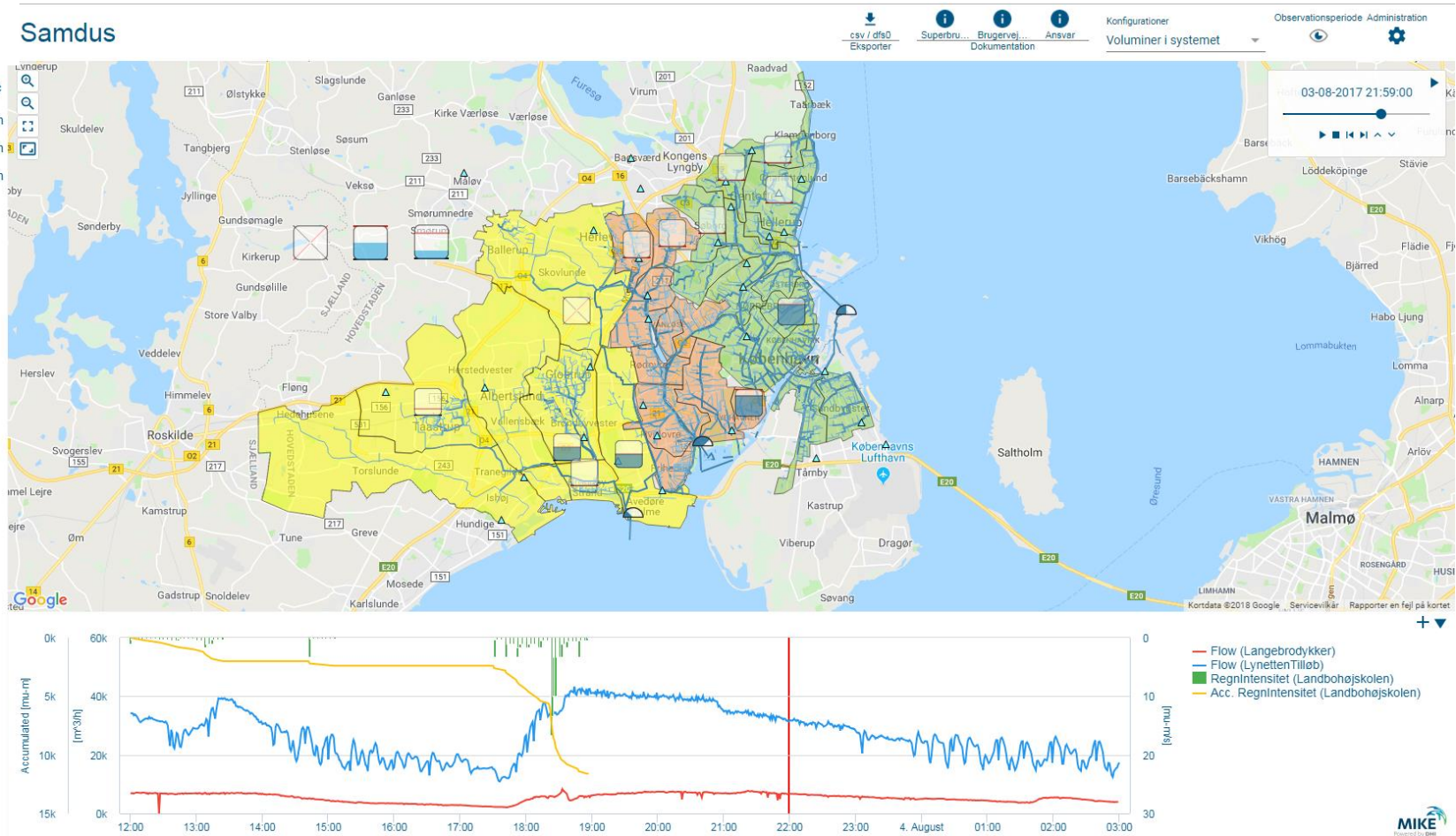
- **Der er forskellige styringstrin:**

- Global model prædiktiv styring (inkl. nedbørs forecast inkl. usikkerhed)
- Global styring ud fra målte parametre som niveau og flow (PLC)
- Lokale styringer
- Nødstyring (robuste tilbagefaldsstrategier)

- **Optimerings kriterier**

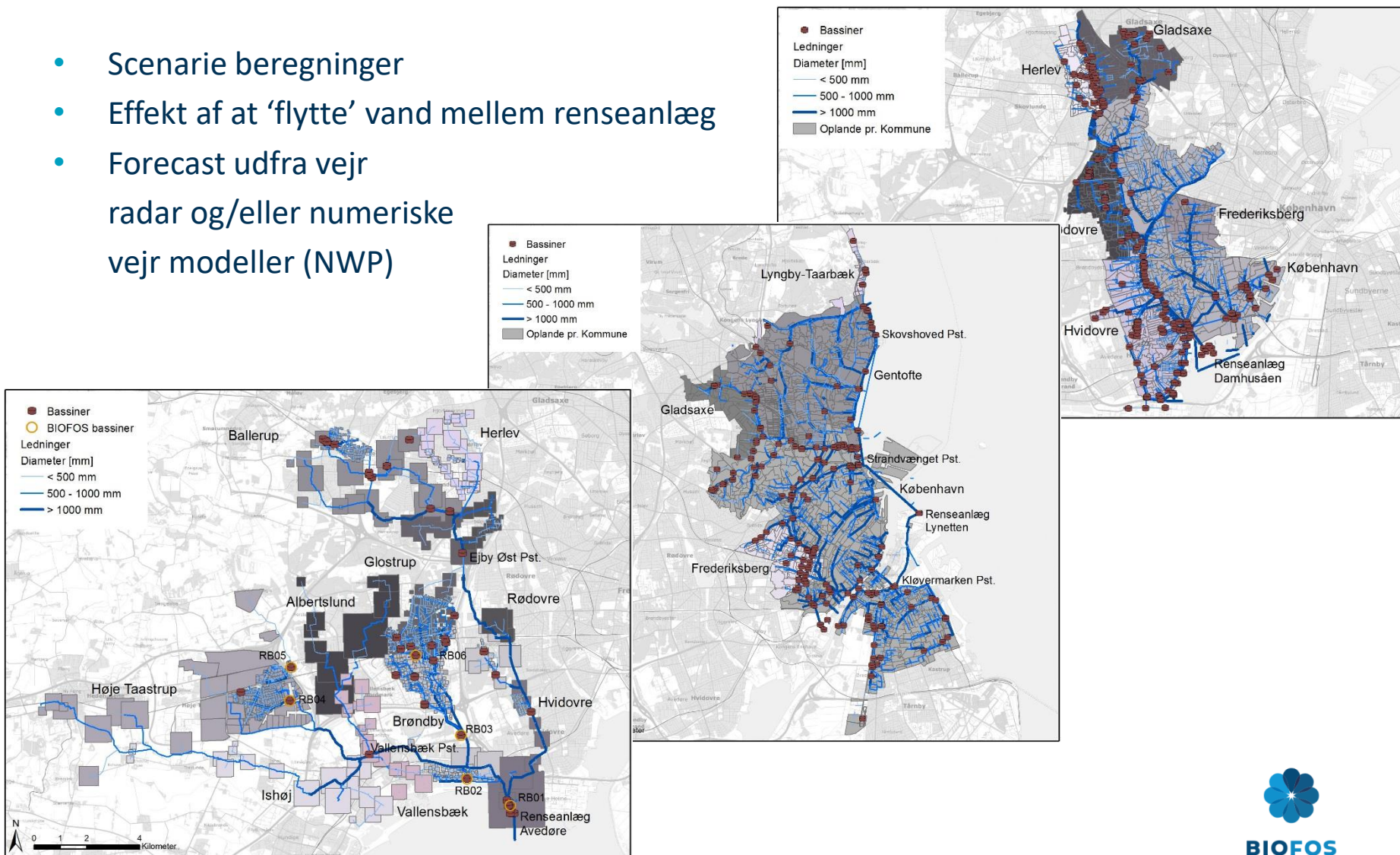
- Miljø: minimere bypass og/eller overløb, opstuvning, badevandskvalitet
- Tørvejr: energipris, minimere CO₂-emissioner
- Optimerings model skal være veldokumenteret og være accepteret af alle slutbrugere

SAMDUS – Etablering af fælles verdensbillede



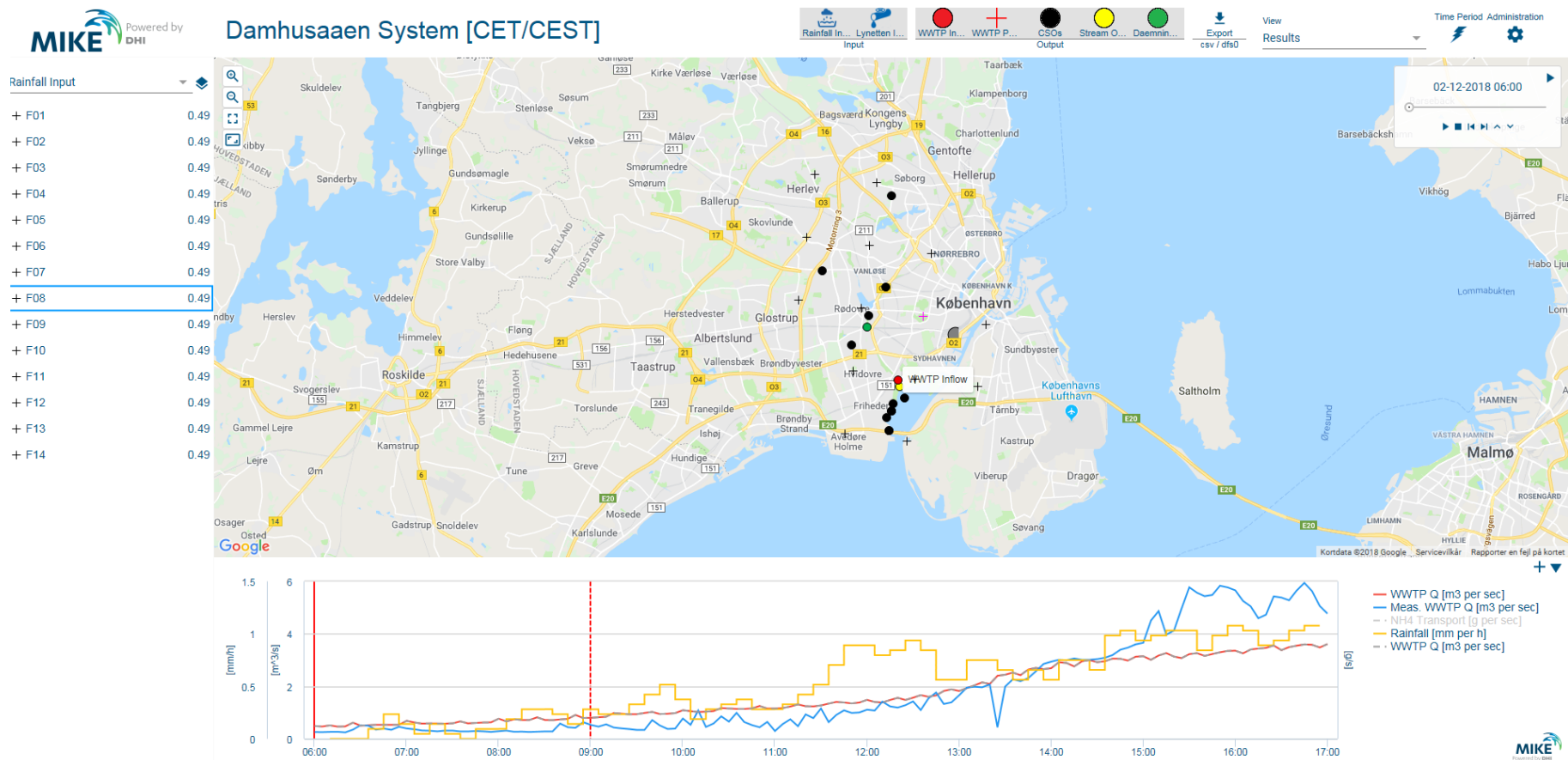
Hydrauliske modeller af de 3 oplande

- Scenarie beregninger
- Effekt af at 'flytte' vand mellem renseanlæg
- Forecast udfra vejr radar og/eller numeriske vejr modeller (NWP)



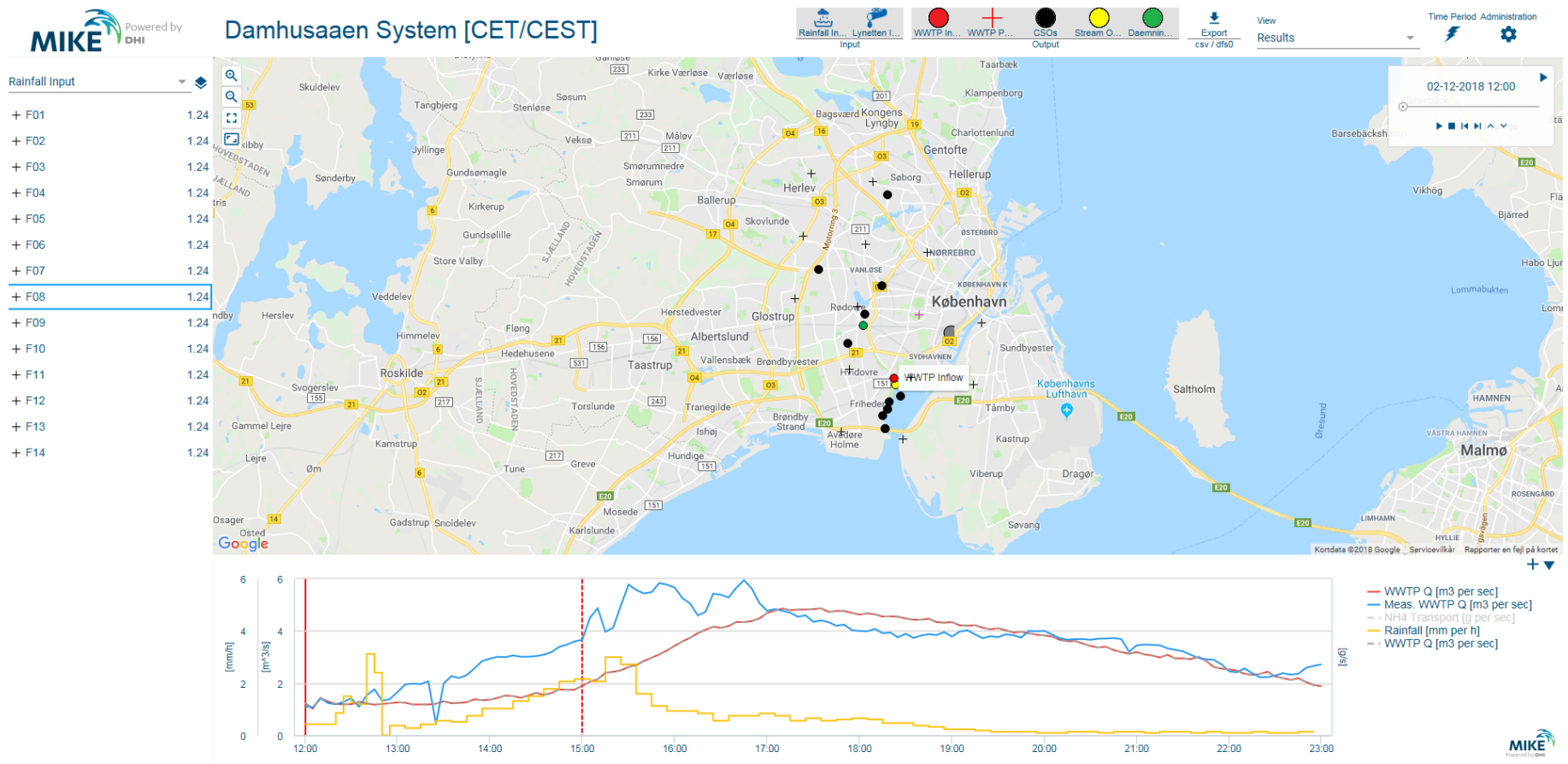
WSC - Tilløbsflow Damhusåen – 8 hr flow prognose

Prognose kørt kl. 9:00



WSC - Tilløbsflow Damhusåen – 8 hr flow prognose

Prognose kørt kl. 15:00



Eksempel: Samstyring Damhusåen (ICDAM)

HOFOR har bygget 2 nye bassin ledninger (Damhusledningerne) for at nedsætte antallet af overløb og overløbsvolumen til Harrestrup Å

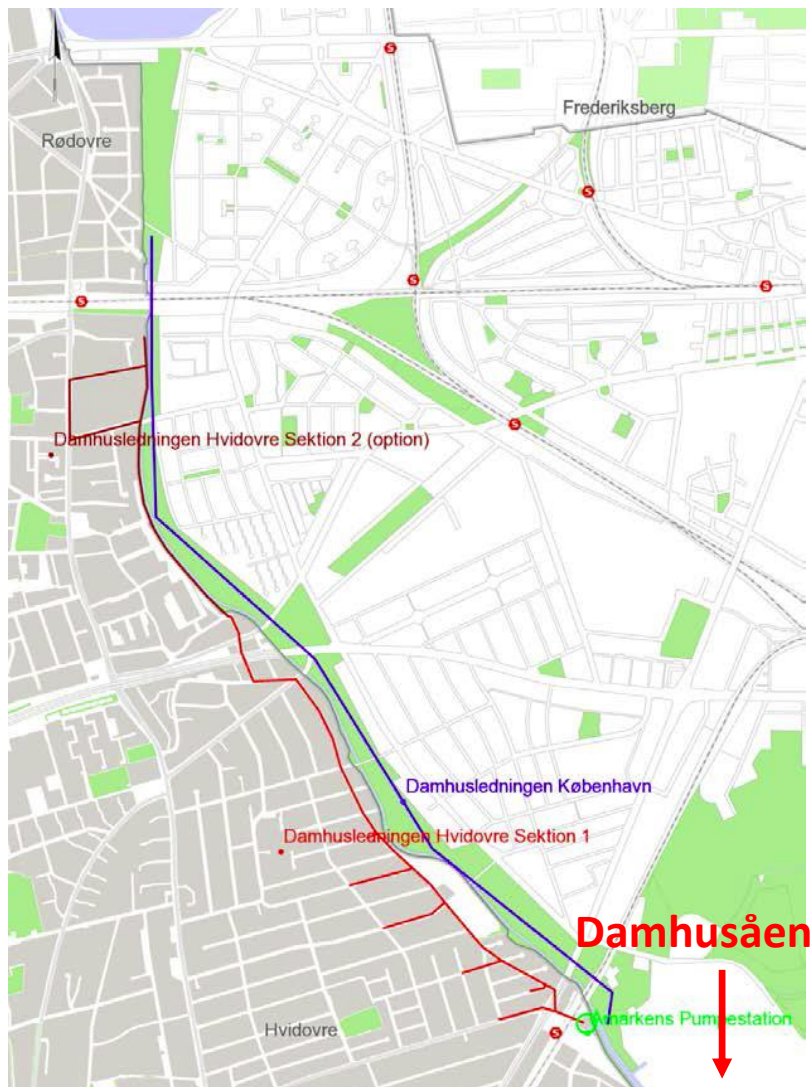
Bassin ledninger	Volumen (m ³)	Antal overløb pr. år
Københavner ledning	29.000	n=1
Hvidovre ledning	15.000	n=5
Total volumen	44.000	

Total investering 750 mio. Kr.

Københavner ledning Ø 3000 mm



Damhusledningerne



Københavnnerledningen:

- 3.400 m Ø 3.000 mm

Hvidovre ledningen:

- 1.700 m Ø 2.500 mm
- 400 m Ø 2.000 mm
- 300 m Ø 1.200 mm
- 1.000 m Ø 315 – 1.000 mm



Københavnner ledningen bygges

Scenarie beregninger - Damhusåen

1. Tøm ledningerne så hurtigt som muligt (Q max til renseanlæg 28.000 m³/h)
2. Tøm ledningerne efter kapaciteten i det biologiske anlæg, Qbiologi 10.000 m³/h)

Resultater	Renseanlæg		Opland	
	Antal bypass/år	Volumen m ³ /år	Antal overløb/år	Volumen m ³ /år
Scenario 1 Status	48	2.289.900	2	500
Scenario 2 Samstyring	43	1.747.000	5	30.000
Reduktion	-5	-542.900	+3	+29.500

Efter scenarie beregningerne er det sammen med HOFOR besluttet, at implementere samstyrings strategi 2, således at bassinledningerne tømmes efter renseanlæggets biologiske kapacitet. Implementering af styring er i gang

Samstyring Damhusledningerne

Business case

Byg ekstra bassinvolumen ved renseanlægget:

- Der bygges bassinvolumen ved renseanlægget således at bypass reduceres med 500.000 m³/år
- Bassin volumen 10.000 m³, ny pumpe station, lugt reduktions anlæg
- Implementeringstid > 2 år
- Implementeringspris 140 mio. Kr.

Implementering af samstyring:

- Etabler 2 nye flowmålere og niveau målere i oplandet
- Etabler dataudveksling mellem HOFOR <-> BIOFOS
- Etabler ny styring til bassintømning efter renseanlæggets kapacitet
- Implementerings tid ca. 6 måneder
- Implementeringspris ca. 2 mio. Kr.

Samstyring – hvor er vi i dag

- Samstyring kan benyttes til at få mere ud af det samlede system bestående af afløbssystem og renseanlæg
- Samstyring kan reducere omkostningerne til ekstra bassin volumen ved renseanlæg eller i oplandet (1 m³ bassinvolumen koster 12.000 kr. i byområder)

Der er dog stadig udfordringer:

- Samstyring kræver yderligere sensorer (eks. flow og niveau)
- Samstyring kan kræve at der skal implementeres nye styringshåndtag i afløbssystemet (spjæld og ventiler)
- Vi har brug for bedre nedbørsforecasts, (af både regn og tørvejr)
 - Både kort tids forecast og langtids forecasts med usikkerhed
- Optimeringsmodellen skal være veldokumenteret og accepteret af alle brugere
- Start småt, men tænk stort

Et kik i krystalkuglen, hvad bringer fremtiden

- Bedre, billigere og mere robuste sensorer der let kan implementeres i afløbssystemet og på renseanlægget
- Online nedbørsdata på 'standardform' som eksempelvis regn intensiteter der direkte kan benyttes af forsyningerne (VeVa)
- Renseanlægget beregner og udstiller biologisk kapacitet $Q_{biologi}$
- Opdaterede hydrauliske modeller, der kan bruges både til scenarie vurderinger og online samstyring for at vurdere 'bedste reguleringstiltag'. Eksempelvis i forbindelse med model prædiktiv styring
- Datasiloer er nedbrudt, data er tilgængelige
- AI og neurale netværk, giver nye muligheder for data processering
- Frie nationale data, eksempelvis data fra DMI er til rådighed

Spørgsmål ?

‘Grøn kile’ regnvandsbassin – 78.000 m³