

Intelligent samstyring af indvindingsboringer

Fyrtårnsprojektet ”Fremtidens Drikkevandsforsyning”
Arbejdspakke 1

Marts 2016



Miljø- og Fødevareministeriet
Naturstyrelsen

Uandsektorens
Teknologiudviklingsfond

Titel:

Intelligent samstyring af indvindingsboringer

Forfattere:

Anette Andersen, Henrik Juul

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

Foto:

-

Illustration:

Forfatterne

År:

2016

Kort:

-

ISBN nr.

[xxxxxx]

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøministeriet offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøministeriet. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøministeriets synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøministeriet finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik. Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Indhold	3
Forord.....	4
Konklusion og sammenfatning	5
(UK summary in DK version).....	6
1. Mål.....	7
2. Udført arbejde.....	8
3. Resultater	9
3.1 Overordnede resultater.....	Fejl! Bogmærke er ikke defineret.
3.2 Features i kildepladsmodellen.....	9
3.3 Beregningsprincipper	9
3.4 Begrænsende bånd.....	12
4. Perspektivering	13
4.1 Forretningsplan og go-to market	13
4.2 Forretningsmuligheder	13
4.3 Formidling.....	14
Referencer	15

Forord

FutureWater

Future Water projekter indeholder en række tiltag, som samlet søger at løfte viden og udvikling på drikkevandsområdet i Danmark til gavn for vækst og ekspansion på området. Projektet realiseres i et samarbejde mellem de 3 største vandselskaber i Danmark, flere rådgivere og forskningsinstitutioner.

Den dynamiske kildepladsmodel, uGraph Water Abstraction (uGWA) er et delprojekt i fyrtårnsprojektet Fremtidens Drikkevandsforsyning (Future Water). Den dynamiske kildepladsmodel omhandler ”Intelligent samstyring af indvindingsboringer” og omfatter en videreudvikling af et eksisterende stationært værktøj, som kombinerer pumpeberegninger, råvandsnetberegninger samt grundvandsmagasinet og boringernes respons på indvinding med det formål at minimere energiforbruget til oppumpning af grundvand og transport i råvandsledningsnettet.

Konklusion og sammenfatning

Under projekt "Fremtidens Drikkevandsforsyning", WP1, "Intelligent samstyring af indvindingsboringer" er udviklet en dynamisk kildepladsmodel, uGraph Water Abstraction (uGWA). Kildepladsmodellen er testet på 2 kildepladser hos VandCenter Syd (VCS) og er fortsat i test hos Aarhus Vand (AAV) og HOFOR. Den dynamiske kildepladsmodel er udviklet af Orbicon A/S.

Den dynamiske kildepladsmodel er et modellerings- og simuleringsværktøj, som kan anvendes til at finde den optimale konfiguration af pumper i et kildefelt. Kildepladsmodellen beregner tryk, flow og energiforbrug og indeholder en optimeringsrutine, som automatisk beregner de mest energioptimale kombinationer af pumpefrekvenser og tænd/sluk af pumper, under hensyntagen til eventuelle krav til råvandskvalitet, påvirkning fra eksterne borer og påvirkning af grundvandsressourcen (min/max grænser på volumen og vandspejl).

Ud over at fungere som et driftsværktøj til realtime styring af indvindingen vha. SCADA-integration, kan kildepladsmodellen (i den stationære version) også anvendes som planlægningsværktøj. Brugeren kan således køre simuleringer af forskellige scenarier og for hvert scenarie få fremvist Q/H-kurver samt trykniveau i de enkelte ledningsstrækninger. Modellen gør det dermed muligt at identificere uhensigtsmæssigheder i systemet og optimere renoveringsprocesser.

De gennemførte tests har vist energibesparelser på op til 40-50%.

UK summary

During Future Water - WP1 “Intelligent coordination of extraction wells” the dynamic well field model, uGraph Water Abstraction (uGWA) has been developed. uGWA is tested in two well fields at VCS Denmark and ongoing tests are being performed at Aarhus Water (AAV) and HOFOR. uGWA is developed by Orbicon A/S.

uGWA is a modelling and simulation tool able to determine the optimal configuration of all the pumps at a certain well field. uGWA calculates pressure, flow and energy consumption, and contains an optimization routine that automatically determines the most energy efficient combination of pump frequencies and powering of pumps. The calculations are performed taking into account any specific requirements related to e.g. raw water quality, effects from external extraction wells or impacts on the aquifer (min./max. boundaries regarding volume and ground water table).

uGWA, in addition to the feature of an operation tool for real time management by SCADE integration, also has the feature of a planning tool (stationary version). The user is able to simulate different scenarios, each showing Q/H graphs and pressure level for the specific pipelines. uGWA makes it easy to identify any inexpediencies in the system and makes it possible to optimize renovation plans.

So far the completed tests have proven energy savings up to 40-50%.

1. Mål

Målet med projektet er at udvikle et dynamisk værktøj, der kan hjælpe vandforsyninger med at sikre den mest optimale drift af kildepladsen. Ud over energioptimering skal værktøjet kunne tage højde for en række væsentlige hensyn, herunder råvandskvalitet og påvirkning af grundvandsressourcen. Med input fra forsyningens SCADA-system skal den dynamiske kildepladsmodel kunne anvendes til realtime styring af vandindvindingen. Derudover er målet, at værktøjet skal være fleksibelt, således at det også kan anvendes til styring af mere komplicerede kildepladser med fx ringforbundne råvandsnet, boosterpumper og trykholdeventiler.

Næsten alle større forsyningsselskaber har fjernovervågning af deres kildepladser. SCADA-systemerne modtager løbende drifts- og overvågningsdata såsom tryk, flow, pejlinger, kemi og lignende. I dette projekt er målet, at data videresendes til den dynamiske kildepladsmodel, der realtime udregner den mest optimale drift. Målet er, at modellen har de relevante hensyn indlagt som tolerancer og algoritmer, der bestemmer vilkårene for optimeringen. Det beregnede driftsmønster tilbagesendes til SCADA-systemet, der tilpasser driften ved at styre boringernes produktion.

2. Udført arbejde

Udvikling af den dynamiske kildepladsmodel, uGraph Water Abstraction er gennemført i en række trin, som er:

- Opstilling af kravspecifikation
- Kodning af features og interne tests
- Test hos de 3 forsyninger
- Løbende tilretning

I projektets opstartsfasen blev der opstillet en kravspecifikation for features i den dynamiske kildepladsmodel. Kravspecifikationen blev opstillet med deltagelse af Vandcenter Syd (VCS), Aarhus Vand (AAV), HOFOR og Orbicon.

På baggrund af features i kravspecifikationen blev den dynamiske kildepladsmodel udviklet. Ved hver ny feature i kildepladsmodellen er der foretaget en test til dokumentation for, at den dynamiske kildepladsmodel regner rigtigt. En række tests er foretaget i forhold til den oprindelige stationære kildepladsmodel, som er udviklet i Excel. Derudover er der også foretaget en række logiske tests til belysning af, om givne forhold simuleres korrekt i den dynamiske kildepladsmodel.

Eksterne tests er primært foretaget hos VCS. VCS har opstillet den dynamiske kildepladsmodel på 2 kildepladser. I forbindelse med opstilling og test hos VCS har VCS løbende givet tilbagemelding til Orbicon. Dette har betydet, at der løbende er foretaget en tilretning af features i den dynamiske kildepladsmodel. Endvidere har testen også ført til ønsket om yderligere features, der ligger ud over de, der oprindeligt blev defineret i kravspecifikationen. Yderligere ønsker er i høj grad indarbejdet i den dynamiske kildepladsmodel.

Opstilling og tests hos AAV og HOFOR har ikke givet anledning til ændring i features.

3. Resultater

Projektet har resulteret i en færdigudviklet dynamisk kildepladsmodel, som opfylder kravspecifikationen. Kildepladsmodellen er testet på 2 kildepladser hos VCS og er fortsat i test hos AAV og HOFOR.

Den dynamiske kildepladsmodel er et modellerings- og simuleringsværktøj med det formål at finde den optimale konfiguration for pumper i et kildefelt. Den dynamiske kildepladsmodel er et værktøj som beregner tryk, flow og energiforbrug. Kildepladsmodellen indeholder en optimeringsrutine, som automatisk beregner de mest energioptimale kombinationer af pumpefrekvenser og tænd/sluk af pumper, under hensyntagen til eventuelle krav til råvandskvalitet, påvirkning fra eksterne borer og påvirkning af grundvandsressourcen (min/max grænser for volumen og vandspejl).

3.1 Features i kildepladsmodellen

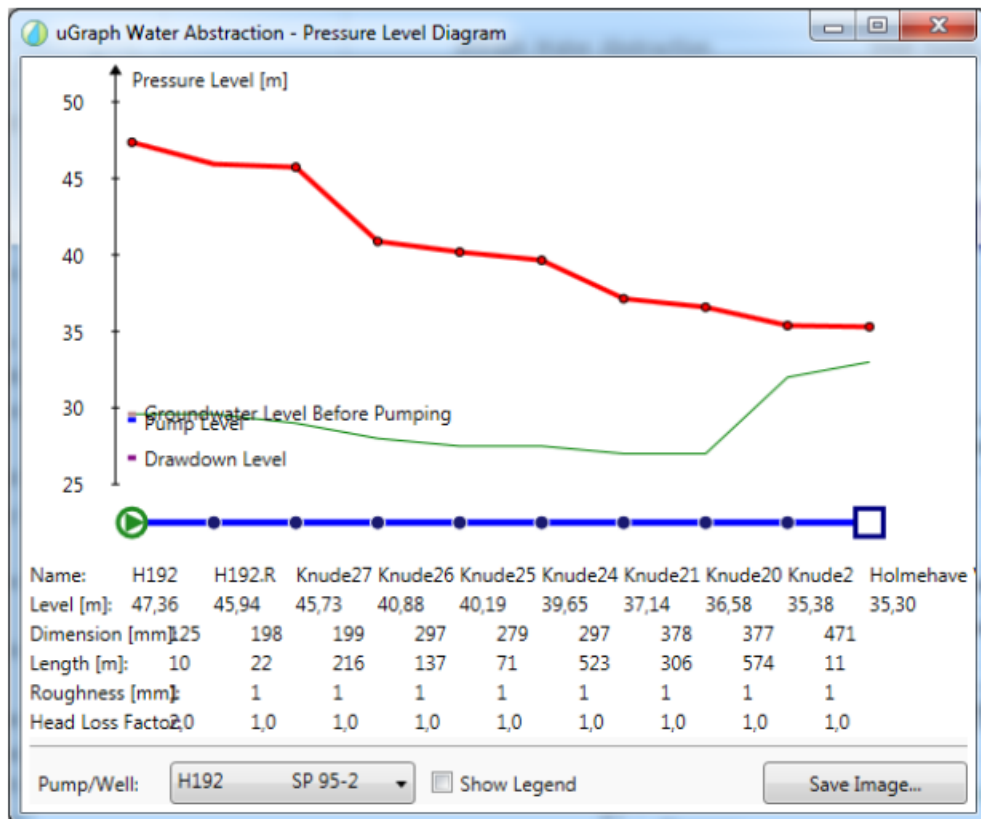
Den dynamiske kildepladsmodel indeholder følgende features:

- Optegning af ledningsnet med borer, pumper og vandværk m.m.
- Ringforbundne net
- Pumpekatalog
- Boosterpumper
- Trykholdeventiler
- Eksterne borer
- Vandkvalitet
- Grænser på vandspejl, volumen m.m.
- Kalibrering
- Optimering
- SCADA-integration

Ud over at fungere som et driftsværktøj til realtime styring af indvindingen vha. SCADA-integration, kan kildepladsmodellen (i den stationære version) også anvendes som planlægningsværktøj. Brugeren kan således køre simuleringer af forskellige scenarier og for hvert scenarie få fremvist Q/H-kurver samt trykniveau i de enkelte ledningsstrækninger. Modellen gør det dermed muligt at identificere uhensigtsmæssigheder i systemet og optimere renoveringsprocesser.

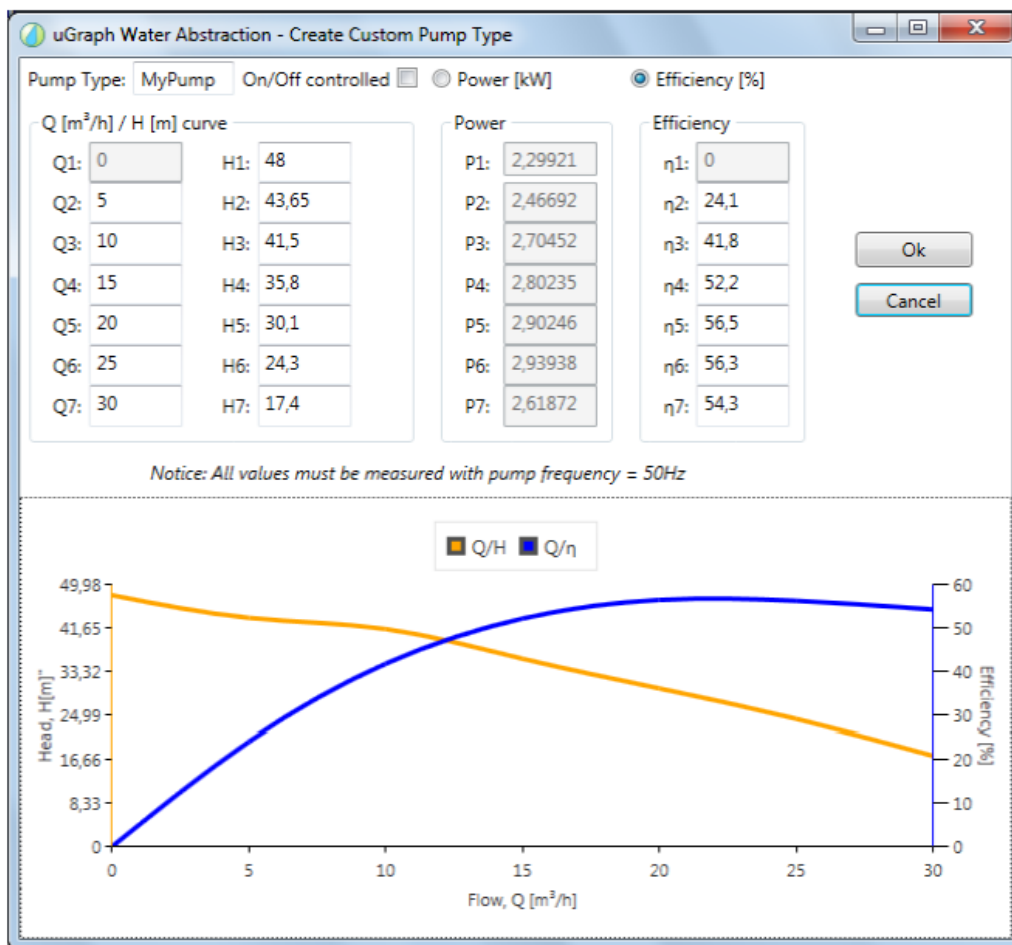
3.2 Beregningsprincipper

Kildepladsmodellen anvender en netværksmodel baseret på borer og råvandsledninger med knudepunkter til at forbinde hver ledning til et vilkårligt antal ledninger. Modellen kan håndtere boosterpumper, trykholdeventiler og eksterne borer. Endvidere kan den håndtere, at ledningsnettet er ringforbundet eller indeholder ringforbundne løkker. Efter kalibrering kan brugeren få fremvist trykniveaudiagrammer for de enkelte ledningsstrækninger samt Q/H-kurver for hver pumpe.



Det samlede energiforbrug beregnes ud fra energiforbruget til pumperne i de enkelte borer. Energiforbruget i en pumpe er styret af pumpekarakteristikken (Q/H-kurve og effektivitetskurve). Det aktuelle driftspunkt afhænger af, hvilken løftehøjde pumpe skal levere. Modellen beregner løftehøjden for hver enkelt pumpe dels ud fra trykforholdene i ledningsnettet og dels ud fra afsænkningen i boringen.

I modellen indgår et pumpekatalog med standardpumper. Derudover kan nye pumper også oprettes. Disse kan oprettes med 7 punkter på hhv. Q/H-kurven og effektivitetskurven.



Boosterpumper, dvs. en trykforøger indgår i uGWA, og er med til at definere et udgangstryk. I uGWA indgår også trykholdeventiler, som er med til at definere tilgangstrykket i en knude til et bestemt tryk.

Nærliggende borer, som ikke er en del af kildepladsen, men hvor der fx indvindes, eller hvor sænkning ønskes beregnet indgår også i modellen. Eksterne borer indgår i beregningen af sænkningen på samme måde som de øvrige borer tilknyttet kildepladsen.

I modellen er det muligt at udregne resulterende koncentrationer af forskellige stoffer i råvandet til vandværket. I princippet er det muligt at indlæse et uendeligt antal stoffer og koncentrationer og beregne den resulterende koncentration i det samlede råvand baseret på en gennemsnitlig koncentration vægtet med den aktuelle indvinding for borerne.

Den dynamiske kildepladsmodel kan foretage en automatisk kalibrering på baggrund af målt flow og trykniveau angivet af brugeren.

Optimeringsrutinen kan enten udføres offline eller online. I den stationære (offline) version angiver brugeren et nødvendigt flow, hvorefter optimeringsrutinen finder frem til den optimale driftskonfiguration i det pågældende scenarie. Således kan den stationære version af kildepladsmodellen bruges til at gennemregne og optimere et antal kendte driftsscenerier i offline mode. I den dynamiske version

læses indgangsværdier fra SCADA-systemet og de optimerede pumpefrekvenser for de enkelte pumper sendes dernæst tilbage til SCADA.

3.3 Begrænsende bånd

Brugeren af kildepladsmodellen har mulighed for at indlægge en række begrænsende bånd. De begrænsende bånd er:

- Nødvendigt flow
- Maksimal afsænkning i de enkelte borer
- Maksimalt flow i de enkelte borer, angivet som procent af det totale flow
- Maksimalt indhold af forskellige vandkemiske komponenter i det samlede råvand

Hvis der ikke er angivet begrænsende bånd, optimeres udelukkende med henblik på at opnå det laveste energiforbrug. Ved anvendelse af et eller flere begrænsende bånd køres kun scenarier, som ikke konflikter med grænserne i optimeringen.

4. Perspektivering

4.1 Forretningsplan og go-to market

Anvendeligheden af kildepladsmodellen, uGraph Water Abstraction vil være størst hos de mellemstore og store forsyninger i DK, da det er her de største energibesparelser vil findes, og her behovet for en optimeret og veldokumenteret drift er til stede. Værktøjet er i forbindelse med Future Water projektet blevet testet og er allerede implementeret på to kildepladser i hhv. VCS og AAV. Denne implementering forventes udvidet til at omfatte flere kildepladser hos VCS og AAV.

I løbet af efteråret 2015 er værktøjet blevet præsenteret for en række mellemstore forsyninger i DK, som har udvist stor interesse for produktet, hvorfor det forventes solgt og implementeret hos flere danske forsyninger i løbet af de næste par år.

Markedsføringen af produktet, som har fundet sted i løbet af projekt "Fremtiden Drikkevandsforsyning", har i efteråret 2015 afstedkommet en henvendelse fra et stort vandselskab i Chile.

Strategien for afsætning på udvalgte, internationale markeder er igangsat, og i løbet af foråret 2016 vil der blive afholdt møder med udvalgte tyske vandselskaber.

4.2 Forretningsmuligheder

Det øgede fokus på driftsoptimering hos vandforsyninger i DK omfatter alle led i produktionen af drikkevand. I særdeleshed på indvindingssiden er der mange hensyn, der skal tænkes ind. Det gælder blandt andet:

- Bæredygtighed i forhold til råvandsressourcen
- Nødvendig vandmængde
- Kontrolleret påvirkning ift. omgivelser og recipienter
- Styret råvandskvalitet i forhold til den videre behandling
- Optimering af den daglige drift og vedligeholdet
- Minimering af energiforbrug
- Forbedret CO₂-regnskab

Det er hensyn, der også er gældende i store dele af verden, og som det i dag ikke er muligt reelt at imødekomme.

Produktet uGraph Water Abstraction kan som realtime driftsværktøj behandle de hydrauliske sammenhænge mellem grundvandsmagasin, pumper og ledningsnet og hjælpe med til at optimere de enkelte driftsmønstre. Det er et unikt værktøj, og produktet vil således vise sit værd både i Danmark og internationalt.

uGraph Water Abstraction er et brugervenligt værktøj, udviklet til driftsfolk, og det kan integrere med allerede eksisterende styringssystemer, hvilket vurderes at være et stort aktiv i den fremtidige udbredelse af produktet.

4.3 Formidling

Projektet har i en række sammenhænge været præsenteret og formidlet individuelt og i sammenhæng med de øvrige arbejdsplaner under "Fremtidens Drikkevandsforsyning". Se i øvrigt kommunikationsplan i referenceafsnittet.

Særligt kan dog fremhæves:

1. Præsentation på Dansk Vand Konferencen, 2014
2. Præsentation på Dansk Vand Konferencen, 2015
3. Pressemeddelelse, presseomtale og præsentation på "Future Water" stand i forbindelse med AquaTech Amsterdam, 2015
4. Præsentation på IWA Water Efficiency Conference, USA, 2015
5. Præsentation på projektsitet www.futurewater.dk med beskrivelse
6. Animationsfilm www.futurwatercity.com
7. Abstract er godkendt til posterpræsentation på Singapore Water Week, juni 2016

Referencer

Kommunikationsplan

Tidsplan / frist	Aktivitet
16. september	Udsendelse af PM fra Miljøstyrelsen
16. september	Udsendelse af fælles PM
17. september	Interview til Altinget
19. september	Aflevering af input til kort notits i 'Dansk Miljøteknologi'
20. september	Aflevering af kort notits til VTUFs klumme i DanskVANDs oktobernummer samt kort artikel på baggrund af Miljøstyrelsens PM
27. september	Aflevering af artikel til White paper om vandforsyning (Rethink Water)
27. september	Kontakt til redaktør af FVDs blad 'Vandposten' mhp. senere omtale
1. november	Aflevering af input til artikel i VTUFs årsskrift
4. november	Aflevering af artikel til DanskVANDs decembernummer
7. november	Aflevering af input til emner på DANVAs Forsyningstræf hhv. 10. og 12. marts
21. november	Indlæg på generalforsamling i IWA danske nationalkomite
2014	
30. januar	Indlæg på Danish Water Research and Innovation Platform
13. marts	Indlæg på netværksmøde i Danish Water Technology Group
29. april	Præsentation af fyrtårnsprojektet på DWF temamøde hos GEUS
5. – 9. maj	Præsentation af fyrtårnsprojektet på den danske pavillon ved IFAT messe i München
2. juni	Aflevering af 7 abstracts til Dansk Vandkonference i november
2. – 4. juni	Præsentation af fyrtårnsprojektet på Nordisk Drikkevandskonference i Helsinki
11. september	Præsentation af fyrtårnsprojektet ved Fremtidens Vand konference i København
21. – 26. september	Præsentation af fyrtårnsprojektet ved IWA World Water Congress and Exhibition i Lissabon
15. oktober	Aflevering af abstracts til IWA konference 'Water Efficiency and Performance Assessment of Water Services Efficient', i april 2015, Cincinnati, Ohio

18. – 19. november	Præsentation af fyrtårnsprojektet på DANVAs Dansk Vandkonference
2015	
Marts	Forespørgsel afsendt til DANVA om muligheden for præsentation af fyrtårnsprojektets færdige produkter og udredninger i "full papers" på Dansk Vandkonference den 17. og 18. november
23. marts	Indlæg på Dansk Eksportforenings Business Forum ved Wasser Berlin Fachmesse und Kongress für die Wasserwirtschaft
20. – 24. april	Indlæg på IWA konference 'Water Efficiency and Performance Assessment of Water Services Efficient', Cincinnati, Ohio (WP1 – poster presentation, WP3 og WP4 – full paper presentation)
3. – 6. november	Præsentation af Future Water produkter på den danske pavillon ved Aquatech i Amsterdam
17. – 18. november	Præsentation af fyrtårnsprojektet på DANVAs Dansk Vandkonference
14 december	2-sides artikel i fagbladet "Ingeniøren"

Intelligent samstyring af indvindingsboringer

Arbejdsplan 1 under Fyrtårnsprojekt: "Fremtidens Drikkevandsforsyning"



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk