

Miljøstyring af vandindvinding med kunstig intelligens

Et dansk clusterprojekt har ført til udvikling af verdens mest avancerede styresystem for kildepladser til vandindvinding. Systemet er baseret på kunstig intelligens og tager hånd om vandindvindings miljøpåvirkninger, samtidig med at energiforbruget reduceres drastisk.

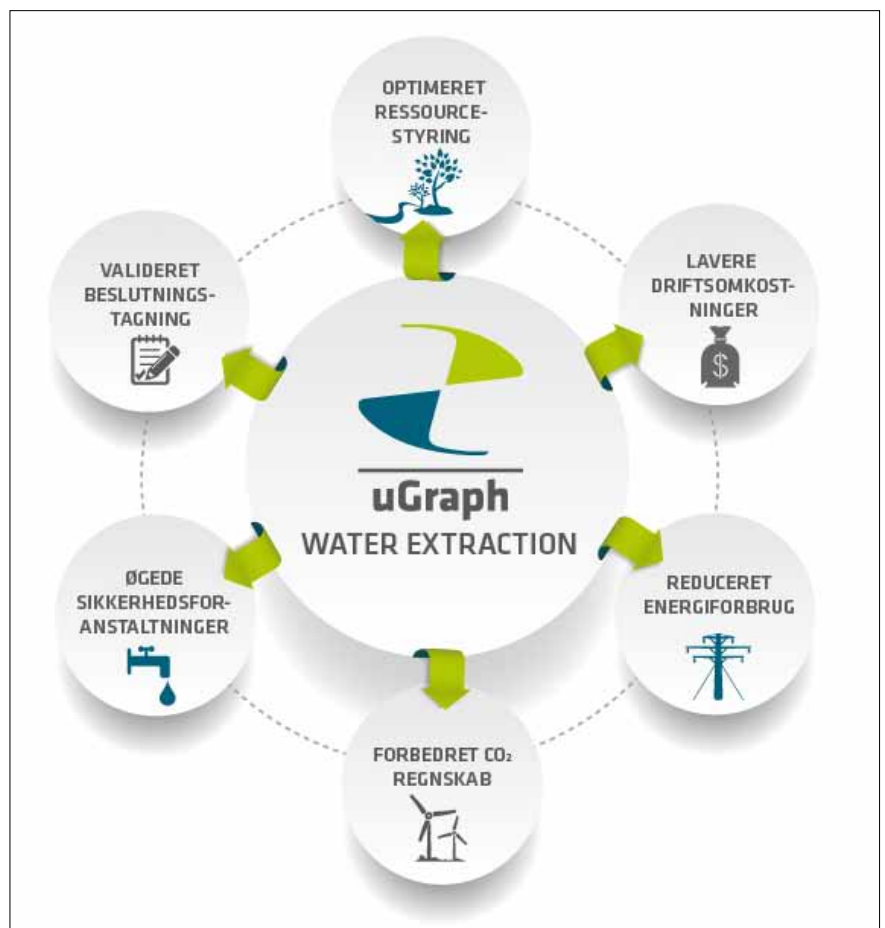
HENRIK JUUL &
SUSIE SINDING BARFOD

Den 1. april 2016 blev sidste hånd lagt på fyrtårnsprojektet 'Fremtidens drikkevandsforsyning', også kaldet Future Water, der har været i gang siden midten af 2013. Projektet er det hidtil største udviklingsprojekt inden for vandteknologi i Danmark og har været støttet af Vandsektorens Teknologiuudviklingsfond og af Miljøministeriets Fond for Grøn Teknologi. En af de udviklede teknologier under fyrtårnsprojektet er et styresystem til automatisk drift af kildepladser, der er baseret på kunstig intelligens og som – udover at automatisere kildepladsdriften – tager hånd om at tilgodese en række miljømæssige randbetingelser. Denne teknologi har været initieret af de tre drikkevandsforsyninger i 3VAND: HOFOR, Aarhus Vand og VandCenter Syd samt DTU og Orbicon. VandCenter Syd i Odense har varetaget den overordnede projektledelse.

Hovedparten af teknologierne kan ses på en række animationsfilm: www.futurewater-city.com, der stilles frit til rådighed som markedsplatform for andre danske front-edge teknologier.

Dynamisk indvinding af grundvand

En betydelig del (40%) af energiomkostningerne ved vandforsyning er typisk forbundet med indvinding af grundvand. Grundvandsboringer er imidlertid ikke en statisk størrelse, idet de ofte langsomt reduceres i kapacitet som følge af okkeraflejringer. Pumperne slides og kan ligeledes få okkerbelægninger, ligesom



Figur 1: u-Graph water extraction er et software til automatisk optimering af kildepladsop-pumpning

friktionen i råvandsledningerne stiger over tid. Dimensionering af pumper og ledninger på en kildeplads er derfor ofte resultatet af en tilbagevendende trial-and-error øvelse, idet både den hydrauliske kompleksitet, variationer i flow på de enkelte boringer og æn-

dring af bornings- og ledningskarakteristik over tid betyder at beregningerne hurtigt forældes. Hertil kommer, at vandforbrugsmønstret hos kunderne kan ændres over tid som følge af byudvikling, sammenlægning af forsyninger eller blot som følge af den generelle ne-

dadgående tendens i vandforbruget, der har været gældende siden 1990. Tilsammen vil disse forhold betyde, at de fleste kildepladser i praksis opererer med en meget lav energifektivitet i forhold til det teoretisk opnåelige.

3VAND har derfor peget på, at en af de store udfordringer for fremtiden er udvikling af et dynamisk styresystem til grundvandsindvinding, der selv kan kompensere for disse ændringer— ikke blot i dansk vandforsyning, men også internationalt.

Hvad er kunstig intelligens?

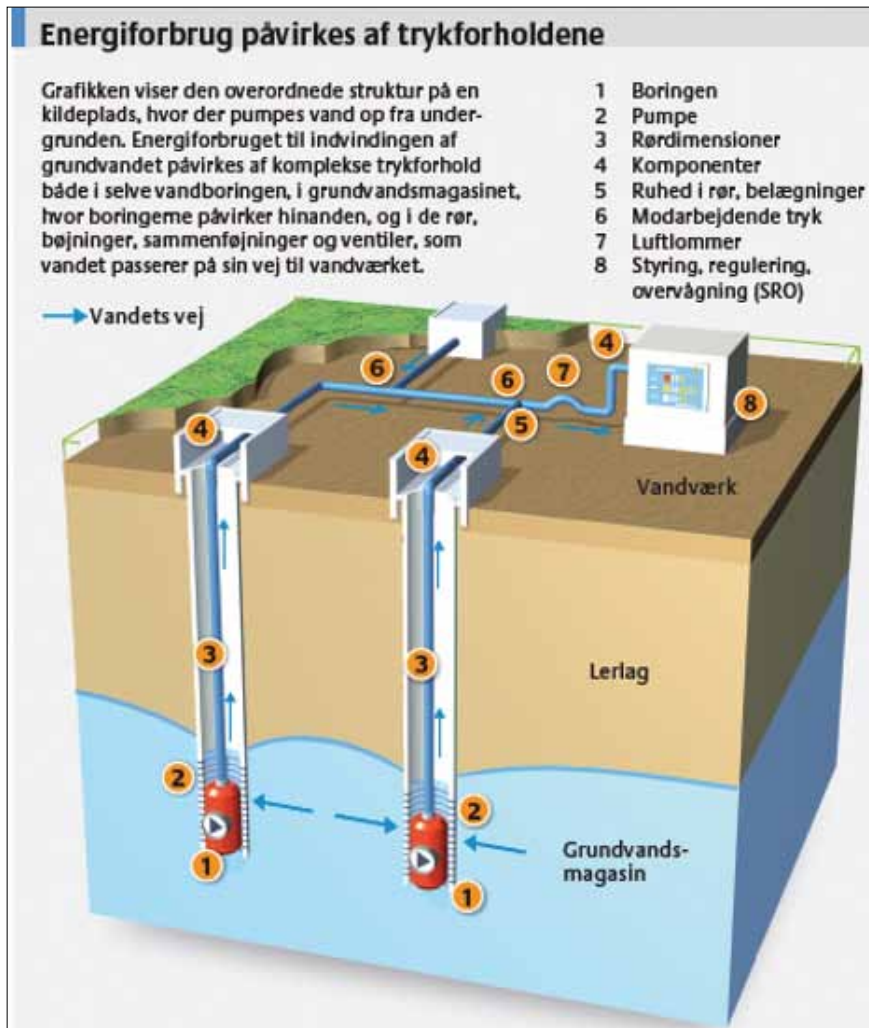
Kunstig intelligens er defineret som "Et system, der uden menneskelig indgriben er i stand til at tilpasse sig ændringer i det omgivne miljø".

Dette kræver, at avancerede matematiske algoritmer gennemløber en lang række scenarier, for til sidst at vælge den, der tilgodeser indgangsbetingelserne bedst muligt. I modsætning til automatiske styresystemer er der således ikke nogen prædefinerede setpunkter i et intelligent system, idet systemet selv genererer dem ud fra ønsket om at tilgodesse en række randbetingelser bedst muligt. uGraph Water Abstraction til styring af kildepladser er et eksempel på et sådant intelligent system.

Programmet, der er det eneste af sin slags i verden, består af en software, der kan kobles til det eksisterende SRO system for styring af de enkelte borer på en kildeplads. Softwaren modtager informationer fra SRO systemet om afsenkning, energiforbrug, omdrejningsstal, flow og tryk fra hver boring. Efter beregningerne er foretaget, leveres information tilbage til hver boring om ønsket omdrejningssetpunkt og/eller on/off signal, således at der samlet set indvindes den ønskede mængde med mindst muligt energiforbrug under hensyn til ønsker til de givne rammebetingelser. Disse kan f. eks. være:

- Tilladelig vandløbspåvirkning
- At undgå en bestemt afsenkning i udvalgte borer, så en forureningsfane ledes uden om kildepladsen
- Afsenkning af vandspejlet hos en naboindvinding et vilkårligt sted i oplandet
- Påvirkning af følsomme moseområder i nærheden
- Krav til vandkvalitet på det samlede råvand.
- At sikre tilstrækkeligt jernindhold i råvandet, så arsenfjernelse på vandværket kan blive effektiv.

De vandkvalitetsmæssige beregninger kræver, at vandforsyningen indtaster relevante resultater fra den rutinemæssige boreringskontrolanalyse, der typisk foretages hvert andet år.



Figur 2: Kunstig intelligens styrer de komplekse sammenhænge der er mellem grundvandshydraulik, pumper og ledningsnet

De hydrauliske beregninger er imidlertid komplekse og alle afhængige af ikke-lineære forhold i undergrunden, i pumpernes karakteristik og i modstanden i ledningsnettet, der forbinder de enkelte borer. I modsætning til andre kildepladsstyresystemer indeholder systemet derfor hydrauliske modeller for alle de elementer på kildepladsen, der kan påvirke indvindingen.

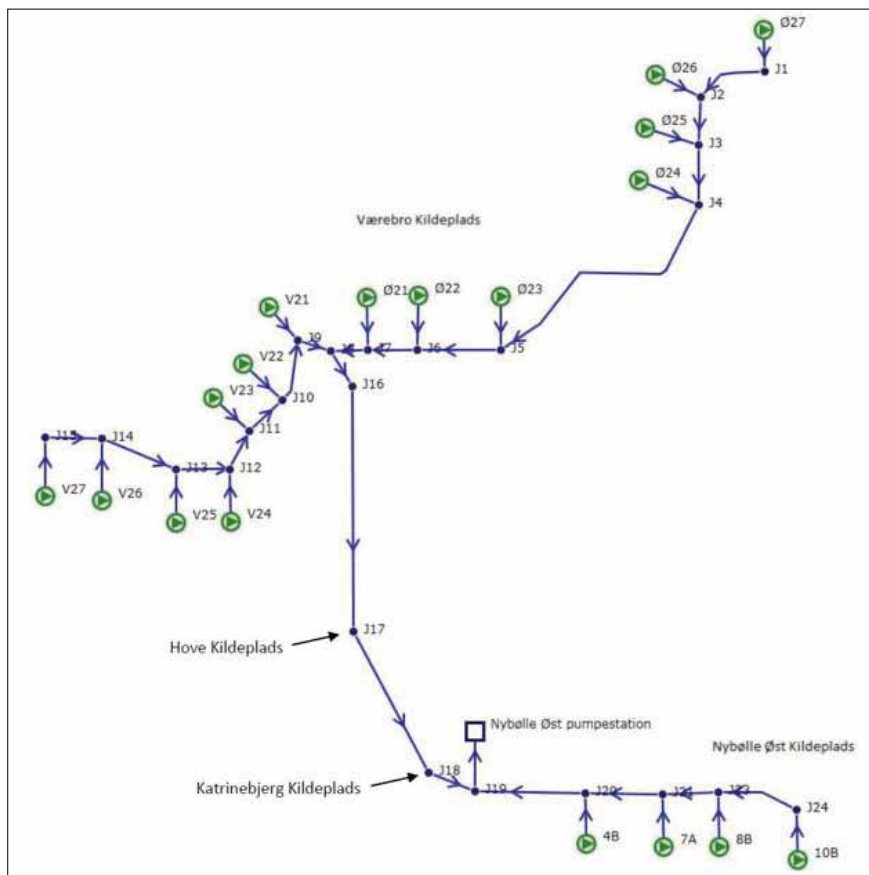
Beregningshastigheden er meget afhængig af, hvor kompleks kildepladsen er opbygget, og om der f. eks. er ringforbindelser i råvandnettet. Der skal typisk foretages flere hundrede tusind scenariekørsler, og svartiden kan derfor for større kildepladser løbe op i adskillige minutter, før nye setpunkter kan leveres tilbage til SRO systemet.

Store besparelser

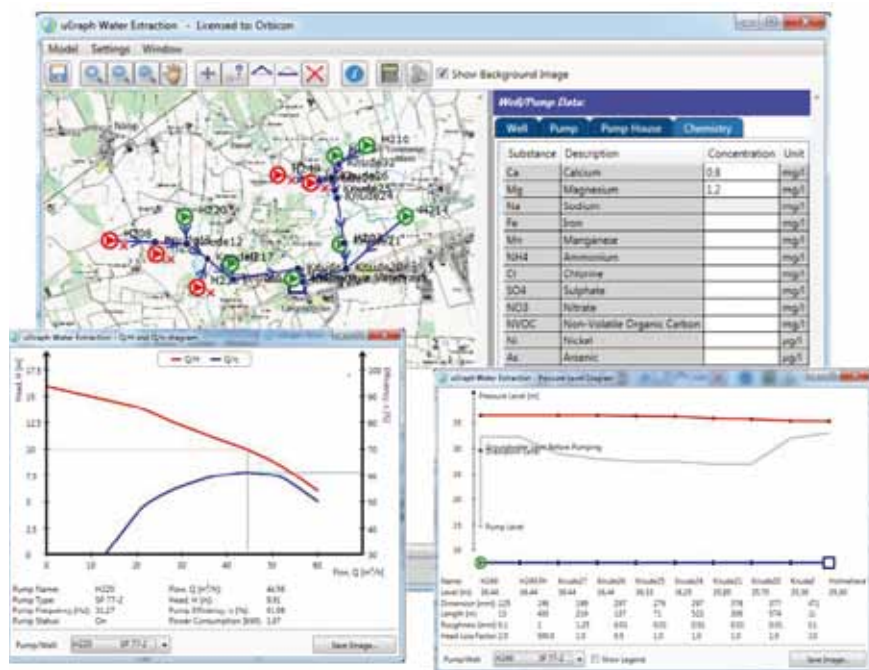
Da programmet er egnet til brug for driftspersonale, er der arbejdet meget på at gøre brugerinterfacet så enkelt og intuitivt som muligt. Der er derfor lavet et simpelt "plug-and-play" interface, hvor kildepladsens ledning

ger og borer kan sættes op. Programmet indeholder et komplet katalog over Grundfos pumper, da de er de hyppigst anvendte i Danmark, men vilkårlige pumpetyper kan indsættes ved en 7-punktskurve for Q/H og Q/E. Ikke alle vandforsyninger har imidlertid et overordnet SRO-system, og programmet kan derfor også benyttes offline til dimensionering af "barmark" kildefelter og optimering af kildepladser uden central styring.

Afhængigt af, i hvilket omfang boringernes grundvandshydrauliske stamdata er kortlagt, tager implementering og opsætning af en kildepladsstyring fra et par dage til et par uger. En onlineversion vil typisk tage længere tid, afhængigt af det eksisterende SRO system. Der er i demonstrationsanlæggene opnået energibesparelser – og dermed en reduktion af CO₂-belastning - på op til 50%. Et mere realistisk estimat er dog 35% som gennemsnit ved onlinestyling, mens man ved offlinestyling erfaringsmæssigt må forvente omkring 25%, afhængigt af dynamikken i indvindingen.



Figur 3: Modellen opsættes parametrisk med "plug-and-play" elementer



Figur 4: Brugerinterfacet er tilegnet driftsoperatører og andre uden indgående teknisk baggrund

Driftsunderstøtning

Boringer servicerer oftest med et bestemt interval, hvor pumper og stigerør trækkes op, og pumpernes pakninger og lejer skiftes. Endnu sjældnere vil der blive foretaget en videoinspektion af boringsfilteret og udført prøvepumpning for at bestemme boringsvirkningsgraden. Ofte vil man ved de rutinemæssige tjek konstatere, at der ikke havde været behov for at gøre noget.

Da både boringer, pumper og ledningssnettets tilstand nu konstant overvåges, bliver det synligt for driftspersonalet, hvornår der med fordel bør gribes ind i forhold til service. Tilstandsbaseret vedligeholdelse bliver derfor en reel mulighed, og dette vil afstedkomme behov for langt færre ressourcer. Vedligeholdelse er normalt forbundet med:

- Rensning af råvandsledninger med "rensegris"
- Udsyring af boringer
- Renovering- eller udskiftning/omdimensionering af pumper
- Mamutpumpning af boring

Konklusion

Der er med succes udviklet et intelligent styresystem for kontrol af kildepladser. Det lever op til krav om at optimere energiforbrug, samtidig med at der automatisk tages højde for miljø- og vandkvalitetsmæssige udfordringer. Programmet spår store kommercielle muligheder – ikke kun i forhold til dansk vandforsyning, men også i forhold til vandteknologiekseport - og dermed en mere global miljøeffekt. Der har været store fordele ved at udvikle et sådant system som et samarbejde mellem store vandforsyninger, en vidensinstitution og et systemansvarligt firma under et større udviklingscluster – Future Water - hvilket har bidraget både høj faglighed, synergier og end-user fokus.

HENRIK JUUL er projektchef ved VandCenter Syd

SUSIE SINDING BARFOD er ansat ved Orbicon