



# ”Jævn indvinding er godt for vandkvaliteten” – en sandhed med modifikationer

Det har altid været god latin at sikre en jævn indvinding på kildepladserne, så man undgår ”pumpeeffekten” i de vandførende lag og deraf følgende pyritoxidation (øget hårdhed) og nedsugning af pesticider. Et af delprojekterne under fyrtårnsprojektet ’Fremtidens drikkevandsforsyning’ viser imidlertid, at dette kun er rigtigt i relativt få tilfælde. På hovedparten af de kommunalt ejede kildepladser vil man ikke kunne se en negativ effekt. Dette forhold er vigtigt at være opmærksom på, hvis man vil udnytte timebaseret el-afregning og herved udnytte den grønne (og billige) strøm om natten.

**Tekst:** Henrik Juul, VandCenter Syd, Henrik Aktor, Aktor Innovation, Kristian Duch Søndergaard, Grontmij, Rasmus Bærrens, Aarhus Vand

### Model for øget hårdhed

Det er velkendt, at intensiv vandindvinding kan give anledning til indtrængning af atmosfærisk luft i grundvandsmagasinerne, forøget lokal grundvandsdannelse, saltvandsindtrængning osv. Det er her vigtigt at sondre mellem vandkvalitetspåvirkninger som følge af en generel afsænkning af grundvandsspejlet og påvirkninger som følge af daglige variationer. Da kalk er et udmærket modelstof i forhold til vandkvalitet

og desuden den væsentligste forbrugeroptegede vandkvalitetsparameter, er der valgt at fokusere på dette. Modellen fokuserer på konsekvensen af daglige fluktuationer, da de andre vandkvalitetsproblemer knytter sig til en mere generel overudnyttelse af ressourcen. Modellen er opstillet af Aktor Innovation i samarbejde med virksomhederne bag fyrtårnsprojektet.

Vandkvalitetsproblemerne kan opstå, når der trænger atmosfærisk luft ned til grundvandsmagasinerne. Luftens ilt oxiderer fx pyrit, der er et almindeligt forekommende mineral. Herved frigives sulfat, og dette fører igen til en forsurening (svovlsyre) og efterfølgende forøgelse af hårdhed (og evt. nikkel) til drikkevandet. Modellen er verificeret på tre kildepladser med meget forskellige hydrogeologiske randbetingelser:

- HOFOR A/S, Hvidovre vandværk (Kategori A2, jf. tabel 1)
- Aarhus Vand A/S, Beder Vandværk (Kategori B2, jf. tabel 1)
- VandCenter Syd as, Hovedværket (Kategori C, jf. tabel 1)

Det er selvfølgelig også værd at bemærke, at kildepladserne kan have andre fysiske og kemiske udfordringer, der skal tages hensyn til i en vurdering af en fremtidig driftsløsning.

### Forskellige magasintyper

Ved borer i spændte magasiner med delvis vandfyldte dæklag vil daglige variationer i pumpning skabe trykvariationer nede i magasinet, men ikke påvirke vandstanden i de

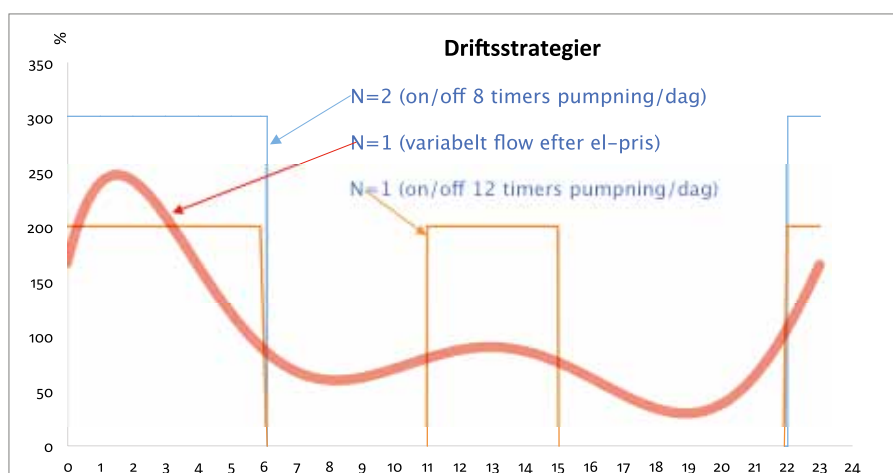
højere liggende sekundære lag. Det er derfor indlysende, at der ikke kan ske diffusion af atmosfærisk ilt til de vandførende lag, og at vandkvaliteten således er upåvirket af daglige variationer. Denne type magasiner vil udgøre hovedparten af kommunalt ejede indvindingsboringer i Danmark (kategori D & E, jf. tabel 1).

Enkelte større vandforsyninger indvinder dog i frie magasiner, der ikke har noget dæklag til at beskytte dem. En del mindre forsyninger vil ligeledes have borer, der er filtersat i terrænnære magasiner uden væsentlig dæklagsbeskyttelse. Andre magasiner har såkaldte ”geologiske vinduer” tæt på kildepladsen, hvorfra der kan trænge ilt ned til grundvandsmagasinet. Der skal imidlertid være pyrit til stede, hvis der skal ske en forsurening. Enkelte steder i Danmark er det meste pyrit udvasket i forhistorisk tid pga. de naturlige hydrogeologiske forhold, fx i områder ved Ålborg, Vestjylland og Hedelandsformationen på Sjælland.

Ved varierende indvinding fra en boring i et drænet grundvandsmagasin (frit vandspejl) vil vandspejlet nær boringen variere i takt med pumpningen. Imidlertid vil disse kortvarige fluktuationer ikke kunne observeres, når man kommer ud i en vis afstand fra boringen. Denne radius lader sig bestemme analytisk, og ved typiske magasinforhold vil den være knap 150 meter. Der skal betydelige ændringer til i de grundvandshydrauliske forhold, hvis der skal ændres væsentligt på dette. Den periodiske ændring af vandspejl og dermed volumen i den umættede zone kan give et betydeligt bidrag

## Fakta

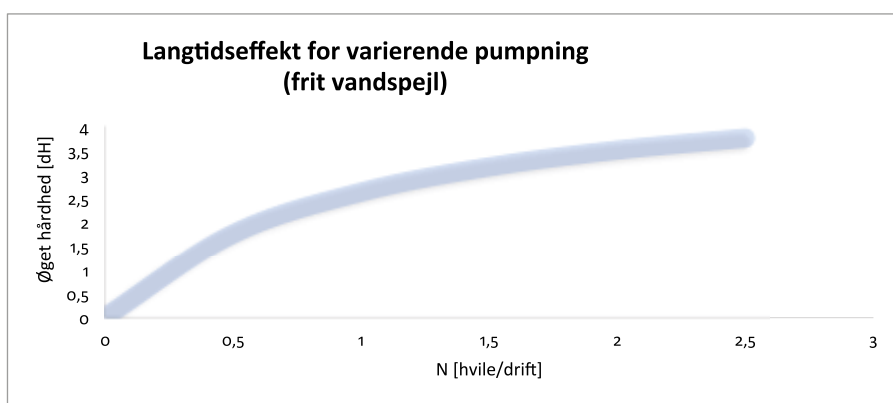
Fyrtårnsprojektet *Fremtidens Drikkevandsforsyning* er støttet af VTU-fonden og Naturstyrelsen og er det hidtil største af sin art herhjemme. I projektet deltager Danmarks tre største forsyninger og en mindre forsyning, rådgivervirksomheder, producenter og DTU – i alt ca. 60 personer. Projektet har fokus på udvikling og demonstration af eksportorienterede vandteknologiprodukter inden for både økonomi, vandkvalitet og samfundspåvirkning. Den hydrogeokemiske model, som er omtalt i denne artikel, er knyttet til et af fyrtårnsprojektets delprojekter. Formålet er at udvikle software til automatisk styring af vandproduktion efter elpris, så man kan anvende beholderanlæg som ”batterier” til lagring af energi på de tidspunkter, hvor denne er billigst og grønnest. Besparelspotentialet vurderes til ca. 20%. Modellen har endvidere en væsentlig synergi til et andet delprojekt, hvor der udvikles software til automatisk onlinestyning af de individuelle pumper på kildepladser. Se mere på [www.futurewater.dk](http://www.futurewater.dk)



Figur 1: Typekurver for forskellige driftsstrategier

til iltransporten. Dette bidrag er naturligvis afhængigt af, hvor meget vandspejlet fluktuerer og beskrives i modellen ved forholdet N (= forhold mellem hvileperiode og pumpeperiode). Hvis der fx pumpes med 300% af normalydelsen i 8 timer dagligt, og boringen står stille i de 16 timer, hvor strømmen er dyrest, vil N være =2. For frekvensstyrede pumper vil det sjældent være lønsomt at pumpe så intensivt i kort tid pga. omkostninger ved den øgede afsækning, og det vurderes, at en noget lavere værdi vil være mere realistisk i forhold til en økonomisk og miljømæssig optimering med frekvensstyrede pumper.

Modelkørsler viser, at ændring i calciumkoncentration først vil være stabiliseret efter 50-100 år. Selv om man måske har mulighed for at blødgøre vandet på et tidspunkt, vil dette oftest være dyrere end de mulige strømbeholdninger. Den mere skånsomme drift, der er påkrævet på visse kildepladser med fri magasinforhold, tages der hånd om i udviklingsprojektet for automatisk beholderstyring, således at relationen mellem miljø, økonomi og tekniske velfærdsfaktorer bliver transparent.



Figur 2: Langtidseffekt for sårbare kildepladser

### Sådan kan modellen bruges

Beregningsmodellen har en væsentlig styrke i områder med en homogen geologi, og her vil beregningsresultaterne kunne tilpasses og anvendes på boringsniveau. I områder med mere inhomogen geologi skal man være lidt mere forsigtig med resultaterne og i højere grad se resultaterne overordnet, dvs. på kildepladsniveau. Her skal man i højere grad inddrage andre forhold i den samlede vurdering af den

most hensigtsmæssige drift. Der vil dog være rigtig mange kildepladser, hvor der er mulighed for at tillade større variationer i indvindingen, uden at det har betydning for en fremtidig råvandskvalitet. Her kan man øge beholderudnyttelsen og opnå økonomiske og miljømæssige gevinster ved at lægge en større del af driften i perioder med lav elpris. ●

Kategori	Grundvandsmagasin/ressource		Dæklag		Iltransport
	Bjergart	Tryk	Bjergart	Tryk	
A1	Kalk	Frit vandspejl	Højpermeabel (sand/kalk)	Frit vandspejl	Diffusion af atmosfærisk ilt og varierende pumping
A2			Permeabelt (tyndt lerdække)	Delvist vandfyldt	Barometerånding og varierende pumping
B1	Sand/ Grus		Højpermeabel (sand/kalk)	Frit vandspejl	Diffusion af atmosfærisk ilt og varierende pumping
B2			Permeabelt (tyndt lerdække)	Delvist vandfyldt	Barometerånding og varierende pumping
C	Kalk sand grus	Spændt vandspejl	Højpermeabel (sand/kalk)	Frit vandspejl	Diffusion af atmosfærisk ilt og varierende pumping
D			Permeabelt (tyndt lerdække)	Delvist vandfyldt	Ingen diffusion af atmosfærisk ilt
E			Lavpermeabelt (tykt lerdække)	Helt vandfyldt	Ingen diffusion af atmosfærisk ilt
F	Klippe	Frit vandspejl	Klippe	Frit vandspejl	Diffusion af atmosfærisk ilt
G	Overfladevand		Ingen	-	Diffusion af atmosfærisk ilt

Tabel 1: Boringkategorier opdelt efter hydrogeologiske randbetingelser