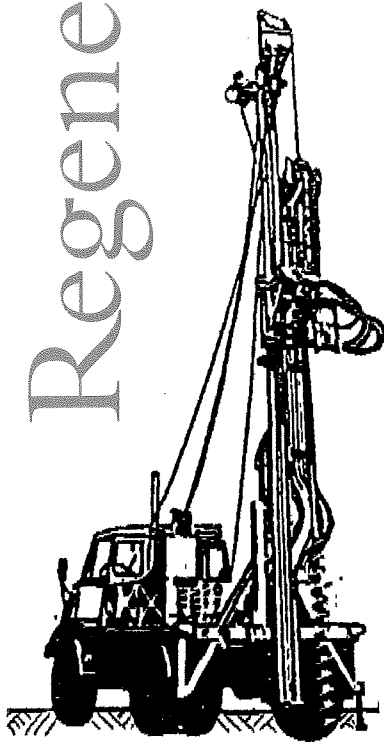


Regenerering af borer

Af civilingeniør
Bent Hasbo,
Bent Hasbo ApS,
og værkinspektør
Elvig Rasmussen,
Esbjerg
Vandforsyning



Indledning

Det er velkendt, at enhver borings specifikke kapacitet vil aftage med tiden. De væsentligste årsager til dette er inkrustationer i de vandførende lag og boringens filterkonstruktion samt tilsanding og korrosion. En genetablering af den specifikke kapacitet kan opnås ved regenerering af boringen. Nærværende artikel beskriver kort årsagerne og gennemgår de mest anvendte metoder til regenerering af borer. Der skal samtidigt henvises til tidligere artikler af Tage Selchau (1986) og Leo Glensvig (1974).

Inkrustationer

Ved inkrustationer forstås belægninger på filterrør og gruskastning, samt i revner og sprækker i kalkboringer. Belægningerne reducerer tilstrømningen til boringen og skyldes især iltning af letopløselige salte til tungtopløselige salte, fortrinsvis bestående af forskellige forbindelser med jern, mangan og i et vist omfang calcium.

Iltning af disse forbindelser foregår ved, at strømmingen i lagene omkring boringen ikke er absolut laminare, i forbindelse med boringens åndedræt i vekslende drift, ved diffusion i grænsefladen mellem luft og vandspejl, samt ved trykvariationer både i boringen samt i lagene omkring boringen.

Omdannelsen af de opløselige jern- og manganforbindelser til tungtopløselige kan desuden ske ved tilstedeværelsen af jern- og manganbakterier.

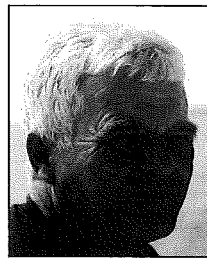
Tilsanding

Tilsanding finder især sted ved filterboringer, hvor filterhastigheden i grænselaget mellem gruskastning og det vandførende sandlag er for stor, og såfremt filteropbygningen ikke er dimensioneret korrekt.

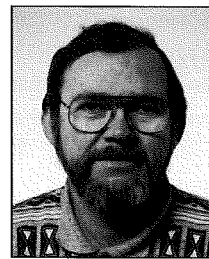
Tilsanding kan imidlertid også forekomme ved åbne kalkboringer, især hvor kalkoverfladen er stærkt sprækket og overlejret af et sand- og gruslag.

Korrosion

Ved korrosion forstås en nedbrydning af de materialer der indgår i boringens konstruktion, ved tilstedeværelsen af aggressive stoffer i miljøet i og omkring boringen. Ved kendskab til grundvandets kemi og dermed følgende rigtigt



Bent Hasbo



Elvig Rasmussen

valgte materialer kan nedbrydning af en boring ved korrosion i stor udstrækning undgås.

Regenerering

Regenerering af en boring indebærer anvendelse af forskellige mekaniske og kemiske metoder, der vælges i overensstemmelse med tilstopningens karakter. Mange parametre indgår i valget af et regenereringsprogram, og det vil ofte være forskelligt fra boring til boring.

Et effektivt regenereringsprogram starter med et studie af boringens konstruktionsdata omfattende de geologiske forhold, vandkvaliteten, boringens specifikke kapacitet samt en omhyggelig vurdering af boringens operationelle historie sammenholdt med oplysninger fra eventuelle andre borer i området.

For at kunne konstatere kapacitetstab ved en boring benyttes som udgangspunkt prøvepumpningsresultaterne opnået umiddelbart i forlængelse af boringens udførelse. Under boringens drift bør enten vandværket selv eller en af vandværket udpeget virksomhed foretage f.eks. halv- eller helårige registreringer af boringens specifikke kapacitet og sammenholde målinger med de tilsvarende oplysninger fra boringens etablering. På baggrund af disse tal vurderes og fastlægges det optimale regenereringstidspunkt og metode, under hensyntagen til lønsomheden.

Udover det rutinemæssige eftersyn af pumpe og stigrør er lønsomheden væsentligst styret af den indvirkning en faldende specifik kapacitet har på ekstraomkostningerne til elektricitetsforbruget samt øgede omkostninger ved forøget slitage på pumper ved den forøgede løftehøjde. Disse omkostninger kan let andrage kr. 10.000 til kr. 20.000 pr. år. Ved et vel planlagt og effektivt regenereringsprogram kan disse omkostninger undgås.

Desuden sikrer vandværket sig, at

boringens afsenkning og sænkings-tragtens rækkevidde bliver så små som mulige. Det har navnlig betydning, hvis borerne ligger tæt på mulige forureningskilder, og som tidligere nævnt kan tilgangen af ilt fra atmosfæren og aflejringeres poreluft reduceres, og dermed inkrustationshastigheden.

I de senere år har iltningen af pyrit i kalkboringer, specielt i Københavnsområdet, givet anledning til en forøgelse af råvandets indhold af nikkel. I dette tilfælde er det ligeledes nødvendigt, at borerne er i den bedst mulige stand.

Den lønsomme regenereringshyppighed kan variere indenfor vide grænser, men almindeligvis vil den for kalkboringer være 3-5 år og omtrent tilsvarende for filterboringer, alt afhængig af råvandets kemi og boringens driftsform.

Som hovedregel bør en boring regenereres når den specifikke kapacitet er faldet til ca. 70%, hvilket ydermere bør medføre et eftersyn af pumper og stigrør, se afsnittet "Renovering af pumper og stigrør".

Regenereringsmetoder

Der kan anvendes en del metoder til regenerering af boringer. Metodevalget er dog nogenlunde ens for alle boringstyper og kan opdeles i to hovedgrupper.

A. Mekaniske/Fysiske metoder

- A1. Mammutpumpe
- A2. Tryk og stød med trykluft
- A3. Højtryksspuling
- A4. Vibration

B. Kemiske behandlingsmetoder

- B1. Udsyring
- B2. Flowsyring
- B3. Tryksyring
- B4. Behandling med specialkemikalier
- B5. Kloring

Enhver regenerering begynder og afsluttes med en prøvepumpning, så regenereringens effektivitet kan registreres.

Nedenfor skal kort omtales de mest almindelige regenereringsmetoder på to boringstyper:

Kalkboringer og filterboringer, idet metoderne, der er fælles for de to typer, omtales først. Fælles metoder for de to boringstyper er ovenfor nævnte A1 og A2 samt B1, B2, B3, B4 og B5.

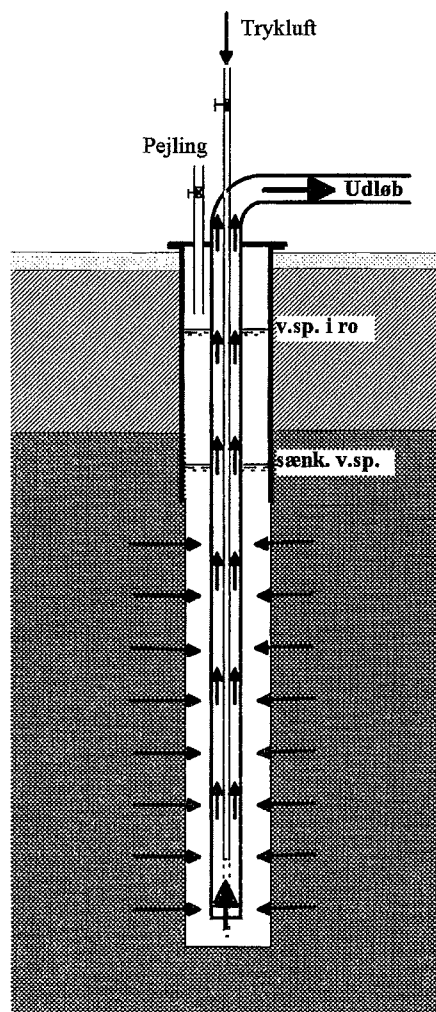
Mekaniske/Fysiske metoder

Regenereringen af begge boringstyper begynder ved montagen af en mammutpumpe afsluttet ved borerørstop med tæt afslutningsflange, se figur 1.

Såfremt den indledende prøvepumpning ikke er foretaget med en egentlig pumpe kan boringen renpumpes med mammutpumpen. Mammutpumpens virkning er i øvrigt baseret på vand / luft blandingens mindre densitet, så en kraftig pumpevirkning opnås.

Boringen kan ved hjælp af mammutpumpen behandles med stød og tryk gennem en trykluffbeholder ved at lede beholderluften med et oparbejdet tryk på ca. 15 atm. ned i boringen. Vandspejlet kan desuden trykkes langsomt ned ved at tilføre trykluft til pejlestudsens, for derefter hurtigt at lede luften ud gennem den påmonterede ventil, så vandspejlet i boringen prompte hæves til det tidlige niveau. Denne procedure med stød og tryk har til formål at accelerere

Fig. 1. Illustration af mammutpumpen.



vandstrømmen ind i boringen fra de vandførende lag således, at belægninger løsnes og bringes op til overfladen ved hjælp af mammutpumpen. Behandlingen fortsætter til boringen er ren.

Kemiske metoder

Til nedbrydning af inkrustationerne i en boring er anvendelse af saltsyre særdeles anvendelig, idet de tungtopløselige jern- og mangan-hydroxyder og oxyder, som inkrustationerne væsentligst består af, er letopløselige i denne syre.

Der anvendes teknisk saltsyre, som indeholder 30% HCL med en specifik vægtfylde på ca. 1.15. Den er altså tungere end vand.

Imidlertid vil ovennævnte hydroxyder og oxyder kun være opløst så længe pH værdien er mindre end 3,5. For at holde dette niveau skal syren være stærk, eller der må tilsættes en stabilisator, sædvanligvis en blanding af citronsyre og eddikesyre, således, at specielt jernet holdes i opløsning indtil oppumpning kan finde sted.

Syren pumpes ned gennem en slange eller et rør, der er ført til boringens bund. Under syrepumpningen trækkes røret / slangen langsomt op, til den planlagte syremængde er fordelt i boringen. Den mængde syre, der er tilstrækkelig til nedbrydelse af inkrustationerne, svarer normalt til rumfanget af kalk- eller filterboringens vandsøjle multipliseret med 1,5 - 2,0.

For at få syren ud i filter og de vandførende lag anvendes i praksis to metoder, tryksyring og flowsyring.

Tryksyring

Princippet ved tryksyring er vist på figur 2.

Efter syringen er pumpet ned i boringen sættes denne under tryk så vandspejlet sænkes, og vand/syreblandingen presses ud i de vandførende lag. Boringen renpumpes med mammutpumpen og der gives stød og tryk. Metoden kan gentages.

Det volumen af vand/syre, man ved metoden kan presse ud i de vandførende lag, kan aldrig blive større end det volumen der findes mellem vandspejlet i ro og borerørets underside/filterrets overside, vandret skravering på figur 2. Er dette volumen imidlertid stort kan der i borerøret, over det nedtrykkede

vandspejl, opstå store tryk. Det påmonterede manometers visning skal følges nøje, så utilsigtede sprængninger af den påmonterede flange, eller en løftning/sprængning af foringsrøret kan forhindres. Det første indebærer en risiko for de personer der arbejder ved boringen, det andet kan ødelægge boringen.

Flowsyring

Som ovenfor beskrevet pumpes syren ned samtidig med, at der tilføres størst mulig vandmængde (f.eks. 10 m³/t eller derover) til boringen. Metoden medfører en stor rækkevidde i de vandførende lag og er ganske effektiv, se figur 3.

Til forskel fra tryksyring er flowsyring rimeligt risikofri, idet den udføres med åbent forerør, så der ikke kan opstå ukontrollable tryk i lukkede rum.

Efter endt flowsyring og henstand renpumpes boringen med mammutpumpen, gerne nu efterfulgt med tryk

og stød. Metoden kan gentages. Erfaringen viser, at syreblandingen ikke neutraliseres særlig hurtigt og man opnår bedre resultater ved henstand i 1-2 døgn.

Kloring

Enhver regenerering bør afsluttes med kloring. Der anvendes almindeligvis natriumhypoklorit.

En del inkrustationer kan skyldes tilstedeværelsen af jern- og manganbakterier. Disse mikroorganismer kan stoppes eller hæmmes i deres vækst ved tilsætning af kloropløsning. Der tilsættes en kloropløsning svarende til rumfanget af boringens vandsojle.

Specielle metoder

Kalkboringer vil almindeligvis blive regenereret efter ovennævnte metode. Ved filterboringen kan andre specielle metoder blive bragt i anvendelse, og her

Fig. 2. Illustration af princippet ved tryksyring.

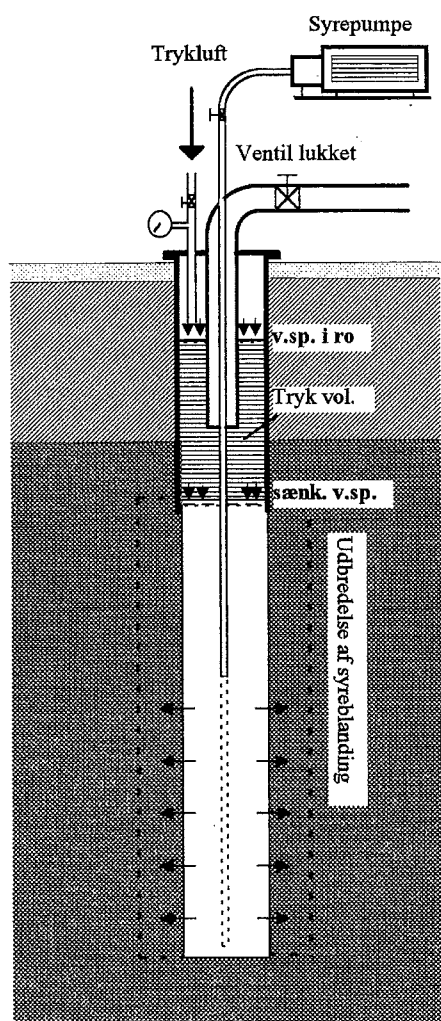


Fig. 3. Illustration af princippet ved flowsyring.

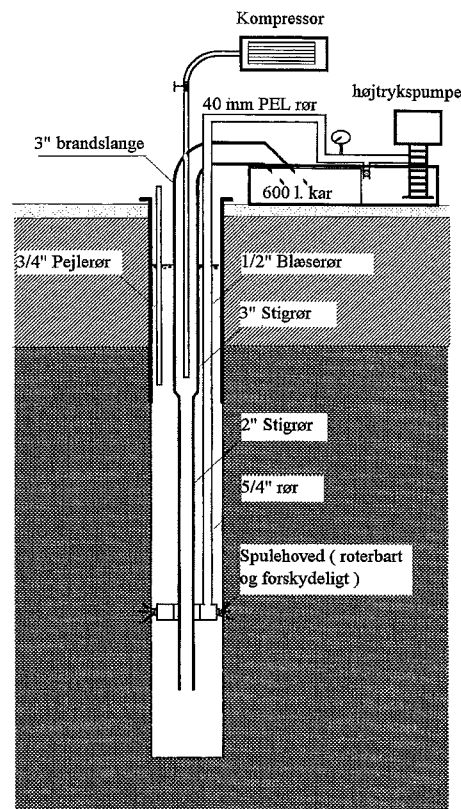
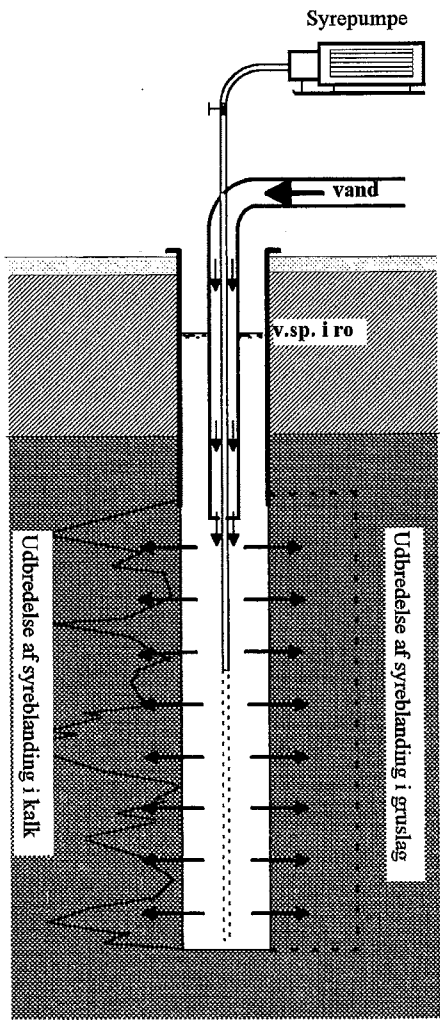


Fig. 4. Opstilling for spuling af filter.

skal nævnes to, som begge er mekaniske, nævnt tidligere som A3 og A4.

Trykspuling

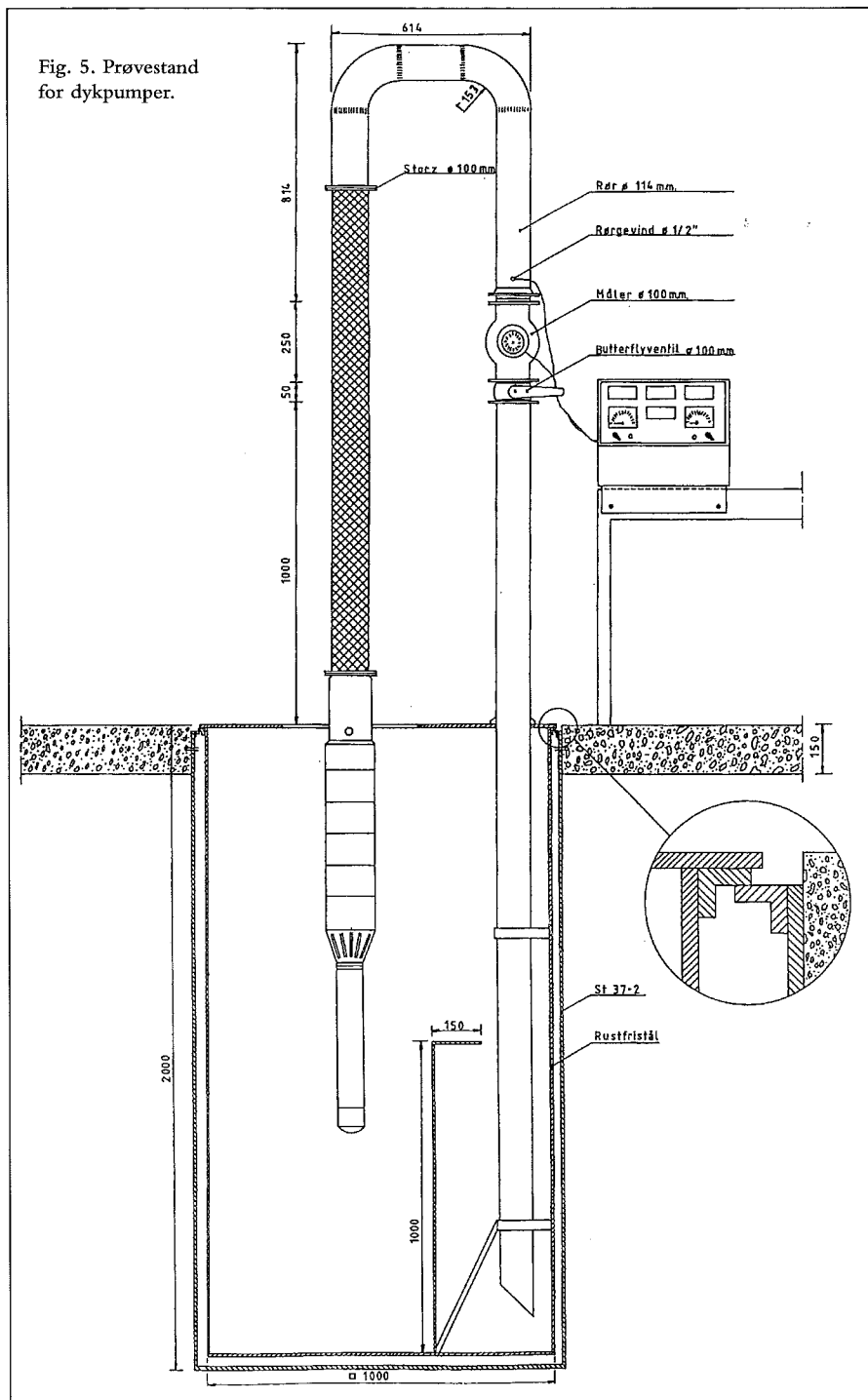
På figur 4 er vist et arrangement til spuling af et filter med højtryk. Spulehovedet er forsynet med et antal dyser og kan bevæges op og ned langs filtets overside, samtidigt med, at der pumpes på boringen ved hjælp af en mammutpumpe.

Afhængig af det vandførende lags sigtekurve, kan man ved hjælp af metoden i princippet overbygge en naturlig og dybere gruskastning omkring filteret og dermed opnå et bedre flow til boringen ved, at boringens effektive diameter bliver forøget.

Vibrationer

Esbjerg Vandforsyning har gennem en årrække eksperimenteret med en metode til regenerering af boringer ved yderligere at anvende en vibrations-teknik. Metoden består i, at der ned-sænkes en stavvibrator i boringens filter. Der vibreres i ca. 30 minutter, med 2 minutters vibration og 1/2 minuts pause. Vibrationen påføres efter nedpumpning af saltsyren, og boringen renpumpes til slut med mammutpumpe.

Fig. 5. Prøvestand for dykpumper.



Metoden bør anvendes med forsigtighed, idet stavvibratoren ved berøring med filteret kan ødelægge både dette og gruskastningen.

Eksempel på regenerering af en boring

I det følgende nævnes et eksempel, hvor vibrationsbehandling er indgået som et led i regenereringen.

Boringen har DGU nr. 13.0791 og er en 50 m dyb boring udført med $\varnothing 200$ mm filter, på en strækning af 6 m. Boringens vand er stærkt jernholdigt.

Boringen regenereres efter følgende plan:

- Boringen prøvpumpes.
- Boringen flowsyres med 25 liter HCL pr. meter filter. Vand/syreblandingen henstår 1 døgn.
- Stavvibratoren nedsænkes i boringen og aktiveres som ovenfor nævnt.
- Boringen renpumpes under samtidig aktivering af stavvibratoren.
- Regenereringen afsluttes med en prøvpumpning.

Under regenereringen blev følgende kapacitet konstateret:

Specifik kapacitet ved udførelsen:
18,2 m³/m. sænkning.

Før regenereringens start:
4,7 m³/m. sænkning.

Efter regenerering med flowsyre:
13,5 m³/m. sænkning.

Efter regenerering med flowsyre og vibration:
17,2 m³/m. sænkning.

Der er således opnået gode resultater med en kombination af flowsyring og vibrationsbehandling.

Renovering af pumper og stigrør

Samtidigt med boringens regenerering bør pumpe, stigrør og ventiler underkastes et eftersyn.

Pumpen adskilles, enten på eget værksted eller hos leverandør, og de enkelt dele afvaskes. Løber og mellemkammer renses for eksempel ved blæsning med glassperler.

Inden montage bør pumpens lejer og tætningsringe efterses og udskiftes ved selv det mindste tegn på slitage.

Efter montage af pumpen bør den afprøves i en prøveafstand, så ydelse og elforbrug kan kontrolleres svarende til leverandørens specifikationer, se figur 5.

Stigrørene inspiceres for tæring og renses ind- og udvendigt ved højtryks-spuling.

Det skal bemærkes, at stigrør af rustfrit stål og PVC ikke udsættes for tæring, og anvendelse af slanger reducerer afsætning og belægninger, idet denne bevæger sig ved start og stop af pumpen.

Afslutning

Udover ovenstående korte redegørelse vedrørende regenerering af boringer, pumper og stigrør må ethvert vandværk desuden have opmærksomheden henledt på eventuelle belægninger af råvandsledningerne, og ligeså hyppigt måle udviklingen i tryktabene i disse ledningsanlæg. Det er vigtigt, at hele råvandsanlægget holdes i optimal stand af hensyn til levetid og driftsøkonomi.