

Økonomisk vurdering af forskellige strategier til at imødegå BAM-problemer på vandværker

Marianne Marcher Juhl og Bodil Bjerg
Rambøll

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
1 INDLEDNING	15
1.1 BAGGRUND	15
1.2 FORMÅL	16
1.3 OPGAVELØSNING	16
1.4 RAPPORTENS INDHOLD	16
2 BAM-FORURENING I DANMARK	19
2.1 HVAD ER BAM?	19
2.2 VARIGHED AF BAM-FORURENING	20
2.3 LOVGIVNING	21
3 AFVÆRGEMULIGHEDER	23
3.1 FORUNDERSØGELSER	24
3.1.1 Tilstandsvurdering af boringer	25
3.1.2 Undersøgelse af boringer for utætheder	25
3.1.3 Opsporing af kilder til BAM-forurening	26
3.1.4 Beskrivelse af indvindingsopland	27
3.1.5 Kortlægning af arealbelastning	27
3.2 RENOVERING AF BORINGER	27
3.2.1 Overboring	28
3.2.2 Indvendig udføring og filtersætning	29
3.2.3 Bentonitinjektion	29
3.3 SLØJFNING AF BORING	30
3.4 AFVÆRGEPUMPNING	30
3.5 NY BORING	32
3.6 NY KILDEPLADS	33
3.7 RENSNING MED AKTIVT KUL	35
3.8 TILSLUTNING TIL ANDEN VANDFORSYNING	36
4 DATAGRUNDLAG	39
4.1 TEKNISKE DATA	39
4.2 INVESTERINGSOMKOSTNINGER	40
4.2.1 Forundersøgelser	41
4.2.2 Analyser og ansøgninger	41
4.2.3 Øvrige investeringsomkostninger	41
4.3 DRIFTSOMKOSTNINGER	41
5 OMKOSTNINGER VED BEKÆMPELSE AF BAM	42
5.1 INDLEDNING	42
5.2 AFVÆRGESTRATEGIER MOD BAM	42
5.3 DEFINITION AF STRATEGIOMKOSTNINGER	43
5.4 BEREGNINGSFORUDSÆTNINGER	44
5.4.1 Tekniske beregningsforudsætninger	44

5.4.2	<i>Prismæssige beregningsforudsætninger</i>	46
5.5	OMKOSTNINGER VED AFVÆRGESTRATEGIER	46
5.5.1	<i>Model til beregning af omkostninger</i>	48
5.5.2	<i>Afværgekomponenter og -strategier</i>	49
5.5.3	<i>Boringsrenovering</i>	50
5.5.4	<i>Lukning af boringer</i>	51
5.5.5	<i>Afværgepumpning</i>	51
5.5.6	<i>Etablering af ny kildeplads</i>	52
5.5.7	<i>Rensning af drikkevand</i>	53
5.5.8	<i>Tilslutning til andet vandværk</i>	54
5.6	OMKOSTNINGSEFFEKTIVITET	54
5.6.1	<i>Tekniske løsningsmuligheder</i>	55
5.6.2	<i>Økonomiske løsningsmuligheder</i>	55
5.7	FØLSOMHEDSANALYSE	57
5.8	INDVIRKNING PÅ VANDPRISER	60
6	ANALYSE AF USIKKERHED	62
6.1	TEKNISK USIKKERHED	62
6.2	ØKONOMISK USIKKERHED	63
7	ANDRE FORURENINGSTYPER	64
8	REFERENCER	66

Bilag A	Datagrundlag
Bilag B	Brugerflade i beregningsmodel
Bilag C	Beskrivelse af beregningsmodel
Bilag D	Omkostninger for afværgekomponenter

Forord

Dette projekt "Økonomisk vurdering af strategier til at imødegå BAM-problemer på vandværker" er udarbejdet for Miljøstyrelsen i perioden 15. september til 15. december 2003. Projektet blev udbudt af Miljøstyrelsen ved udbudsbekendtgørelse af 6. august 2003 og er en udløber af Miljøprojekt nr. 732 "Pesticider og vandværker. Udredningsprojekt om BAM-forurening" fra 2002 /1/.

Projektet er udført af Rambøll af en projektgruppe bestående af :

- Marianne Marcher Juhl
- Bodil Bjerg
- Lars Elkjær
- Donald Milligan (kvalitetssikring økonomi)
- Tina Otterstrøm (kvalitetssikring)

Projektet har været fulgt af en følgegruppe med følgende medlemmer:

- Bente Villumsen, Miljøstyrelsen (formand)
- Ulrik Dan Weuder, Miljøstyrelsen
- Bo Lindhardt, Gentofte Kommune (repræsentant for DANVA)
- Bent Soelberg, FVD
- Lars Bennedsen, Københavns Energi
- Morten Sørensen, Fyns Amt (repræsentant for Amtsrådsforeningen)

Følgegruppen har fulgt arbejdet med projektet og har deltaget i diskussioner af resultater og konklusioner.

Sammenfatning og konklusioner

Pesticider og specielt BAM udgør et stort forureningsproblem for vandværkerne i Danmark. Ud fra tidligere undersøgelser må det forventes, at der vil kunne findes BAM i grundvandet over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l i store dele af landet de næste 20-100 år.

Vandværker, der bliver ramt af en BAM-forurening, vil således stå over for både en række tekniske valg om afværgemuligheder over for BAM-forureningen og en række økonomiske udgifter til etablering af afværgetiltagene.

De tekniske tiltag til imødegåelse af BAM-forurening på vandværkerne kan være:

- Renovering eller lukning af indvindingsboringer
- Etablering af afværgepumpning
- Etablering af ny kildeplads
- Rensning af drikkevandet med aktivt kul
- Tilslutning til en anden vandforsyning

Formålet med dette projekt har været at udarbejde et værktøj, som Miljøstyrelsen og vandværkerne kan bruge til at vurdere anlægs- og driftsøkonomien ved de forskellige afværgetiltag, så det bliver nemmere at vejlede vandværkerne både teknisk og økonomisk.

Hovedopgaven har derfor været udarbejdelse af en regnearksmodel, hvor investerings- og driftsomkostninger i de forskellige afværgestrategier kan beregnes.

Beregningsmodellen er opstillet ud fra et datagrundlag af både teknisk og økonomisk art og kan opgøre omkostningerne for en række nærmere definerede afværgestrategier inden for hovedgrupperne boringsrenovering, lukning af boringer, afværgepumpning, etablering af ny kildeplads, drikkevandsrensning og tilslutning til andet vandværk.

I modellen kan det enkelte vandværk indtaste oplysninger for de forhold, der er af særlig betydning for, hvor store afværgeomkostningerne er for en given strategi. Vandværket kan også vælge, hvilken strategi der ønskes belyst.

Til illustration af hvordan modellen fungerer, og hvilke typer omkostninger der indgår, er gennemgået en række beregningseksempler for henholdsvis et lille, et mellemstort og et stort vandværk.

I eksemplerne er opgjort investerings- og driftsomkostninger samt de samlede omkostninger udtrykt i såkaldt nutidsværdi over planperioden, dvs. den periode, hvor BAM forventes at være et problem for vandværket.

En opgørelse af nutidsværdien af omkostningerne er en forudsætning for at kunne vurdere, hvilken strategi der er den omkostningseffektive, dvs. den billigste for at eliminere problemerne med BAM. Nutidsværdien beregnes kun for de strategier, der har en levetid, der svarer til planperioden. Det betyder, at

der ses bort fra strategier, der alene indebærer en levetidsforlængelse, nemlig boringsrenoveringer og de lukninger af boringer, der er kombineret med tiltag på den eksisterende kildeplads til opretholdelse af vandforsyningen.

Nutidsværdiberegningerne viser, at under en række nærmere specificerede forudsætninger er etablering af en ny kildeplads den strategi, der har de laveste samlede omkostninger.

En følsomhedsanalyse viser, at robustheden af denne konklusion især afhænger af, hvor mange boringer der er berørt af forureningen med BAM og af afstanden mellem den nye kildeplads og nærmeste tilslutningsmulighed for råvandsledningen til vandværket. Variationer i disse nøgleforudsætninger kan betyde, at tilslutning til andet vandværk bliver den billigste løsningsmulighed.

I en bredere sammenhæng viser følsomhedsanalysen, at det ikke er muligt at drage generelle konklusioner om, hvilken afværgestrategi der er den billigste til imødegåelse af BAM-problemer. Svaret på dette spørgsmål afhænger helt af de vandværksspecifikke forhold. Den udviklede beregningsmodel muliggør netop inddragelse af disse forhold i omkostningsopgørelsen.

Rensning af drikkevand gennem et aktiv kulfilter kan være en forholdsvis dyr strategi, specielt hvis forureningen med BAM ikke omfatter en stor andel af indvindingsmængden. Det skyldes, at hele vandmængden skal renses, således at der afholdes "unødvendige" omkostninger til rensning af ikke-forurennet vand.

Beregningseksemplerne forudsætter, at der kun vælges én strategi til imødegåelse af BAM. I praksis vil virkeligheden være en anden, idet implementering af de varige strategier vil være tidskrævende. Det gælder ikke mindst etablering af en ny kildeplads, hvor det kan tage op til flere år, før der kan indvindes, men også installation af et vandrensningsanlæg med aktivt kul, hvor der kan gå op til 1-2 år, før det er sat i drift.

I den mellemliggende periode vil det derfor være nødvendigt at iværksætte tiltag af midlertidig karakter, der kan være i form af boringsrenoveringer. Vandværket må derfor vælge en kombination af afværgestrategier, der består dels af en strategi, som hurtigt kan sættes i værk og som giver en levetidsforlængelse, dels af en strategi som resulterer i en varig løsning på problemerne med BAM.

Beregningseksemplerne har også peget på to vigtige forhold. For det første, at en varig løsning på en forurening med BAM vil være meget omkostningskrævende for de små vandværker. For næsten alle afværgestrategier er investeringsomkostningerne uafhængige af indvindingsmængden og dermed vandværkets størrelse. For alle strategier gælder, at investeringsomkostningerne pr. m^3 er langt højere for de små vandværker.

Dernæst er det tydeligt, at mulighederne for finansiering af de nødvendige investeringer spiller en væsentlig rolle. En beregning af, hvorledes investeringer til imødegåelse af BAM påvirker vandprisen, viser, at såfremt halvdelen af investeringerne skal lånefinansieres, da kan finansieringsomkostningerne tegne sig for en ganske stor andel af stigningen i vandprisen, specielt for de små vandværker. For disse kan stigningen være på mere end $1,50 \text{ kr./m}^3$ mod en nugældende vandpris på typisk mellem 2 og 5 kr./m^3 .

Begge forhold har indflydelse på den fremtidige vandforsyning i Danmark.

Samtidig med, at byrden for de små vandværker ved imødegåelse af BAM er betydeligt større, er det også de små vandværker, der er dårligst rustede til at finansiere de nødvendige investeringer. Det er den generelle opfattelse i branchen, at de små værker er forholdsvis ringe konsoliderede og dermed kun har begrænset finansiell kapacitet til egenfinansiering.

I denne situation vil bistand fra kommunerne være nødvendig. Det kan være i form af garantistillelse for lån eller lånefinansiering via mellemregningskontoen. Da finansieringsomkostningerne skal lægges på vandprisen, kan det indebære betydelige prisstigninger.

For at undgå prisstigninger kunne kommunerne alternativt give tilskud til de kommunale værker. Det betyder så en budgetmæssig belastning af en størrelse, der eventuelt ikke vil være acceptabel.

Uden kommunal bistand kan en lukning af vandværket i form af sammenlægning med et større vandværk være en konsekvens.

Risikoen for lukning af små vandværker må vurderes som ganske betydelig. Som nævnt i indledningen til denne rapport har de hidtidige undersøgelser vist, at BAM-forureningen kan udgøre et udbredt og langvarigt problem for vandværkerne. Allerede nu er der fundet et BAM-indhold over grænseværdien i 7 pct. af de undersøgte vandforsyningsboringer.

En lukning af vandværker betyder så, at det overordnede princip om en decentral vandforsyning ikke kan fastholdes.

De udarbejdede overslag over omkostningerne ved imødegåelse af BAM kan endelig siges at tjene som et skoleeksempel på, at forebyggelse ud fra et såvel privat- som samfundsøkonomisk synspunkt er langt billigere end helbredelse. Der foreligger ganske vist ikke oplysninger, der muliggør en omkostningsberegning på sektorniveau, men alene omfanget af BAM-forurening i dag betyder, at de fremtidige ekstraomkostninger for sektoren og for forbrugeren vil være betragtelige.

Vandværkerne i Danmark er også truet af andre forureninger end BAM: andre pesticider, klorerede opløsningsmidler og MTBE. De beskrevne afværgetiltag og dermed de økonomiske beregninger kan også bruges over for flere andre forureningstyper.

Renovering og sløjfning af boringer, etablering af en ny kildeplads og tilslutning til anden vandforsyning er afværgetiltag, der ikke er stofspecifikke. Den økonomiske model kan derfor umiddelbart bruges til alle typer grundvandsforureninger.

Afværgepumpning er heller ikke stofspecifik, men hvis myndighederne kræver rensning af vandet inden udledning til vandløb, afhænger omkostningerne til rensningen af det forurenende stof. Rensning for atrazin foregår efter samme principper som BAM, og de økonomiske beregninger kan derfor direkte anvendes ved forurening med atrazin.

Rensning af drikkevand for BAM med aktivt kul er en stofspecifik metode, da levetiden af kullene afhænger af forureningsstoffet og grænseværdien for

stoffet i drikkevand. Som nævnt ovenfor fjernes atrazin i aktivt kul på samme måde som BAM, og de økonomiske beregninger kan derfor umiddelbart anvendes for atrazin.

Summary and Conclusions

Pesticide contamination of groundwater resources, in particular by 2,6-dichlorobenzamide (BAM), constitutes a major problem for Danish waterworks. Findings so far indicate that a level of BAM in the drinking water above the regulatory standard of 0.1 µg/l is to be expected in large parts of the country over the next 20 to 100 years.

In order to ensure compliance with the limit value, waterworks affected by BAM contamination face not only a need to select a strategy for remedial action but also increased costs for its implementation.

Feasible technical options for countering the BAM contamination may be found within the following categories:

- Rehabilitation or closure of wells
- Remedial pumping
- Establishment of a new well field
- Treatment of drinking water in activated carbon filters
- Link-up with nearby waterworks

The main objective of this project was to establish a tool, enabling the Danish Environmental Protection Agency and the waterworks to assess the investment and operating cost implications of any given remedial action. Such tool will serve to facilitate the selection of technically and financially feasible actions.

The project objective was reached through the development of a spreadsheet model for calculating the investment and operating costs of feasible remedial actions. The model developed is an integral part of this report, which itself details various remedial actions available, their cost components, the technical and price assumptions of the model, and its operation.

On the basis of the assumptions made, total of 19 remedial actions within the main categories listed above were defined for costing purposes. Key cost drivers were identified for each remedial action. In a user interface of the model, the user may input the values of these cost drivers for a specific waterworks, so that estimates of investment and operating costs for the utility may be generated for any of the established remedial actions.

In order to illustrate the way the model works, the report also presents a number of examples of costs of remedial actions for small, medium-sized and large waterworks respectively.

In these examples not only investment and operating costs are derived. The total costs in present value terms over the planning horizon are also calculated, i.e. in the period during which the BAM contamination of the drinking water is expected to be a problem.

Calculation of costs in present value terms is a prerequisite for an assessment of the cost-effectiveness of the various technically feasible remedial actions in

removing the BAM contamination. The action with the lowest overall costs expressed in present value is the most cost-effective, i.e. the cheapest, solution.

Costs in present value terms are estimated only for those actions that have a life at least corresponding to the planning horizon. Actions that may be considered to result only in a short-term extension of the life of the well field, viz. rehabilitation of wells and well closures in combination with establishment of new wells, are thus disregarded in this part of the analysis.

The present value estimates show that, subject to a number of additional assumptions required for calculation purposes, the establishment of a new well field is the most cost-effective action.

A sensitivity analysis reveals that the robustness of this conclusion depends in particular on the number of BAM contaminated wells included in the calculations and on the distance between the new well field and the connection to a raw water main. If the number of wells is sufficiently high or the distance to the water main is sufficiently long, then link-up with another waterworks becomes the cost-effective option.

The calculations also indicate that removal of BAM through activated carbon filtration of the drinking water is a fairly expensive option, in particular if only a comparatively small share of the wells of the waterworks is contaminated. This is so, as the full water intake must be treated for technical reasons. Hence, “unnecessary” filtration costs are paid for the treatment of uncontaminated water.

The examples shown in the report presuppose that one remedial action only is selected for countering the BAM problem. In practical application, matters are different, as implementation of the various actions is time-consuming. This is the case not least for the establishment of a new well field. Experience shows that it may take several years before a well field becomes operational. Also, the process of installing an activated carbon filter plant may take one or two years.

In the interim period temporary measures, e.g. rehabilitation of wells, are needed. This means that the waterworks may well need to select a combination of remedial actions, consisting in part of a temporary measure that may be initiated fairly rapidly, in part of an action that results in a sustainable solution to the BAM problem.

The examples included also serve to highlight two key points. Firstly, that a long-term and sustainable solution to BAM contamination will be very costly for smaller waterworks. Investment costs for almost all remedial actions do not depend upon the level of groundwater abstraction and, thus, the size of the works. In addition, it is the case for all actions reviewed that the investment cost per m³ of water abstracted is significantly higher for a small-sized waterworks.

Second, the options available for financing of investments play a key role. An estimation of the impact of investments to contain BAM on the price of water, shows that if half of the required investment costs are to be funded by loans, financing costs may account for quite a large part of the ensuing increase in the price of water, in particular for the smaller waterworks. For these works,

the cost-based price increase may be in excess of DKK 1.50/m³ as compared with a current price of water ranging between DKK 2 and 5/m³.

Both factors have repercussions on the future water supply situation in Denmark. The smaller waterworks not only carry a heavier financial burden to counter the BAM problem, they are also the least equipped to do so. In the sector the smaller works are viewed as poorly consolidated. Hence, their capacity for own financing of investments is correspondingly limited.

Given these financial constraints, support from the municipalities will be required. This support may be in the form of extension of loan guarantees or by making borrowed funds available directly. As the cost of loans, however obtained, should be passed on to the price of water, fairly considerable price increases may be the outcome.

In order to avoid such increases, the municipalities could alternatively offer grant assistance to the municipally owned waterworks. However, the budgetary impact of such assistance may be of size that is not politically acceptable.

Without grant assistance, closure of waterworks through mergers may be the only realistic option.

The closure risk for the smaller works must be judged to be quite sizeable. As mentioned in the introduction to this report, findings so far have pointed out that the BAM contamination is likely to be a widespread and long-term problem for the waterworks. Today already, no less than seven percent of the boreholes sampled have shown a BAM content that exceeds the standard for drinking water.

Closure of waterworks means that the fundamental principle in Danish water policy of a decentralized supply cannot be maintained.

The examples of cost estimates to counter the BAM problem finally serve to stress that prevention is better – and much cheaper – than the cure from a financial as well as a welfare economic viewpoint. Information is not available to assess the overall sector costs of the BAM contamination. However, the mere extent of the contamination registered already today undoubtedly means that the additional costs in the future not only for the sector but also for the consumer are bound to be considerable.

Danish waterworks presently face other types of groundwater contamination than BAM: other pesticides, chlorinated solvents and MTBE (Methyl Tertiary-Buthyl Ether). The remedial actions discussed in this report and, thus, also the cost implications, are applicable also to certain of these contaminants.

Rehabilitation and closure of wells, establishment of a new well field and link-up with another waterworks are all remedial actions that are not substance specific. This means that the cost estimates that may be derived from the developed model are valid also for all types of groundwater contamination.

Remedial pumping is not substance specific either. However, if the regulatory authorities require treatment of the pumping water before discharge into a watercourse, then the treatment costs will depend on the contaminating substance. It should be added that as to atrazine, the treatment process is similar

to that of BAM, so that the cost estimates for treatment of remedial pumping water are valid also in the case of atrazine contamination.

Activated carbon filtration of drinking water for BAM, on the other hand, is a substance specific method, as the life of the carbon depends on the contaminating substance and also, of course, on the regulatory standard applying to its content in drinking water. As mentioned above, the removal of atrazine in activated carbon filters is similar to that of BAM, so that the cost calculations of the financial model for carbon treatment apply also to atrazine contamination.

1 Indledning

1.1 Baggrund

Pesticider og specielt ukrudtsmidler udgør et stort forureningsproblem for både store og små vandværker i Danmark. Det pesticid, der til dato har forurenet flest vandværksboringer, er stoffet 2,6-dichlorbenzamid – i daglig tale kaldet BAM. BAM stammer fra ukrudtsmidlerne Prefix og Casoron, og er et nedbrydningsprodukt fra aktivstofferne dichlobenil og chlorthiamid i disse produkter. Midlerne har været brugt fra 1965 til 1997, hvor stofferne blev forbudt.

Prefix og Casoron har været bredt anvendt i både bymæssige områder og i landområder, men har ikke været brugt i forbindelse med egentlig landbrugsdrift.

Miljøstyrelsen gennemførte i perioden 1999-2002 en række undersøgelser om BAM, samt hvilke konsekvenser forureningen med BAM kan få for vandværkerne /1/ - /5/.

Resultatet af undersøgelserne viser, at BAM-forureningen kan udgøre et udbredt og langvarigt problem for vandværkerne i Danmark. Det må forventes, at der vil kunne påvises BAM i grundvandet i koncentrationer over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l i store områder af landet i de næste 20-100 år.

På baggrund af resultaterne fra undersøgelserne blev der udarbejdet anbefalinger og forslag til, hvorledes en BAM-forurening kan imødegås på et vandværk, fra forureningen opdages, til den fremtidige vandforsyning er sikret for forbrugerne. Der blev i forbindelse med projektet udarbejdet en pjece til brug for de mindre vandværker, hvor håndteringen af BAM-forureningen er beskrevet /6/.

I projektet blev der udarbejdet følgende forslag til, hvordan en BAM-forurening kan imødegås på vandværkerne:

- Renovering eller lukning af indvindingsboringer
- Etablering af afværgepumpning
- Etablering af ny kildeplads
- Rensning af drikkevandet med aktivt kul
- Tilslutning til en anden vandforsyning

Valget af afværgetiltag afhænger af forureningens karakter, indvindingsmulighederne i området og vandforsyningsstrukturen. Derudover vil også økonomien have betydning for valg af afværgetiltag.

Vandværker, der bliver ramt af en BAM-forurening, står således overfor både en række tekniske valg og økonomiske udgifter til iværksættelse af afværgestrategier.

Der er derfor behov for at få foretaget en vurdering af økonomien ved de forskellige strategier, der kan bruges til løsning af problemerne med BAM i drikkevandet, så vandværkerne kan vejledes om de mest hensigtsmæssige løsninger både teknisk og økonomisk.

1.2 Formål

Formålet med projektet er at give vandværker, der er ramt af forurening med BAM, grundlag for at belyse økonomien i de forskellige afværagemuligheder, der kan anvendes over for forureningen.

Der skal udarbejdes et værktøj, som Miljøstyrelsen og vandværkerne kan bruge til at vurdere både anlægs- og driftsøkonomien ved de forskellige afværgetiltag. Målet er, at det bliver nemmere at vejlede vandværkerne i, hvilke afværgetiltag der både teknisk og økonomisk er mest fordelagtige at arbejde videre med for fortsat at kunne levere drikkevand uden indhold af BAM i fremtiden.

1.3 Opgaveløsning

Valg af afværgestrategi og dermed de økonomiske udgifter for vandværkerne afhænger som nævnt af forureningens omfang, indvindingsmulighederne i området og vandforsyningsstrukturen i kommunen. For bedst muligt at kunne tage højde for de forskelle, der er vandværkerne imellem, er det valgt at udarbejde et regneark til de økonomiske beregninger, hvor der skal indtastes anlægsspecifikke oplysninger for det BAM-forurenede vandværk.

Oplysningerne fra vandværket indgår i beregningen af udgifterne ved de forskellige afværgestrategier. Ved at målrette de økonomiske beregninger til det enkelte vandværk på de væsentligste områder, minimeres usikkerheden, og vandværket kan bedre sammenligne økonomien i de forskellige afværgestrategier.

Priserne for de enkelte aktiviteter i afværgetiltagene er valgt ud fra, at det skal være teknisk forsvarlige løsninger udført af professionelle entreprenører og rådgivere, der har erfaring fra arbejde i vandforsyningsbranchen.

Der er medtaget de nødvendige undersøgelser og anlæg for at kunne vælge og etablere afværgeforanstaltningen, men ikke supplerende undersøgelser eller tiltag. Der er lagt vægt på enkle undersøgelser og tiltag, der kan udføres og sættes i værk af langt de fleste vandværker, så de økonomiske vurderinger dækker flest mulige vandværker i Danmark. Der er især lagt vægt på, at beregningerne er realistiske og anvendelige for de mindre vandværker, som oftest har sværest ved at håndtere BAM-forurening, da de har få borer og ofte kun 1 kildeplads.

De tekniske løsningsmuligheder og de økonomiske beregninger omfatter alene situationen for almene vandværker.

1.4 Rapportens indhold

Hovedopgaven i projektet er udarbejdelse af en økonomisk model i et regneark, der kan beregne vandværkernes udgifter ved etablering af forskellige afværgestrategier.

Som baggrund for opstilling af modellen er der i kapitel 2 givet en kort sammenfatning af den viden, der i dag findes om BAM og dets indvirkning på vandforsyningen, samt en kort beskrivelse af de love og bekendtgørelser, der har betydning ved imødegåelse af BAM-problemer.

I kapitel 3 er der givet en teknisk beskrivelse af de forskellige afværgemuligheder, herunder hvilke anlægsudgifter og driftsudgifter der er medtaget i de økonomiske beregninger.

Herefter følger i kapitel 4 en beskrivelse af de tekniske data, som har betydning for anlægs- eller driftsudgifterne. I kapitlet indgår endvidere indhentning af priser og beskrivelse af prisdatagrundlaget. Prisgrundlaget er baseret på oplysninger fra leverandører, entreprenører og rådgivere i Danmark, som har erfaring med udførelse af arbejder hos danske vandforsyninger.

I kapitel 5 foretages beregning af omkostninger ved forskellige afværgestrategier, og den opstillede regnearksmodel beskrives med hensyn til opbygning, forudsætninger for beregningerne og valg af parametre. Ud fra modellen foretages en sammenligning af afværgestrategierne for forskellige typer vandværker for at kunne vurdere, hvilken løsning der har de laveste omkostninger set over hele perioden, hvor BAM-problemerne skal imødegås.

Endvidere er usikkerheden på enkelte parametre vurderet og beskrevet i kapitel 6, så det kan indgå i vandværkernes vurdering.

Sidst i rapporten i kapitel 7 er det vurderet, om de økonomiske beregninger kan bruges i tilfælde, hvor vandværket er forurenet med andre stoffer end BAM.

2 BAM-forurening i Danmark

BAM er det pesticidnedbrydningsprodukt, der findes hyppigst i grundvandet i Danmark. Der har gennem de senere år været foretaget en lang række undersøgelser for at få mere viden om BAM-forureningen og de problemer, forureningen kan føre til for vandforsyningen i Danmark. En række af de spørgsmål, der er blevet belyst nærmere, er:

- Hvor stammer BAM-forureningen fra?
- Hvordan opfører BAM sig i jord- og grundvandsmiljøet?
- Hvor lang tid endnu vil BAM være et problem for vandindvindingen?
- Hvad betydning har lovgivningen for håndtering af BAM-problemerne i Danmark?

I dette afsnit er givet en kortfattet sammenfatning af de udførte undersøgelser, samt af forhold som har betydning for vandværkernes håndtering af BAM-problemerne. De beskrevne resultater har overordnet betydning for valg af afværgestrategier og for de omkostninger, der er i forbindelse med etablering og drift af afværgestrategierne.

2.1 Hvad er BAM?

BAM (2,6-dichlorbenzamid) er et nedbrydningsprodukt fra pesticiderne dichlobenil og chlorthiamid, der blev brugt i perioden fra 1965 til 1997, hvor stofferne blev forbudt. Pesticiderne er ukrudtsmidler og blev solgt under handelsnavnene Prefix, Casoron G, Prefix G og Prefix Garden. I perioden fra 1965 til 1997 har der i gennemsnit været brugt 29.000 kg pr. år af de to aktive stoffer dichlobenil og chlorthiamid /1/ og /3/.

Stofferne har været brugt til bekæmpelse af ukrudt på en lang række forskellige arealer som for eksempel.:

- Vandværksgrunde (ubefæstede arealer, omkring borer)
- Nærfelt omkring borer i indvindingsoplandet
- Gårdspladser til landbrugsbedrifter
- Gartnerier (i drivhuse, på gårdspladser og udenomsarealer)
- Plantager (under buske og træer, på gårdspladser)
- Koloni- og nyttehaver (bede, havegange og stiarealer)
- Boligforeninger (bede, gang- og stiarealer, parkeringspladser, legearealer)
- Enfamiliehuse (bede, gang- og stiarealer, indkørsler)
- Parker/grønne arealer (bede, gang- og stiarealer, indkørsler)
- Kirkegårde (gang- og stiarealer)
- Sportspladser/idrætsanlæg (løbebaner, tennisbaner, gang- og stiarealer)
- Skoler/børneinstitutioner (gang- og stiarealer, legearealer)
- Hospitaler/øvrige offentlige bygninger (gang- og stiarealer, parkeringspladser)
- Veje (vejrabatter, fortove, stier)
- Jernbane/stationsarealer

De nævnte arealer kan være en potentiel kilde til BAM-forurening i et vandværks indvindingsboringer. Ukrudtsbehandling med Casoron og Prefix har fundet sted i både bymæssige områder og i landområder. Antallet og tætheden af kilder er dog typisk væsentligt højere i de bymæssige områder.

BAM-forureningen kan spredes til grundvandet ved nedsivning langs utætte boringer, ved nedsivning gennem jordlagene eller ved nedsivning fra vandløb, søer, regnvandsbassiner m.v.

Mange boringer til vandindvinding er i dårlig stand og kan være årsag til en hurtig transport af forurening til grundvandsmagasinet. De utætte boringer kan imidlertid ikke forklare hele BAM-forureningen. Ved en lille indvinding på op til ca. 10.000 m³/år vil utætte boringer udgøre et problem, men ved større indvindinger aftager bidraget fra utætheder forholdsmæssigt på grund af fortynding. I de fleste tilfælde er der tale om en generel magasinforurening, hvor de utætte boringer kan medvirke til at forøge forureningen.

Der er ifølge Grundvandsovervågningen 2002 /7/ fundet BAM i grundvandet i ca. 22 % af de undersøgte vandforsyningsboringer, og i ca. 7 % af boringerne er indholdet af BAM over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l. I de fleste tilfælde er de fundne koncentrationer af BAM i grundvandet under 1 µg/l, men der er enkelte steder fundet indhold af BAM på over 5 µg/l.

2.2 Varighed af BAM-forurening

Varigheden af BAM-forureningen afhænger af flere faktorer:

- BAM-kildernes beliggenhed
- Indholdet af BAM og dichlobenil i kilden
- Geologiske forhold (dæklagsforhold og magasinetype)
- Hydrologiske forhold (nedbør, overfladisk afstrømning, nedsivning, grundvandsstrømning m.v.)
- Vandindvinding
- Mulige lækager på grund af f.eks. utætte boringer
- Jordens og grundvandsmagasinerne evne til at tilbageholde og nedbryde stofferne.

BAM er et meget stabilt stof og transporteres nemt med det nedsivende regnvand gennem jordlagene og videre til grundvandsmagasinerne. Selv om der ikke har været brugt Prefix eller Casoron siden 1997 kan der stadig findes indhold af moderstoffet dichlobenil i jorden, på de steder, hvor ukrudtsmidlerne har været brugt. Der kan fortsat ske nedsivning af BAM fra disse kilder, men hovedparten af BAM synes allerede at være sivet ned fra overjorden /3/.

I de øverste jordlag og indtil ca. 1 meter under jordoverfladen foregår der en nedbrydning af BAM. Derunder er nedbrydningen begrænset, og der er indtil i dag ikke påvist nogen nedbrydning af BAM i selve grundvandsmagasinet /4/.

Beskyttelsen af grundvandet udtrykt ved tykkelsen af lerede dæklag kan forsinke fremkomsten af BAM til grundvandet, men kan ud fra den nuværende viden tilsyneladende ikke forhindre, at forureningen når grundvandsmagasinet.

Med det kendskab, der er til BAM-forureningens omfang og BAM's opførsel i jord- og grundvandsmiljøet, er der på baggrund af modelberegninger givet et bedste bud på varigheden af BAM-forureningen i Danmark. Budet er, at forureningen vil kunne findes i grundvandet i 20-100 år endnu afhængig af de aktuelle forhold /1/ og /5/.

2.3 Lovgivning

Grænseværdien i drikkevand for pesticider og deres nedbrydningsprodukter er 0,1 µg/l for enkeltstoffer og 0,5 µg/l for summen af alle stoffer /8/. BAM er et nedbrydningsprodukt og har grænseværdien 0,1 µg/l. Der findes ikke grænseværdier for pesticider eller nedbrydningsprodukter i grundvandet, der anvendes til fremstilling af drikkevand, men i forbindelse med et kommende grundvandsdirektiv forventes der fastsat en bindende målsætning om et maksimalt indhold af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandet på 0,1 µg/l.

Ved konstatering af BAM-forurening i et vandværks indvindingsboring eller på vandværket må der fortsat leveres vand til forbrugerne, så længe grænseværdien i drikkevandet er overholdt. Grænseværdien er fastsat så lavt, at risikoen for at drikke vand med indhold af BAM under grænseværdien anses for at være meget lille, også når det indtages over en livstidsperiode.

Det skal dog tilstræbes at levere den bedst mulige vandkvalitet til forbrugerne så vidt muligt baseret på uforurenet grundvand.

Der findes en række love og bekendtgørelse, som har indvirkning på håndteringen af BAM-problemerne på vandværkerne, og som har indflydelse på de aktiviteter, der skal udføres i forbindelse med de forskellige afværgestrategier over for en BAM-forurening. Nedenfor er listet de vigtigste love og bekendtgørelser med angivelse af deres reguleringsområde i forhold til imødegåelse af BAM-problemer.

Lov / Bekendtgørelse	Reguleringsområde
Vandforsyningsloven (Lov nr. 130 af 26.02.1999)	Bore- og indvindingsstilladelser, tilladelse til etablering af vandbehandlingsanlæg
Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg (Bek. Nr. 871 af 21.09.2001)	Krav til drikkevandets kvalitet samt krav til analysehyppighed og omfang.
Miljøbeskyttelsesloven (Lov nr. 753 af 25.08.2001)	Tilladelser til udledning af afværgepumpevand til vandløb/søer eller kloak.
Vandløbsloven (Lov nr. 632 af 23.06.2001)	Tilladelse til udledning af afværgepumpevand til vandløb/søer
Brøndborebekendtgørelsen (Bek. Nr. 672 af 26.07.2002)	Udførelse og sløjfning af boringer

Tabel 2.1 Lovgivning med relation til håndtering af BAM-forurening på vandværker

De enkelte paragraffer i lovene administreres af forskellige myndigheder.

Amtet er myndighed i forhold til grundvandsressourcen og meddeler bore-tilladelser, indvindingsstilladelser og godkender placering af erstatningsboring eller erstatningskildeplads. Endvidere er amtet myndighed ved ændring af vandbehandlingen på et vandværk, f.eks. ved etablering af aktivt kulfilter. Ved udledning af afværgepumpevand til vandløb/sø er det amtet, der som vandløbsmyndighed giver tilladelse til udledningen og fastsætter krav til vandets kvalitet ud fra vandløbets målsætning.

Kommunen er tilsynsmyndighed for både kommunale og private vandværker og beslutter, om der skal foretages supplerende eller hyppigere analyser. Sammen med Embedslægen beslutter kommunen, hvad der skal ske ved en overskridelse af grænseværdien og giver eventuelt dispensation for overskridelsen eller påbud om forbedring af vandkvaliteten. Endvidere er det kommunen, der efter Miljøbeskyttelsesloven giver tilladelse til udledning af afværgepumpevand til kloak.

3 Afværgemuligheder

Moderstoffet til BAM-forurening er benyttet mange forskellige steder, og der er derfor mange mulige kilder og transportveje for forureningen, der skal indgå i overvejelserne ved etablering af afværgetiltag. Valg af afværgetiltag afhænger derfor af den aktuelle situation i indvindingsoplandet og på kildepladsen.

I langt de fleste tilfælde med BAM-forurening er der tale om en magasinforurening eller en kombination af magasinforurening og forurening i forbindelse med utætte borer. Kun i få tilfælde er det alene utætte borer, der er årsag til forureningen.

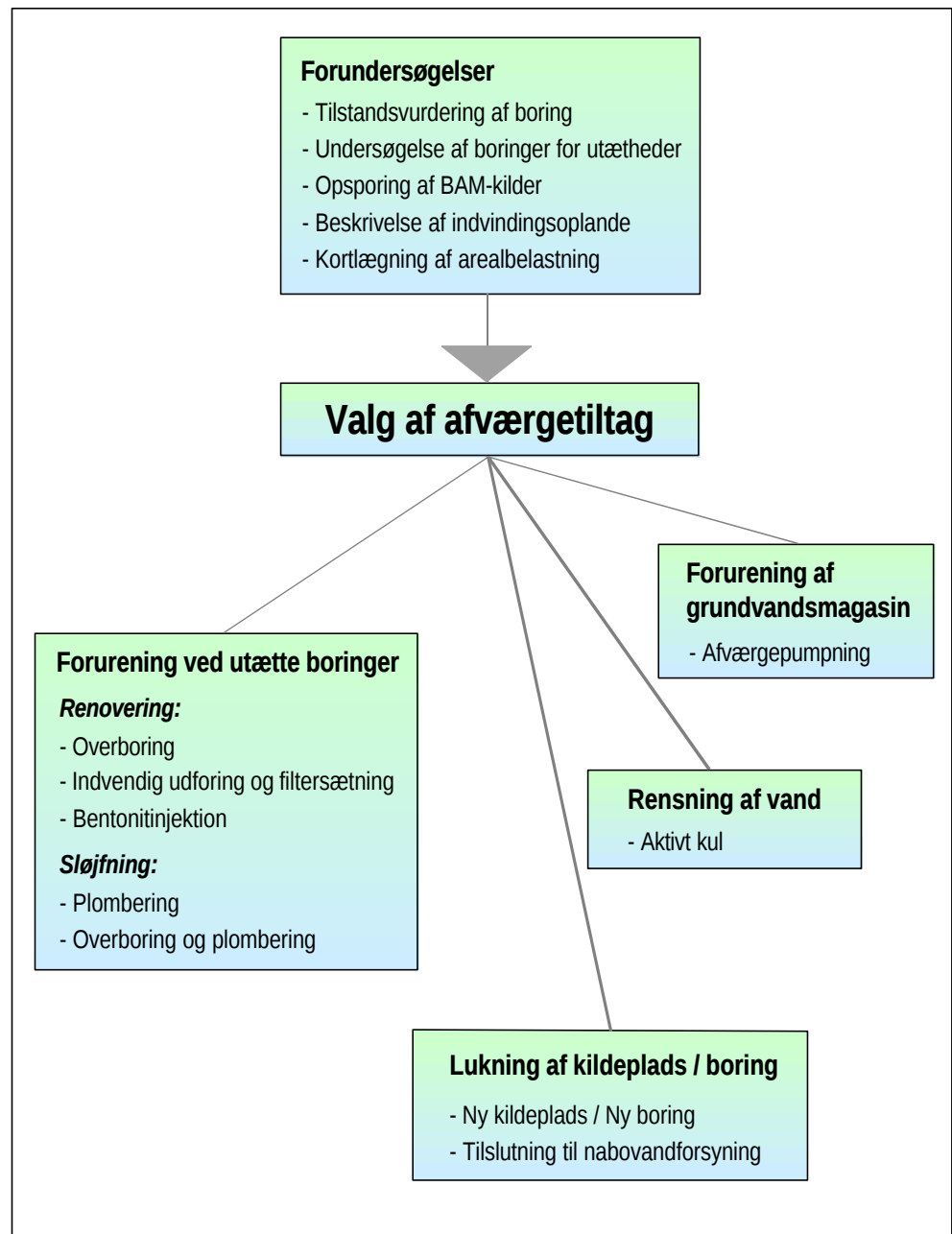
Der findes en række muligheder for at afværge en BAM-forurening af grundvandet eller tiltag, som kan udføres for at forlænge levetiden af indvindingen på et vandværks kildeplads.

På figur 3.1 er vist en oversigt over afværgemulighederne, der er medtaget i de økonomiske vurderinger, og som på baggrund af det tidligere projekt "Pesticider og Vandværker" /1/ og /6/ er vurderet at være egnet til at imødegå en BAM-forurening. Afværgemulighederne er delt op alt efter, om der er tale om en magasinforurening eller en boringsbetinget forurening. Der er kun medtaget muligheder, som er afprøvet i praksis, og hvor der derfor foreligger erfaringer fra danske forhold.

Inden valg af afværgetiltag er det ofte nødvendigt at foretage en række undersøgelser for at få mere viden om forureningssituationen. På figur 3.1 og i de økonomiske vurderinger er der derfor medtaget forundersøgelser, som skal afklare, om det er en magasinforurening, en boringsbetinget forurening eller en kombination af begge muligheder.

Det er i det videre forløb forudsat, at der er foretaget analyser af BAM i alle indvindingsboringer og i drikkevandet fra vandværket, så omfanget af BAM-forureningen på kildepladsen er kendt. Det er endvidere forudsat, at der først foretages afværgetiltag, når grænseværdien for BAM i det udpumpede vand til forbrugerne overskrides.

I de følgende afsnit beskrives de enkelte afværgemuligheder til at imødegå en BAM-forurening. Endvidere fastlægges de investeringer og typer af driftsudgifter, der indgår i de økonomiske beregninger.



Figur 3.1 Forundersøgelser og afværagemuligheder til at imødegå BAM-forurening

3.1 Forundersøgelser

For at kunne vælge den rigtige afværgestrategi er det i langt de fleste tilfælde nødvendigt at udføre en række forundersøgelser for at få mere viden om indvindingsboringerne og indvindingsoplandet. Dette vil være med til at reducere usikkerheden omkring valg af videre afværgestrategi.

Der er medtaget følgende forundersøgelser i de økonomiske vurderinger:

- Tilstandsvurdering af boring
- Boringsundersøgelse for utætheder
- Opsporing af kilder til BAM-forurening
- Beskrivelse af indvindingsopland
- Vurdering af arealbelastning

Forundersøgelserne er medtaget i alle afværgestrategier ved beregning af omkostningerne. Det er forudsat, at alle muligheder for at afgrænse forureningen og indhente mest mulig viden om forureningssituationen og indvindingsforholdene vil blive gennemført, inden afværgetiltaget vælges.

I de følgende afsnit er de enkelte forundersøgelser beskrevet med de aktiviteter, der er medtaget i opgørelsen af omkostninger for forundersøgelser.

3.1.1 Tilstandsvurdering af boringer

Eventuelle tiltag omkring boringer afhænger af boringens alder og tilstand. Der udarbejdes derfor en tilstandsvurdering af hver boring på kildepladsen for at kunne vurdere, om der er risiko for forurening gennem en utæt boring og for at kunne vurdere, om der er risiko for forurening gennem utætheder ved borings- eller forerørsafslutning.

I de økonomiske beregninger er der medtaget følgende aktiviteter i forbindelse med tilstandsvurdering af én boring:

- Besigtigelse af boring og brønd/råvandsstation
- Indhentning og gennemgang af eksisterende materiale om boring (boreprofiler, vandanalyser, renoveringer, regenereringer, prøvepumpninger og driftsforhold)
- Vurdering og rapportering

3.1.2 Undersøgelse af boringer for utætheder

For at undersøge om en BAM-forurening skyldes en utæt boring eller har bidrag fra en utæt boring, skal der udføres en undersøgelse af den enkelte borings tæthed. Utætheder i boringer kan findes flere steder i boringskonstruktionen: utæt forerør, så BAM-forurenet vand kan løbe ind i forerøret, manglende forsegling mellem forerør og formation, så forurenet vand kan løbe uden på forerøret (såkaldt skorstenseffekt).

På baggrund af undersøgelser fra Fyns Amt /9/, hvor der er udført praktiske undersøgelser af boringer for BAM-forurening baseret på resultaterne fra projektet "Pesticider og Vandværker", er der opstillet et undersøgelsesprogram for én boring omfattende følgende aktiviteter:

- Opstilling og optagning af pumpe
- Indsivningstest med dobbeltpakker
- 1 analyse for BAM
- Flowlog
- Udtagning af 2 niveaubestemte vandprøver
- 2 analyser for BAM

- 2 analyser for uorganiske parametre (boringskontrol)
- Vurdering af resultater og rapport.

I en indsivningstest med dobbeltpakker placeres pakkerne over filtret, og eventuelt indsivende vand over dobbeltpakkeren opsamles og analyseres for BAM for at undersøge, om der er tale om indtrængning af forurenede vand. Endvidere måles, hvor meget vand der siver ind, for at kunne vurdere om det indtrængende forurenede vand kan være årsag til den BAM-koncentration, der findes i det oppumpede vand fra boringen. Eventuelt indsivende vand nedfra bortpumpes i mellem dobbeltpakkeren.

Gennem en flowlog indsamles oplysninger om, hvor der strømmer vand ind i det filtersatte niveau, og der udtages niveaubestemte vandprøver i en eller to zoner for at undersøge, hvor en BAM-forurening kommer ind. Hvis der er en markant forskel i BAM-koncentrationen i mellem top og bund af filtret, og de største koncentration er fundet i toppen, er det en god indikation for nedsivning af forurening uden på forerøret.

Undersøgelsesprogrammet giver sammen med tilstandsvurdering af boringen den nødvendige viden til at kunne afgøre, om boringen er utæt og i givet fald, om der er tale om et utæt forerør eller skorstenseffekt.

3.1.3 Opsporing af kilder til BAM-forurening

Det kan i nogle tilfælde være værdifuldt at foretage en opsporing af eventuelle kilder til BAM-forurening. Der foretages normalt kun kildeopsporing i nærheden af indvindingsboringer i op til en radius af 100 meter, og kun hvis der er mistanke om, at der har været brugt ukrudtsmidler i nærheden. En kildeopsporing foretages dels ved interview og spørgeskemaer til vandværkets personale eller lodsejere, dels ved udtagning af jordprøver. Fordelen ved en kildeopsporing er, at forureningsomfanget og retningen til forureningskilden bedre kendes, og der kan derfor foretages en målrettet indsats og afværgetiltag mod kilden til BAM-forurening.

I de økonomiske beregninger er der medtaget følgende aktiviteter ved opsporing af kilder til BAM-forurening.

Undersøgelserne dækker aktiviteter til opsporing af én kilde.

- Interview og spørgeskemaer til lodsejere
- Besigtigelse af omgivelser på formodet kilde til BAM-forurening
- Udtagning og analyse af jordprøve for BAM
- Vurdering og rapport

Interview og spørgeskemaer udføres målrettet og rettes kun mod lodsejere, hvor der med stor sandsynlighed har været brugt ukrudtsmidler med indhold af dichlobenil. Mange udførte undersøgelser med kildeopsporing de seneste år har endvidere givet et godt statistisk grundlag for en vurdering af, hvor dichlobenil har været anvendt. Der udføres ikke kildeopsporing i byområder, hvor der erfaringsmæssigt er mange tætliggende kilder til BAM-forurening, og hvor forureningen derfor mere har karakter af en fladeforurening.

3.1.4 Beskrivelse af indvindingsopland

En beskrivelse af indvindingsoplandet baseres hovedsageligt på indsamling og vurdering af eksisterende data fra Amtets indsatskortlægning samt på supplerende oplysninger fra kommunen og vandværket.

En beskrivelse af indvindingsoplandet omfatter geologi, hydrogeologi, potentialeforhold, vandkemi og arealanvendelse.

Det er forudsat, at alle data er tilgængelige, så der ikke skal udføres nye undersøgelser. Der er således ikke medtaget udgifter til supplerende undersøgelser som grundvandsmodel, geofysik, pejlinger, potentialekort, nye undersøgelsesboringer, flere vandprøver og tilhørende analyser til vurdering af grundvandskemi og forureningsudbredelse.

Der er i de økonomiske beregninger medtaget udgifter til følgende aktiviteter i forbindelse med beskrivelse af indvindingsoplandet:

- Indsamling af eksisterende data fra amt, vandværk og kommune
- Vurdering af indsamlede data.

3.1.5 Kortlægning af arealbelastning

Der findes generelt mange kilder til BAM-forurening, og det kan derfor være vanskeligt for at vandværk at lokalisere forureningskilderne og målrette afværgeforanstaltningerne. For at få et bedre kendskab til placeringen af potentielle forureningskilder i indvindingsoplandet kan der udføres en risikovurdering baseret på amtets indsatskortlægning, kildeopsporing, boringsundersøgelser og arealanvendelse. Det betyder, at vandværket får et bedre kendskab til placeringen af potentielle forureningskilder i forhold til sårbarhed, hydrogeologi og arealanvendelse.

Fyns Amt har udarbejdet et koncept til vurdering af arealbelastningen /9/. Konceptet er baseret på erfaringerne fra projektet ”Pesticider og Vandværker” /1/, hvor de opstillede forslag til undersøgelser er udført i praksis med et godt resultat.

I de økonomiske beregninger er der medtaget følgende aktiviteter i forbindelse med kortlægning af arealbelastning i et indvindingsopland:

- Gennemgang af materiale fra amtets indsatskortlægning
- Indhentning af supplerende oplysninger fra kort, brancheforeninger, registre og planlove
- Tolkning, rapportering og kort i GIS.

3.2 Renovering af boringer

I de fleste tilfælde vil en renovering af en boring være en foranstaltning, der kan forlænge levetiden af vandindvindingen, så der kan pumpes vand op uden indhold af BAM i en årrække. Hvis der har været brugt pesticider med dichlobenil på kildepladsen eller i indvindingsoplandet, vil BAM sandsynligvis sive ned gennem jordlagene og forurene grundvandsmagasinet. Der kan imidlertid ske en fortynding af BAM-forureningen eller en afstrømning fra sekundære

magasiner, så indholdet i det oppumpede grundvand efter en boringsrenovering vil være væsentligt mindre end inden en renovering. Det kan imidlertid ikke udelukkes, at der på et senere tidspunkt igen findes BAM i det oppumpede vand i forhøjede koncentrationer.

I det følgende gennemgås de renoveringsmetoder, som har været prøvet i praksis i Danmark som foranstaltning mod BAM-forurening /2/ og /10/.

3.2.1 Overboring

Ved overboring bores der uden om den eksisterende boring med skylleboringsteknik. Der bores i en større dimension end den eksisterende boring, således at den nye boring udføres i intakte aflejringer, så der ikke opstår risiko for skorstenseffekt. Det er forudsat, at en overboring udføres i dimensionen Ø400 mm.

Overboring benyttes, hvis forundersøgelserne har vist, at der er skorstenseffekt, dvs. lækage udvendigt på forerøret mellem forerør og borevæg som følge af manglende eller defekt bentonitforsegling. Overboring benyttes ligeledes ved sløjfning af boringer, hvis der er konstateret skorstenseffekt. Overboring har ikke været benyttet i mange tilfælde i Danmark, men der findes flere tilfælde, hvor overboring har mindsket koncentrationen af BAM.

Det er forudsat, at den eksisterende råvandsstation og installationer genbruges i forbindelse med en renovering.

I de økonomiske beregninger er der medtaget følgende aktiviteter i forbindelse med overboring som renoveringsmetode:

- Opstilling og optagning af pumpe
- Overboring inkl. optagning af eksisterende filter- og forerør.
- Nyt filterrør og gruskastning
- Nyt forerør og bentonitafpropning
- Renspumpning i 1 døgn
- Nedsætning af eksisterende pumpe
- Kortidsprøvepumpning i 5 døgn inkl. tolkning af resultater
- 1 analyse for uorganiske parametre (boringskontrol)
- 1 analyse for pesticider
- Tilsyn med borearbejde

Aktiviteterne omfatter det egentlige borearbejde samt kontrol af renoveringen ved prøvepumpning og udtagning af analyser.

Såfremt overboring benyttes i forbindelse med sløjfning af boringer, er der i de økonomiske beregninger kun medregnet følgende aktiviteter:

- Opstilling og optagning af pumpe
- Overboring inkl. optagning af eksisterende filter- og forerør
- Tilsyn med borearbejde.

Hertil kommer så udgifter til sløjfning af boringer.

3.2.2 Indvendig udforing og filtersætning

Ved indvendig udforing og filtersætning sættes et nyt filter- og forerør inden i det eksisterende. Mellem det eksisterende og nye filter- og forerør afproppes der med sand ud for filtret og med bentonit ud for forerøret.

Indvendig udforing- og filtersætning bruges i tilfælde, hvor forundersøgelserne har vist, at forerøret er utæt, og der sker indtrængning af BAM-forurenede vand. For at kunne benytte indvendig udforing og filtersætning skal boringen have en dimension, hvor der er plads til forsegling og et nyt filter- og forerør i en så stor dimension, at pumpe og stigrør efterfølgende kan være i den nyrenoverede boring. Det er derfor forudsat, at det nye filter- og forerør mindst har dimensionen Ø160 mm. Indvendig udforing og filtersætning er udført rutinemæssigt og med succes i forbindelse med udbedring af utætte forerør /10/.

Det er forudsat, at den eksisterende råvandsstation og installationer kan genbruges.

I de økonomiske beregninger er der medtaget følgende aktiviteter i forbindelse med indvendig udforing og filtersætning:

- Opstilling og optagning af pumpe
- Ny filtersætning og gruskastning
- Nyt forerør og bentonitforsegling
- Renspumpning i 1 døgn
- Ny dykpumpe og stigrør inkl. nedsætning
- Kortidsprøvepumpning i 5 døgn inkl. tolkning
- 1 analyse for uorganiske parametre (boringskontrol)
- 1 analyse for pesticider
- Tilsyn med borearbejde

Aktiviteterne omfatter det egentlige borearbejde samt kontrol af renoveringen ved prøvepumpning og udtagning af analyser.

3.2.3 Bentonitinjektion

Bentonitinjektion kan benyttes til tætning af boringer ved konstatering af skorstenseffekt, hvor forerørsforseglingen er utæt, og der trænger forurening ned uden på forerøret. Metoden kan være svær at styre og kontrollere, og der vil derfor være usikkerhed ved metoden. Bentonitinjektion kan foretages enten ved at injicere bentonit under tryk fra mindre boringer uden for forerøret eller fra bunden af forerøret (bagstøbning). Hidtil er den største succes opnået i åbne boringer uden filter, hvor der findes flere vellykkede eksempler på, at forureningstransporten uden på forerøret er blevet bremset /10/.

Det er forudsat, at den eksisterende råvandsstation og installationer kan genbruges.

I de økonomiske beregninger er der medtaget følgende aktiviteter i forbindelse med bentonitinjicering:

- Opstilling og optagning af pumpe
- Bentonitinjicering
- Nedsætning af eksisterende pumpe

- Renspumpning i 1 døgn
- 1 analyse for uorganiske parametre (boringskontrol)
- 1 analyse for pesticider
- Tilsyn med borearbejde

Aktiviteterne omfatter det egentlige arbejde på boringen samt tilsyn og efterfølgende kontrol af renoveringens effektivitet gennem prøvepumpning og analyser.

3.3 Sløjfning af boring

Sløjfning af boringer foretages, hvis det vurderes ikke at være rentabelt eller teknisk muligt at renovere boringen. Endvidere bør boringer, der ikke længere skal benyttes til vandforsyning, pejleboringer eller monitoringsboringer sløjfes, så de ikke udgør en risiko for nedtrængning af forurening til grundvandsmagasinet. I de økonomiske beregninger er det derfor forudsat, at en boring sløjfes, hvis den udgår af drikkevandsproduktionen på grund af forurening med BAM.

Sløjfning af boringer foregår som minimum efter retningslinierne angivet i Vandforsyningsloven og Bekendtgørelsen om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land. I de økonomiske beregninger er der medtaget opfyldning med bentonit i hele forerørrets længde, for at være sikker på, at der ikke kan sive forurening ind gennem eventuelle utætheder i forerøret. Det er endvidere en forudsætning, at boringskonstruktionen er kendt, både hvad angår geologi og filtersætning, inden sløjfningen foretages. Der er derfor ikke medtaget udgifter til yderligere undersøgelser af boringen end de, der indgår i forundersøgelserne.

Der er medtaget følgende aktiviteter i de økonomiske beregninger i forbindelse med sløjfning af en boring:

- Demontering af installationer (råvandsstation, dykpumpe, stigrør m.v.)
- Opfyldning af filterrør med sand
- Opfyldning af forerør med bentonit
- Afslutning: fjernelse af forerør til 1 meter under terræn
- Tilsyn med borearbejde

Hvis der er konstateret skorstenseffekt på den boring, der skal sløjfes, skal der inden plomberingen foretages en overboring for at sikre, at der ikke fortsat kan ske nedsivning af forurening mellem forerør og borevæg. Aktiviteterne i forbindelse med overboring er beskrevet i afsnit 3.2.1.

Sløjfning af boringer skal meddeles til amtet, senest 2 uger før arbejdet går i gang med angivelse af, hvordan boringen vil blive sløjfet.

3.4 Afværgepumpning

I langt de fleste tilfælde med BAM-forurening er der tale om en generel forurening af grundvandsmagasinet. Det er sjældent muligt at lokalisere en velafgrænset kilde til BAM-forureningen med tilhørende forureningsfane, hvor der kan foretages et målrettet afværgetiltag. I sådanne tilfælde vil afværgetiltaget ofte bestå af afværgepumpning fra eksisterende indvindingsboringer eller fra

en nyetableret afværgeboring for at forhindre BAM-forureningen i at spredes til eventuelle uforurenedede boringer på kildepladsen.

Formålet med afværgepumpning er at skabe et grundvandsskel for at forhindre/begrænse BAM-forurening i at sprede sig til uforurenedede naboboringer. Størrelsen og effekten af afværgepumpningen afhænger af de geologiske og hydrogeologiske forhold på kildepladsen og af kildestyrken af BAM-forureningen. I grundvandsmagasiner med tynde dæklag må der forventes en større effekt af afværgepumpningen end i grundvandsmagasiner med en mere kompleks geologi.

En afværgepumpning kan etableres, så der enten dannes et vertikalt eller et horisontalt grundvandsskel. Ved et vertikalt grundvandsskel afværgepumpes der fra samme magasin, som indvindingsboringerne er filtersat i. Ved et horisontalt grundvandsskel skabes der et grundvandsskel mellem to magasiner over hinanden, så forureningen ikke trænger ned til dybereliggende uforurenedede grundvandsmagasiner. Afværgepumpning med et horisontalt grundvandsskel kaldes for separationspumpning.

Afværgepumpningen skal overvåges og styres hydraulisk for at sikre, at vandskellet opretholdes ved forskellige driftssituationer på kildepladsen. Overvågningen kan ske ved hjælp af pejlinger eller bedre med tryksonder i boringerne, hvor vandspejlet overvåges kontinuert, og afværgepumpningen styres herefter.

Afværgepumpevandet kan bortledes til kloak eller vandløb/sø. Ved udledning til kloak skal kommunen i henhold til Miljøbeskyttelsesloven give tilladelse hertil. Der skal betales afledningsafgift af den afværgepumpevandede vandmængde.

Udledning til vandløb/sø kræver tilladelse fra amtet i henhold til Miljøbeskyttelsesloven og Vandløbsloven. Afhængig af kvalitetskravene til vandløbet eller søen kan der stilles krav til indholdet af jern, ammonium, ilt og BAM i afværgepumpevandet. Det kan betyde, at vandet skal iltes inden udledningen og i særlige tilfælde skal sandfiltreres eller filtreres gennem et aktiv kulanlæg. Ved beregning af udgifter til afværgepumpning er der brugt nedenstående kvalitetskrav til at afgøre, om afværgepumpevandet skal gennemgå vandbehandling eller ej.

Stof	Kvalitetskrav	Vandbehandling ved overskridelse af kvalitetskrav
Ilt	> 5 mg/l	Iltning
Ferrojern	< 0,5 mg/l	Iltning
Totaljern	< 2,0 mg/l	Iltning og sandfiltrering
Ammonium	<1 mg/l	Iltning og sandfiltrering
BAM	<1 µg/l	Iltning, sandfiltrering og aktiv kulfiltrering

Tabel 3.2 Kvalitetskrav til afværgepumpevand ved udledning til vandløb eller sø

Afværgepumpningen vil normalt køre konstant over døgnet og over året modsat vandindvindingen, der for de fleste vandværker er tilpasset variationerne i vandforbruget. Der skal derfor ofte sættes en mindre pumpe i afværgeboringen end i en indvindingsboring.

I de økonomiske beregninger er der forudsat en afværgepumpning på 5 m³/t. Der er medtaget følgende investeringer ved etablering af afværgepumpning:

- Ny mindre pumpe til 5 m³/t

- Nye stigrør
- Rørføring til kloak eller vandløb/sø for bortledning af afværgevand
- Ansøgning om udledningstilladelse hos amtet ved udledning til vandløb/sø
- Tryksonder til overvågning af grundvandsspejl
- Indkøring af afværgepumpning (pejlinger i borer, analyser for uorganiske parametre (boringskontrol), pesticider og BAM)
- Iltning af afværgepumpevand ved overrisling
- Hus til vandbehandlingsanlæg for afværgevand
- Iltning, sandfiltrering og aktiv kulfiltrering i trykfiltre
- SRO-anlæg og styring inkl. styrekabler fra boring til vandbehandlingsanlæg
- Indkøring af vandbehandling

I forbindelse med afværgepumpning er der en række driftsudgifter, som ligeledes er medtaget i de økonomiske vurderinger. Det drejer sig om udgifter til:

- Tilsyn, administration og vedligehold
- Prøvetagning og analyse for BAM i afværge- og indvindingsboringer 1 gang årligt
- Prøvetagning og analyse for uorganiske parametre (normal kontrol) i afværgepumpevand 1 gang årligt
- Prøvetagning og analyse for BAM i afværgepumpevand 4 gange årligt.
- Elforbrug til afværgepumpning
- Elforbrug til evt. rensning af afværgepumpevand
- Udskiftning af aktiv kul, hvis der er etableret aktiv kulfiltrering til rensning af afværgepumpevand
- Afledningsafgift, hvis der foretages udledning til kloak
- Rensning af råvandsledning fra afværgeboring

3.5 Ny boring

Der kan i nogle tilfælde etableres en ny boring på den eksisterende kildeplads uden indhold af BAM, så vandindvindingen kan opretholdes, selv om andre borer på kildepladsen er forurenet. Endvidere vil det i nogle tilfælde være den teknisk bedste løsning at etablere en ny boring til afværgepumpning, da boringen så kan etableres på det mest optimale sted i forhold til at forhindre spredning af BAM-forurening til uforurenede indvindingsboringer.

Udgifterne til etablering af en ny boring indgår ligeledes, hvis der sker en flytning af kildepladsen til et nyt indvindingsområde.

Etablering af en ny boring er således et afværgetiltag der indgår i flere forskellige afværgestrategier, og udgifterne til etablering af en ny boring kan derfor kombineres med udgifterne til afværgepumpning eller etablering af en ny kildeplads.

For på et senere tidspunkt at kunne udnytte en ny afværgeboring til indvindingsboring er det forudsat, at en afværgeboring udføres i samme dimension som en indvindingsboring, det vil sige med en borediameter på 400 mm og et filter- og forerør i dimensionen Ø225 mm. Afværgeboringen kan i tilfælde, hvor BAM-forureningen er blevet reduceret eller helt fjernet, indgå i drikkevandsproduktionen.

Udover selve borearbejdet skal der ved etablering af en ny boring foretages indledende undersøgelser for at udpege et borested samt ansøge Amtet om borestilladelse. Efter borearbejdet skal boringens ydeevne og vandkvalitet undersøges ved en prøvepumpning og udtagning af vandanalyser før og efter prøvepumpningen. Der skal efterfølgende søges amtet om en endelig indvindingsstilladelse og foretages en udbygning af boringen med råvandsstation, pumpe m.v.

I de økonomiske beregninger er der medtaget følgende aktiviteter i forbindelse med etablering af en ny boring:

- Udpegning af borested ud fra oplysninger om geologi og hydrogeologi
- Ansøgning om borestilladelse hos amtet
- Udarbejdelse af udbudsmateriale og tilsyn med borearbejde
- Erstatning til lodsejer
- Borearbejde med lufthævemetode inkl. mobilisering
- Filterrør inkl. gruskastning
- Forerør inkl. bentonitforsegling
- Renspumpning af boring
- Prøvepumpning af boring
- 2 sæt analyser for uorganiske parametre (boringskontrol) og pesticider
- Ansøgning om indvindingsstilladelse
- Udbygning af boring med råvandsstation, pumpe og stigrør
- El og SRO i boring inkl. styringskabler fra boring til SRO-anlæg
- Indhegning af boring
- Etablering af adgangsvej
- Råvandsledning, hvis der er tale om en ny indvindingsboring

Hvis den nyetablerede boring er en ny ekstra boring på kildepladsen, og de eksisterende boringer stadig er i drift, vil der være en række nye driftsudgifter, som skal medtages i de økonomiske beregninger for at kunne vurdere merudgiften for vandværket.

I forbindelse med en ny boring er der medtaget nedenstående driftsudgifter i de økonomiske beregninger. Såfremt boringen skal bruges som afværgeboring er en række af driftsudgifterne hertil beskrevet i afsnittet om afværgepumpning.

- Regenerering af boring
- Rensning af pumpe
- Rensning af råvandsledninger ved ny indvindingsboring

3.6 Ny kildeplads

I stedet for at etablere nye boringer på den eksisterende kildeplads kan vandindvindingen helt eller delvist flyttes til en ny kildeplads. Dette er ofte et afværgetiltag, der bruges af mindre vandværker, som ikke råder over en stor reservekapacitet spredt på flere kildepladser.

Etablering af en ny kildeplads er en langvarig proces, der kan tage flere år fra beslutningen bliver taget, til der indvindes vand på kildepladsen. Mange vandværker har derfor forberedt sig på en forureningssituation og allerede etableret en reservekildeplads eller udført en række undersøgelser og udpeget

et nyt indvindingsområde. I det følgende er medtaget alle udgifter fra beslutningen om etablering af en ny kildeplads bliver taget, til der indvindes vand fra kildepladsen.

Lukning af den eksisterende kildeplads og etablering af en ny kildeplads kan ofte være nødvendig, hvis der er en omfattende BAM-forurening i de eksisterende indvindingsboringer.

Etablering af en ny kildeplads kræver en del forundersøgelser for at kortlægge geologi, hydrogeologi, vandkvalitet, forureningstrusler, grundvandsbeskyttelse m.v. Som ressourcemyndighed på vandindvindingsområdet vil amtet råde over en del data og viden, der kan bruges ved udpegning af en ny kildeplads.

Etablering af en ny kildeplads kræver tilladelser fra amtet i form af både bore-tilladelse og indvindingstilladelse. Der skal endvidere lægges nye råvandsledninger og foretages en ombygning af SRO-anlægget på vandværket, så det kan styre den nye indvindingssituation.

På en ny kildeplads kan der være en anden vandkvalitet end på den eksisterende kildeplads. Det skal derfor overvejes, om den nye vandkvalitet eller blanding af to vandkvaliteter fra henholdsvis den eksisterende og nye kildeplads kan give problemer med vandbehandlingen på vandværket.

I de økonomiske vurderinger er det forudsat, at det eksisterende vandværk kan anvendes uden ombygning, og at der alene foretages en flytning af vandindvindingen.

I forbindelse med etablering af en ny kildeplads vil der ofte blive foretaget en længerevarende prøvepumpning for at undersøge grundvandsmagasinet ydeevne og vandindvindings påvirkning på eventuelle naboboringer og vådområder.

I de økonomiske vurderinger er der medtaget nedenstående aktiviteter i forbindelse med etablering af en ny kildeplads. Aktiviteterne i forbindelse med selve borearbejdet er nærmere beskrevet i afsnit 3.5.

- Indhentning af data og vurdering af geologi, hydrogeologi, vandkvalitet forureningstrusler og grundvandsbeskyttelse baseret på data fra amtet
- Etablering af boring – se afsnit 3.5
- Længerevarende prøvepumpning med 1-3 observationsboringer
- Etablering af råvandsledning
- Ombygning af SRO-anlæg inkl. styrekabler fra kildeplads til vandværk

Ud over aktiviteterne til etablering af en ny kildeplads får vandværket forøgede driftsudgifter, der skal medtages i den økonomiske vurdering. De forøgede driftsudgifter afhænger af, om den nye kildeplads er en erstatning eller et supplement til den eksisterende kildeplads.

Såfremt den nye kildeplads er en erstatning for den eksisterende kildeplads, og denne nedlægges, vil de forøgede driftsomkostninger alene kunne bestå i øgede el-udgifter til pumpning af vandet fra boring til vandværk, såfremt afstanden fra den nye kildeplads til vandværket er større end afstanden fra den eksisterende kildeplads. De øvrige driftsudgifter på den nye kildeplads modsvares af sparede driftsudgifter på den nedlagte kildeplads.

I de økonomiske beregninger er der medtaget følgende driftsudgifter til etablering af en ny kildeplads:

- Regenerering af boring
- Rensning af pumpe
- Rensning af råvandsledninger
- El-forbrug til pumpe

3.7 Rensning med aktivt kul

Der er indtil i dag kun givet tilladelse til rensning af drikkevandet for BAM med aktiv kulfiltrering på 5 vandværker i Danmark. Fjernelsen af BAM på aktivt kul sker ved, at BAM bindes (adsorberes) til kullene. Kullene bliver efterhånden brugt op og skal udskiftes, når der ikke er mere rent kul i kulfiltret.

Ifølge Vandforsyningsloven skal amtet søges om tilladelse til at bruge aktivt kul til rensning af drikkevandet for BAM.

For ikke at reducere kapaciteten af kullene skal vandets indhold af jern og mangan være fjernet i sandfiltre inden kulfiltreringen. Aktiv kulfiltre vil derfor næsten altid blive placeret efter den almindelige vandbehandling på vandværket. Det er forudsat, at den aktive kulfiltrering foretages i trykfiltre. Dette er anvendt på de hidtidige anlæg i Danmark, da det er billigst og mest pladsbesparende at etablere på et eksisterende vandværk. Aktiv kulfiltrering kan dog også udføres i åbne filterceller. Det kan være nødvendigt at installere en mellempumpe mellem sandfiltrene og kulfiltrene, for at vandet kan trykkes gennem kulfiltrene.

Det aktive kuls evne til at rense vandet for BAM afhænger af vandets aktuelle vandkvalitet specielt indholdet af organisk stof (NVOC) og indholdet af andre forureningsstoffer, der kan sætte sig på kullene. I en undersøgelse udført for Miljøstyrelsen er fjernelsen af BAM i drikkevandet undersøgt på Hvidovre Vandværk /11/. Undersøgelserne er udført med en indløbskoncentration af BAM på ca. 0,3 µg/l og et indhold af NVOC på 1,1 mg/l. Jernindholdet i indløbsvandet til kulfiltrene har ligget under 0,05 mg/l.

Resultaterne fra disse undersøgelser er benyttet til at fastlægge kulfiltrenes størrelse og levetid i de økonomiske beregninger, da der pt. ikke er tilsvarende erfaringer med BAM-fjernelse i andre vandtyper jf. kapitel 5.

Ved bestemmelse af levetiden for et aktiv kulfilter er der forudsat en indløbskoncentration af BAM til kulfiltret på 0,3 µg/l, og at kulfiltret skal rense vandet for BAM indtil 0,01 µg/l. Det er valgt at sætte udløbskoncentrationen til en tiendedel af grænseværdien i drikkevand, da erfaringerne fra de aktive kulfilteranlæg i Danmark viser, at kullene udskiftes, så snart der detekteres BAM i udløbet.

Når kullene er brugt op, og koncentrationen af BAM i udløbet fra kulfiltrene overstiger 0,01 µg/l, skal de udskiftes. Dette foretages af kulleverandøren, der samtidig tager de brugte kul med tilbage.

For at sikre, at vandværket kan producere vand under udskiftning af aktivt kul, er det forudsat, at et aktiv kulfilteranlæg bygges op af to parallelle filtre, så det ene filter kan være i drift, mens der skiftes kul i det andet. Udskiftning af

aktiv kul tager 1-3 døgn, hvor vandværket kun kan producere vand på det ene kulfilter.

Efter udskiftning af aktivt kul i et filter er det ikke ualmindeligt, at der efterfølgende i en kortere periode optræder forhøjede kimtal i det kulfiltrede vand. Af denne årsag monteres der et UV-anlæg efter de aktive kulfiltre til desinficering af vandet, inden det ledes til rentvandstanken og pumpes ud til forbrugerne. Selve kulfiltreringen mindsker potentialet for eftervækst af bakterier i ledningsnettet. Det er ukendt om en efterfølgende UV-behandling igen øger eftervækstpotentialet.

Aktiv kulfiltre er ofte høje og pladskrævende, og det er derfor ofte nødvendigt at lave en tilbygning til vandværket, så filtrene står frostfrit og beskyttet mod vejr og vind.

I de økonomiske beregninger er der medtaget følgende aktiviteter i forbindelse med etablering af et aktiv kulfilteranlæg:

- Ansøgning om tilladelse hos amtet
- Projektering af anlæg inkl. udarbejdelse af udbudsmateriale
- Filterbeholdere med aktiv kul
- UV-anlæg
- Mellempumpe mellem sandfilter og kulfilter
- Montering af kulfilter og UV-anlæg
- Ombygning og tilpasning til eksisterende vandbehandling
- Tilsyn og indkøring af kulfilter og UV-anlæg inkl. analyser
- Tilbygning til vandværk

I forbindelse med rensning af drikkevandet for BAM gennem et aktiv kulfilter er der indregnet nedenstående driftsudgifter i de økonomiske beregninger:

- El-forbrug til mellempumpning og UV-anlæg
- Udskiftning af aktiv kul inkl. arbejds løn og bortskaffelse
- Udskiftning af UV-lamper inkl. løn og deponering
- Analyser for BAM i indløb og udløb fra kulfiltre
- Analyser for bakteriologi efter UV-anlæg hver måned
- Vedligeholdelse

3.8 Tilslutning til anden vandforsyning

Tilslutning til en anden vandforsyning bruges ofte i samme tilfælde som etablering af en ny kildeplads, det vil sige ved omfattende forurening af indvindingsboringerne. I de fleste tilfælde i Danmark er det et afværgetiltag, der ofte vil blive benyttet af de mindre vandværker, hvor de har mulighed for at blive koblet på et større nabovandværk med overskud i produktionen.

Tilslutning til en anden vandforsyning kræver etablering af en permanent ledningsforbindelse til vandværket eller forbindelse af de to vandforsyningers ledningsnet. Inden tilslutning til en anden vandforsyning skal trykforholdene i ledningsnettet og nabovandværkets kapacitet vurderes for at sikre, at der kan leveres den nødvendige vandmængde til et acceptabelt tryk. Det kan blive nødvendigt at etablere en trykforøger på ledningsforbindelsen for at opretholde et tilstrækkeligt tryk hos forbrugerne i det BAM-ramte vandværks forsy-

ningsområde. Kommunernes vandforsyningsplaner kan være en god hjælp i disse situationer.

I de økonomiske vurderinger er det forudsat, at nabovandværket har kapacitet til at overtage forsyningen uden udbygning af kildeplads eller vandbehandling. Det er forudsat, at der på det BAM-ramte vandværk sløjfes borerer svarende til den vandmængde, der leveres fra nabovandforsyningen, så forureningsramte borerer ikke står ubenyttede hen og kan fungere som transportvej for forurening til grundvandet.

Der er ikke medtaget eventuelle overtagelsesudgifter, der kan være, når et nabovandværk skal overtage ledningsnet og levering af vand til et BAM-ramt vandværk. Der er stor variation i udgifterne fra tilfælde til tilfælde alt efter vedligeholdelsesstand og anlægsværdi af det BAM-forurenede vandværk. Der er endvidere ikke medtaget den indkomst, som det BAM-forurenede vandværk eventuelt kan få ved salg af vandværksgrund m.v., da det igen afhænger af vandværkets beliggenhed, vedligeholdelsesstand og dermed anlægsværdi. Der er således tale om individuelle omkostninger, det ikke er muligt at fastlægge på et generelt niveau.

I de økonomiske beregninger er der medtaget følgende aktiviteter i forbindelse med tilslutning til anden vandforsyning.

- Vurdering af tilslutningsmuligheder (trykforhold og ledningsdimensioner)
- Etablering af ledningsforbindelse
- Trykforøger

I de økonomiske beregninger er der medtaget driftsudgifter til pumpning af vandet i trykforøgeranlæg.

4 Datagrundlag

Datagrundlaget for beregningerne omfatter en række forudsætninger af teknisk karakter såvel som forskellige prisoplysninger. På prissiden sondres mellem de oplysninger, der er bestemmende for investeringsomkostningerne, og de der indgår i beregningen af driftsudgifterne.

4.1 Tekniske data

En række oplysninger af generel teknisk karakter er nødvendige for at kunne foretage beregninger af omkostningerne for de forskellige afværgestrategier. De vandværksspecifikke tekniske oplysninger, der også kræves, vil blive diskuteret i det følgende kapitel.

De generelle tekniske oplysninger kan inddeles i fire kategorier:

- analyser
- tekniske data, der påvirker investeringsbehov
- tekniske data med indvirkning på driften
- finansieringsforhold.

For detaljerede oplysninger om de tekniske forudsætninger gennemgået nedenfor henvises til bilag A(1), der også, hvor det er relevant, anfører kilderne til oplysningerne. I det følgende gives alene en summarisk gennemgang.

Oplysninger om *analyser* vedrører de krav, som myndighederne stiller til supplerende kontrol af råvandet fra borer og samt analyse af drikkevandet i forbindelse med vandrensning. Råvandskontrollerne vedrører især etablering af nye borer og samt afværgepumpning. I omkostningsberegningerne indgår alene de nye kontroller, der skal udføres i forhold til udgangssituationen, dvs. uden en BAM-forurening af drikkevandet over grænseværdien.

På *investeringssiden* er der behov for oplysninger om levetider for de forskellige fysiske anlægsdele for hvilke, der kan ske afskrivninger, og hvor der derefter foretages geninvesteringer. Den udarbejdede beregningsmodel tager udgangspunkt i de oplysninger om levetider for vandtekniske installationer og anlæg, som anbefales i Vejledning nr. 1 fra DANVA¹ om "Registrering af fysiske aktiver på det kommunale vand- og spildevandsområde"/12/. Vejledningen definerer otte forskellige afskrivningstider for vandværkernes anlægsdele varierende mellem 3 og 100 år. Af beregningstekniske hensyn har det dog været nødvendigt at reducere antallet af forskellige levetider til fire, hvilket dog må vurderes som fuldt tilstrækkeligt inden for rammerne af denne rapport.

Vejledningen omfatter ikke levetider for vandrensningsanlæg, hvorfor disse er indhentet fra leverandører af disse anlægstyper. Fra leverandørside blev oplyst et interval på 10-20 år for levetiden. I beregningerne er levetiden sat til den øvre grænse af dette interval, dvs. 20 år.

¹ Dansk Vand- og Spildevandsforening

Oplysningerne om levetider benyttes i beregningsmodellen dels til beregning af geninvesteringsbehovet for de forskellige afværgestrategier set over strategiens levetid, dels til opgørelse af de årlige afskrivninger. Geninvesteringerne er et nødvendigt input for at kunne vurdere omkostningerne ved de forskellige løsningsmuligheder. Afskrivningerne indgår i vurderingen af den valgte strategis påvirkning af vandprisen.

På *driftssiden* er det i højere grad end for investeringerne nødvendigt at gøre en række tekniske forudsætninger af generel karakter. Det er tilfældet for pumpeeffekt i borer, tryktab i råvandsledninger før vandværket, pumpeeffekt i trykforøgeranlæg, pumpeeffekt i mellempumpen på vandværket ved vandrensning og effekt i et eventuelt UV-anlæg. For pumpningen før vandværket og trykforøgeranlægget gælder, at effekten er udtrykt i kW/m, således at der i beregningerne tages hensyn til de respektive ledningsstrækninger.

For vandrensningsanlægget, der som nævnt består af et kombineret aktiv kulfilter- og UV-anlæg, kræves endvidere oplysninger om kullelevetid, antallet af UV-lamper i anlægget og disses levetid. I den forbindelse bør nævnes, at antagelserne om kullelevetid forudsætter et BAM-indhold i indløbet til kulfiltret på 0,3 µg/l, og at der renses til detektionsgrænsen for BAM, som er 0,01 µg/l, hvilket er i overensstemmelse med almindelig praksis på danske vandværker.

Som tidligere diskuteret er erfaringerne her i landet med aktiv kul til imødegåelse af BAM-forurening ganske begrænsede, således at en egentlig sammenhæng mellem BAM-indgangsniveau og kullelevetid ikke er etableret. Den forudsatte levetid på det aktive kul er en nøgleforudsætning ved beregning af driftsomkostningerne på vandrensningsanlægget. Et større BAM indhold reducerer levetiden og forøger dermed udgifterne til udskiftning af kul. Oplysninger om levetid på aktiv kul samt kulforbrug er også nødvendige ved beregning af driftsomkostninger for det aktive kulfilteranlæg, der eventuelt skal installeres ved udledning af afværgevand.

Endelig må der til brug for beregningerne gøres forudsætninger om vandværkernes mulighed for ekstern *finansiering* – i form af lånoptagelse – af de nødvendige investeringer, der kan være ganske betragtelige. Det forudsættes enten, at vandværket kan opnå en kommunal lånegaranti for optagelse af et fastforrentet lån (annuitetsbasis med halvårlig rente- og afdragsbetaling) i Kommunekredit² eller, at vandværket kan låne fra kommunen over mellemregningskontoen på tilsvarende vilkår. Den effektive lånerente sættes til 5 pct. p.a.³ og lånets maksimale løbetid til 25 år, som er Kommunekredits maksimum. Finansieringsomkostningerne indgår ved opgørelse af afværgestrategiens indvirkning på vandpriser og takster.

4.2 Investeringsomkostninger

Investeringsomkostningerne kan inddeles i forundersøgelsesomkostninger, omkostninger til analyser og ansøgninger samt øvrige omkostninger. Datagrundlaget for beregning af investeringsomkostninger er vist i bilag A(2).

² Kommunekredit yder lån til kommuner og amter samt selskaber og institutioner, der har modtaget en 100 pct. kommunal garanti for lånoptagelsen.

³ svarende til et simpelt gennemsnit af åbne lån med forfald i henholdsvis 2016 og 2030 (28. november 2003).

4.2.1 Forundersøgelser

Indholdet af forundersøgelserne er beskrevet i afsnit 3.1. Alle omkostningsoverslag er udarbejdet af Rambøll på basis af indhentede projekterfaringer.

4.2.2 Analyser og ansøgninger

Denne omkostningskategori omfatter dels de af myndighederne krævede analyser af råvand og drikkevand, dels udarbejdelse af forskellige ansøgninger, udbudsmateriale mv. ved forskellige former for afværgetiltag. Priserne for de forskellige analyser benyttes også ved udarbejdelse af omkostningsoverslag for de analyser, der skal udføres som led i den daglige drift.

4.2.3 Øvrige investeringsomkostninger

Under øvrige investeringer indgår alle fysiske investeringer i udstyr og bygninger samt tilknyttede arbejder jf. gennemgangen i kapitel 3. Disse omkostninger er i bilag A(2) opdelt i faste (kapacitetsuafhængige) og variable (kapacitetsafhængige) omkostninger for hver enkelt afværgestrategi. Hvorledes begrebet kapacitet er defineret, afhænger af, hvilken investering der er tale om. For en boring vil det f.eks. være boringsdybde. I kapitel 5 vil kapacitetsbegrebet blive nærmere belyst ved hjælp af nogle regneeksempler.

I bilag A(2) er der for hver enkelt investering under faste henholdsvis variable omkostninger angivet den relevante enhed. F.eks. er prisen for indhegning af en boring pr. indhegning, dvs. en *fast* omkostning pr. boring. Derimod er borningsprisen angivet pr. m, dvs. en *variabel* omkostning, hvis samlede størrelse afhænger af, hvor mange meter der bores. Den anførte pris gælder for en boring med en dybde på op til 100 m.

Desuden bør bemærkes fra bilaget, at prisen på vandledninger kun omfatter priser for ledninger lagt i byområder og i landområder. Et byområde er defineret som en koncentreret bydel i byer med mere end 10.000 indbyggere, mens et landområde er defineret som områder med under 10.000 indbyggere⁴. Prisoplysninger eksisterer også for såkaldte city-områder, der er midtbyen i byer med mere end 150.000 indbyggere. Inden for rammerne af denne rapport er det usandsynligt, at der skal lægges nye ledninger i et sådant område, hvorfor oplysningerne ikke er medtaget i datagrundlaget.

4.3 Driftsomkostninger

Driftsomkostningerne omfatter fortrinsvis pumpeomkostninger og drift af vandrensningsanlæg samt vedligeholdelsesomkostninger. Prisdatagrundlaget for nødvendige analyser og kontroller er omtalt i afsnit 4.2.2 ovenfor. Øvrige prisoplysninger fremgår af bilag A(3).

⁴ DANVA: "Vejledning nr. 1: Registrering af fysiske aktiver på det kommunale vand- og spildevandsområde", tabel 1, fodnote 4.

5 Omkostninger ved bekæmpelse af BAM

5.1 Indledning

I vandværkets overvejelser omkring imødegåelse af BAM-forurening må en grundforudsætning i den valgte strategi være, at værket opretholder en uændret vandforsyning.

Når der vælges et af de afværgetiltag, der er gennemgået i kapitel 3, må det samtidig sikres, at vandforsyningen kan opretholdes. Ved f.eks. afværgepumpning fra en boring eller sløjfning af denne bortfalder noget af indvindingsmængden, som så må erstattes på anden vis, eksempelvis med en ny indvindingsboring.

Hvis der alene er tale om en boringsforurening, der kan afhjælpes ved overboring, bentonit-injektion eller indvending udforing, vil vandforsyningen – efter udbedringen af utætheden - kunne opretholdes uændret. Tilsvarende gælder, hvis BAM-forureningen imødegås ved at rense det indvundne vand med aktiv kul. Alle øvrige afværgestrategier må omfatte dels en afhjælpning af grundvandsforureningen, dels en sikring af en uændret vandforsyning.

5.2 Afværgestrategier mod BAM

De væsentligste strategier til imødegåelse af BAM-problemerne er gengivet i tabel 5.1. Strategierne er grupperet i afværgetiltag ud fra, hvilken komponent der er hovedelementet i den enkelte strategi.

Strategier inden for gruppen *boringsrenovering* omfatter alene de, der vedrører en boringsforurening, og hvis udførelse ikke påvirker vandforsyningen. Den indvendige udforing vil ud over placering af et nyt forerør også kunne omfatte isætning af et nyt filter.

Lukning af boringer kan ske enten ved ”almindelig” sløjfning med opfyldning af sand og bentonit i henholdsvis filter og forerør eller ved overboring efterfulgt af opfyldning med sand og bentonit. Reduktionen i indvindingsmængde kompenseres enten ved (om muligt) at forøge indvindingen på de øvrige boringer på kildepladsen eller ved - ligeledes om muligt - at etablere en ny boring på samme kildeplads.

Afværgepumpning vil ofte kunne ske fra den eksisterende forurenede boring. Om nødvendigt må en ny boring etableres som afværgeboring. Som ved lukning af boringer kan tabet af indvindingsmængde udlignes enten ved at forøge indvindingen på de øvrige boringer eller gennem etablering af en ny boring på kildepladsen.

Hvis BAM-forureningen er så omfattende, at indvindingsmængden ikke kan opretholdes på den eksisterende kildeplads, da kan *etablering af ny kildeplads*

være et alternativ. Omkostningsanalysen i det følgende forudsætter, at den gamle kildeplads lukkes enten delvis eller helt ved sløjfning af borer.

Inden for rammerne af denne rapport vil *rensning af drikkevand* alene omfatte filtrering gennem et aktiv kulfilter på vandværket. Som nævnt vil vandrensningen ikke påvirke indvindingsmængden.

Afværgetiltag	Afværgestrategi
<i>Boringsrenovering</i>	Overboring Indvendig udforing Indvendig udforing og filtersætning Bentonitinjektion
<i>Lukning af borer</i>	Almindelig sløjfning og øget indvinding Almindelig sløjfning og ny boring (samme kildeplads) Sløjfning ved overboring samt øget indvinding Sløjfning ved overboring og ny boring (samme kildeplads)
<i>Afværgepumpning</i>	Afværgepumpning og øget indvinding Afværgepumpning og ny boring Afværgeboring og øget indvinding Afværgeboring og ny boring
<i>Etablering af ny kildeplads</i>	Almindelig sløjfning og ny boring (ny kildeplads) Sløjfning v/overboring og ny boring (ny kildeplads)
<i>Rensning af drikkevand</i>	Aktiv kulfilter og UV-anlæg
<i>Tilslutning til andet vandværk</i>	Afværgepumpning og tilslutning til vandværk Afværgeboring og tilslutning til vandværk Almindelig sløjfning og tilslutning andet vandværk Sløjfning v/overboring og tilslutning andet vandværk

Tabel 5.1 Afværgestrategier

Endelig vil *tilslutning til andet vandværk* forudsættes at ske delvist eller fuldt ud. Ved delvis tilslutning bibeholdes indvindingen på den eksisterende kildeplads på nogle af de eksisterende borer, eventuelt suppleret med afværgepumpning, mens ikke benyttede borer sløjfes. Delvis tilslutning kan således være et supplement til andre tiltag for at kompensere for reduktion af indvindingsmængde. Ved fuld tilslutning til andet vandværk ophører indvindingen på kildepladsen helt, og alle borer sløjfes.

5.3 Definition af strategiomkostninger

Med udgangspunkt i det datagrundlag, der blev præsenteret i det foregående kapitel, beregnes for hver afværgestrategi de nødvendige investeringsomkostninger samt ændringen i driftsomkostninger ved implementering af strategien.

Investeringsomkostningerne omfatter såvel udgifter til forundersøgelser som udgifter tilknyttet selve investeringen. I sidstnævnte indgår ikke blot omkostningerne ved de ”fysiske” investeringer såsom rør- og ledningsføring, men og-

så udgifter til indhentning af tilladelser og eventuelle supplerende hydrogeologiske oplysninger samt til udførelse af kontroller.

I beregningen af driftsomkostninger indgår alene de omkostninger, der vedrører den direkte drift, herunder nødvendige kontroller og analyser. Derimod ses der i denne sammenhæng bort fra afskrivninger og eventuelle finansieringsomkostninger jf. i øvrigt afsnit 5.8. Beregningerne omfatter ændringen af omkostningerne i forhold til udgangssituationen, dvs. uden BAM-forurening. Det er ændringerne i omkostninger, både for så vidt angår drift og investeringer, der er relevante ved en vurdering af, hvilken strategi der er den ”billigste”, såfremt valgmuligheder findes, se afsnit 5.6.

5.4 Beregningsforudsætninger

I tillæg til de tekniske og prismæssige forudsætninger af generel karakter, der er opstillet i det foregående kapitel, har det af beregningsmæssige hensyn været nødvendigt at gøre en række specifikke forudsætninger.

5.4.1 Tekniske beregningsforudsætninger

Dimensioneringen af ledninger, drikkevandsrensnings- og trykforøgeranlæg sker i beregningsmodellen med udgangspunkt i en estimeret spidsbelastning, der for råvandsledninger opgøres pr. boring, for vandrensningsanlæg pr. vandværk og for rentvandsledninger og trykforøgeranlæg ud fra den vandmængde, der skal passere gennem disse anlæg.

Max. belastning/Gnsn. belastning:	Indvindingsmængde/år (1.000 m³)		
	<100	100-400	>400
Råvandsledninger og vandrensningsanlæg	1,5	1,5	1,5
Rentvandsledninger og trykforøgeranlæg	3,8	3,0	2,3

Tabel 5.2 Forholdet mellem maksimums- og gennemsnitsbelastning i anlæg

For råvandsledninger og vandrensningsanlæg gælder, at forholdet mellem spidsbelastning og gennemsnitligt *døgn*forbrug antages at være det samme uanset vandværkets størrelse jf. tabel 5.2. For rentvandsledninger og for trykforøgeranlæg antages forholdet mellem spidsbelastning pr. *time* og den gennemsnitlige indvindingsmængde pr. *time* derimod at afhænge af vandværkets størrelse og dermed af den samlede indvindingsmængde.

For dykpumper antages belastningsvariationer at kunne udjævnes ved variation af antallet af driftstimer med undtagelse af vandværk med kun 1 boring, hvor dimensionen af dykpumper sker ud fra spidsbelastningen på tilsvarende vis som for råvandsledninger. En forøgelse af indvindingsmængden fra en boring forudsættes således at kunne ske ved forøgelse af driftstiden.

Stigrørene til dykpumperne antages at have en længde på 25 m. For indvindingsboringerne er rørene af rustfrit stål, mens der benyttes PE-rør ved beregning af pumpeinstallationsomkostninger for afværgepumpninger og -boringer. De mindre robuste PE-rør kan benyttes, idet mængden af afværgevand forudsætningsvis er sat til 5 m³/t jf. afsnit 3.4. Driftstiden for afværgepumpning er sat til 24 t/døgn.

Dykpumpernes løftehøjde har betydning for den krævede pumpekapacitet. En løftehøjde på 25 m er forudsat i beregningerne. Ved etablering af nye borer skal anlægges en tilkørselsvej, hvis længde er sat til 30m.

Installation af et vandrensningsanlæg på vandværket forudsætter en tilbygning til anlægget, hvis areal afhænger af anlæggets kapacitet, jf. tabel 5.3

<i>kapacitet (m³/t)</i>	28,5	91	190
<i>Areal (m²)</i>	30	40	50

Tabel 5.3: Arealforudsætninger – tilbygning vandværk

Ved projektering af et afværgepumpeanlæg er en nøgleforudsætning behovet for vandbehandling før udledning til vandløb. Det forudsættes i beregningerne, at der altid skal ske iltning. Erfaringen viser, at myndighederne kræver iltning, når afværgevandets iltindhold er under 5 mg/l, eller når indholdet af ferrojern overstiger 0,5 mg/l.

I overensstemmelse med gennemgangen i afsnit 3.4 forudsættes, at myndighederne stiller krav om vandrensning gennem sandfilter, når afværgevandets totaljernindhold er over 2 mg/l, eller når indholdet af ammonium overstiger 1 mg/l. Endvidere antages, at myndighederne vil kræve fjernelse af BAM i afværge vandet gennem et aktiv kulfilter, hvis niveauet er højere end 1,0 µg/l. Det betyder, at der samtidig skal ske filtrering gennem et sandfilter, således at jern og mangan i vandet er fjernet inden kulfiltreringen.

For så vidt angår kulfiltret ved drikkevandsrensning antages udskiftning at ske, når BAM-indhold kan detekteres. Dette forhold er afspejlet i de forudsatte levetider jf. den tidligere diskussion.

Ved beregning af besparelsen i vedligeholdelsesomkostninger ved sløjfning af en boring antages, at råvandsledningen går direkte til vandværket, og at der ikke sker sammenslutning med andre ledninger. Det har betydning for besparelsens størrelse, idet de samlede omkostninger er direkte proportionale med ledningslængden.

Endelig er det af beregningsmæssige hensyn nødvendigt at gøre antagelser om levetiden for BAM-forureningen og levetiden for afværgestrategierne.

BAM-forureningen forudsættes i beregningerne at have en varighed på 60 år, hvilket er midtpunktet af den BAM-levetid, der med den nuværende viden er sat til mellem 20 og 100 år. Det betyder, at en varig afværgestrategi skal have samme levetid, hvorfor investeringer, geninvesteringer og driftsomkostninger over en 60-års periode indgår i afværgeomkostningerne. Kun de geninvesteringer, der indebærer en stigning i forhold til udgangssituationen (uden BAM) indgår i beregningsgrundlaget.

Nogle afværgestrategier kan imidlertid kun anses for at give en levetidsforlængelse på eksisterende borer og/eller kildepladser. Det drejer sig om strategierne inden for hovedgrupperne boringsrenovering og lukning af borer, se tabel 5-1. Som tidligere diskuteret er det sjældent, at et konstateret BAM-problem alene skyldes en boringsforurening. Den levetidsforlængelse, der opnås gennem disse afværgestrategier, er i beregningerne sat til 10 år. Senest på dette tidspunkt må en varig løsning findes.

Ved beregning af nutidsværdien af fremtidige omkostninger er benyttet en diskonteringsrente på 5 pct.

5.4.2 Prismæssige beregningsforudsætninger

Som det fremgår af bilag A er en række prisoplysninger indhentet fra leverandører af udstyr. For ikke at belaste disse unødigt er antallet af udbedte prisdata på visse områder begrænset. Det gælder priserne på sløjfning af borer, på UV-anlæg og på aktiv kulfilteranlæg til drikkevandsrensning. For førstnævnte er kun indhentet oplysninger for rørdiametre på 160 og 400 mm. For de to sidstnævnte er kun udbedt oplysninger for henholdsvis et anlæg med en kapacitet på 28,5 m³/t, 91 m³/t og 190 m³/t. Disse anlægsstørrelser svarer til indvindingsmængder på 100.000, 400.000 respektive 1 million m³ om året.

Da priserne på de forskellige forerørsdiametre henholdsvis anlægskapaciteter varierer ganske betragteligt, er et bredere prisgrundlag blevet etableret gennem lineær interpolation, forudsat naturligvis at de oplyste priser er kapacitetsafhængige. Ved sløjfning af borer er på denne måde fastlagt priser for diametre på 200, 240, 280, 320 og 360 mm. For UV- og aktiv kulfilteranlæg er estimeret priser for anlæg med en kapacitet på 14,5, 49,5, 70,4, 140,8 og 165,5 m³/t. Det helt lille anlæg vil imødekomme investeringsbehovet for et vandværk med en indvindingsmængde på 50.000 m³ om året. Anlæg under denne størrelse er ikke teknisk realistiske. Hvis den samlede indvindingsmængde overstiger 1 million m³, svarende til det største anlæg, hvor prisoplysninger er indhentet, da foretager beregningsmodellen en opskalering af omkostningerne.

5.5 Omkostninger ved afværgestrategier

Omkostningerne ved implementering af de forskellige afværgestrategier må forventes at afhænge af en række vandtekniske forhold såsom indvindingsmængder, boringsdybder og -diameter, afstand mellem vandværk og kildeplads samt råvandskvalitet.

Til belysning af omkostningerne er defineret tre ”typiske” vandværker, der kun adskiller sig med hensyn til indvindingsmængde, antal af borer og driftstid, nemlig i form af et ”lille”, et ”mellemstort” og et ”stort” vandværk. Definitionen af disse vandværkstyper er vist i tabel 5.4.

	Vandværksstørrelse	Lille	Mellem	Stort
Indvindingsmængde (m ³ /år)	i alt	100.000	400.000	1.000.000
	pr. berørt boring	50.000	100.000	125.000
Antal borer	i alt	2	4	8
	berørte	1	1	1
Antal driftstimer pr. døgn		15	18	22

Tabel 5.4: Definition af typiske vandværker

For at kunne foretage omkostningsberegningerne er det derudover nødvendigt at gøre en række specifikke forudsætninger af vandteknisk art vedr. f.eks. nødvendig ledningslængde. Disse forudsætninger, der i beregningerne er de samme for alle tre vandværkstyper, er vist i tabel 5.5.

I den beregningsmodel, der er opstillet i forbindelse med udarbejdelsen af denne rapport, kan den enkelte bruger selv ændre på de karakteristika, der er anført i tabel 5.4 og 5.5. Derved kan der udarbejdes overslag over strategiom-

kostningerne for et givet vandværk jf. i øvrigt det følgende afsnit. Arbejdet med datagrundlag og model har vist, at det især er disse faktorer, der influerer på afværgeomkostningerne. Betydningen af de forskellige karakteristika vil naturligvis afhænge af, hvilken afværgestrategi der er tale om, jf. gennemgangen i det følgende.

Vandværkets *indvindingsmængde* er af betydning for omkostningerne ved vandrensning på vandværket, idet hele den indvundne vandmængde skal undergå rensning. Ud fra en teknisk synsvinkel er det ikke realistisk, at kun den (BAM) forurenede vandmængde passerer gennem kulfilter og UV-anlæg.

Indvindingsmængden pr. berørt boring er medbestemmende for pumpestørrelse ved etablering af nye boringer herunder afværgeboringer. I denne dimensionering indgår antallet af driftstimer, således at maksimalbelastningen pr. time foreligger.

Antallet af boringer på vandværket er alene af relevans for vandværker med kun 1 boring, idet beregningsmodellen her indlægger en ekstra spidsbelastningskapacitet ved dimensioneringen af pumpen til en eventuel erstatningsboring.

Antal berørte boringer er, sammen med oplysningen om indvindingsmængde pr. boring, bestemmende for dimensioneringen af råvandsledninger samt for rentvandsledningen ved tilslutning til et andet vandværk. Derudover afgør antallet af boringer selvfølgelig også, hvor store de *samlede* afværgeomkostninger for alle berørte boringer vil være.

Antallet af *driftstimer pr. døgn* påvirker pumpe- og ledningsstørrelser samt en række driftsomkostninger, nemlig strømforbrug til dykpumper, mellempumpe til aktiv kulfilter-beholder og brug af UV-anlæg.

Type	Karakteristika	Enhed	Niveau
Boringer	Forerørslængde	m	50
	Filterlængde	m	10
	Diameter - forerør	mm	200
Ledninger	Område - råvandsledninger		Land
	Område - rentvandsledninger		By
	Afstande:		
	Eksisterende kildeplads til vandværk	m	100
	Ny kildeplads til vandværk	m	1.000
	Afværgepumpning til udledning	m	400
	Tilslutningsvandværk	m	2.000
	Udledningssted for afværgepumpning		Vandløb
	Afgift ved udledning til kloak	kr.	15
Råvand	BAM-indhold i forurenede boringer	µg/l	0,3
	Totaljernindhold	mg/l	1,5
	Ammoniumindhold	mg/l	0,8

Tabel 5.5: Vandtekniske karakteristika

For så vidt angår de tekniske karakteristika for *boringer* (tabel 5.5), er omkostningen pr. boring direkte proportional med længden af forerør hhv. filter. Derudover vil den afhænge af boringens diameter. I den sammenhæng antages i beregningerne, at nye boringer altid bores med en dimension på 400mm og filtersættes med filter og forerør i dimensionen 225mm.

Omkostningerne ved lægning af *ledninger* afhænger i høj grad af, hvorvidt ledningerne skal nedlægges i et by- eller et landområde. Derudover er omkostningerne selvfølgelig direkte proportionale med ledningernes længde. En forholdsvis beskeden afstand til vandværket er forudsat for den eksisterende kildeplads, hvilket afspejler de faktiske forhold specielt for de små værker. Den forudsatte afstand til den ny kildeplads vil helt afhænge af det enkelte vandværks situation, men vil erfaringsmæssigt være i overkanten for de små vandværker, der er den primære målgruppe for denne rapport.

Udledningsstedet for en afværgepumpning kan være enten til kloak eller vandløb og indebærer vidt forskellige omkostningstyper og -niveauer. Ved udledning til *kloak* kræves ingen forudgående vandbehandling på udledningsstedet. Dermed er investeringer i vandbehandling heller ikke nødvendige. Derimod skal betales en afledningsafgift pr. udledt m³ afværgevand, hvilket kan indvirke betragteligt på driftsomkostningerne.

De nærmere forhold og gjorte forudsætninger omkring udledning af afværgevand er omtalt i afsnittene 3.4 og 5.4.1. I regneeksemplerne, der følger, antages, at myndighedernes krav til indhold af BAM, totaljern og ammonium er overholdte, således at der kun skal investeres i et anlæg til iltning. Det skal i den forbindelse understreges, at kravene fastlægges individuelt af amtet ud fra vandløbets klassificering.

5.5.1 Model til beregning af omkostninger

Modellen, der er opbygget til beregning af investerings- og driftsomkostninger for forskellige afværgestrategier, bygger på de elementer, der er gennemgået i dette og de foregående kapitler:

- 1) det tekniske indhold af afværgestrategier (kapitel 3);
- 2) det tekniske og prismæssige datagrundlag (kapitel 4); og
- 3) specifikke forudsætninger af teknisk, prismæssig og beregningsmæssig art (afsnit 5.4).

De væsentligste forudsætninger i beregningsmodellen, og som må anses at adskille sig fra vandværk til vandværk, er gennemgået i afsnittet ovenfor. Netop derfor er modellen opbygget således, at den enkelte bruger/vandværk kan indtaste disse oplysninger og få beregnet investerings- og driftsomkostninger mv. for hver enkelt afværgestrategi målrettet netop deres vandværk.

Indtastningen af oplysninger og præsentationen af beregninger er samlet i en speciel brugerflade i modellen.

Brugerfladen er således opdelt i to dele, en input-del og en output-del jf. bilag B. I input-delens øverste halvdel indtaster brugeren oplysninger om borer, indvindingsmængde, driftstid, ledninger og råvandskvalitet. I nederste halvdel skal brugeren vælge, hvilke områder ledningerne skal lægges i, udledningsstedet for afværgevand, størrelsen af afgift ved udledning til kloak, hvorledes investeringerne skal finansieres og endelig, hvilken afværgestrategi der ønskes belyst. På finansieringssiden kan vælges mellem fuld egenfinansiering, fuld lånefinansiering og låneandele på 25, 50 og 75 pct. af investeringsomkostningerne.

Output-delen er ligeledes opdelt i to. Øverste halvdel giver et overblik over investerings- og driftsomkostninger, nutidsværdi af omkostninger, finansieringsomkostninger samt indvirkning på vandprisen, alt opgjort i 2003-priser.

Indvirkningen på vandprisen er defineret som summen af ændring af driftsomkostninger, afskrivninger og finansieringsomkostninger.

Afskrivningerne er beregnet ud fra omkostningerne ved nødvendige geninvesteringer og disses levetid.

Finansieringsomkostningerne, der naturligvis afhænger af den valgte låneandel, er defineret til at omfatte lånets samlede ydelse (renter og afdrag) med fradrag for afskrivningerne på de lånefinansierede investeringer. Denne definition indebærer, at stigningen i vandprisen - ud fra et "hvile i sig selv" princip - vil være tilstrækkelig til også at dække tilbagebetalingen på lånet.

I beregningerne forudsættes, at lånets løbetid er 10 år for de afværgestrategier, der blot indebærer en levetidsforlængelse, mens den svarer til investeringens gennemsnitlige levetid for de øvrige strategier, dog højst de 25 år, som er den maksimale løbetid på lån, der ydes af Kommunekredit jf. den tidligere diskussion.

Endelig gælder, at modellen i beregningen af investeringsomkostninger tager højde for, at visse omkostninger i en given strategi afhænger af antallet af boringer, mens andre omkostninger er de samme, uanset hvor mange boringer, der indgår. Et eksempel herpå er etablering af en ny kildeplads, hvor omkostningerne til ombygning af SRO-anlægget på vandværket er uafhængige af antallet af nye boringer.

En nærmere beskrivelse af modellen findes i bilag C.

5.5.2 Afværgekomponenter og -strategier

Som nævnt i indledningen til dette kapitel og vist i tabel 5.1 består de definerede afværgestrategier af enten én eller to komponenter. Alle skal sikre en imødegåelse af BAM-forureningen, mens nogle, og langt de fleste, også skal inddrage tiltag til sikring af en uændret vandforsyning⁵.

I beregningsmodellen opgøres investerings- og driftsomkostningerne følgelig for hver af komponenterne. Hvis en afværgestrategi består af to komponenter, er strategiomkostningen blot summen af de to komponentomkostninger.

Omkostningsoverslag for de tre vandværksstørrelser for hver af afværgekomponenterne er gengivet i bilag D. Overslagene er, hvis relevant, for 1 boring.

Investeringsomkostningerne for hver afværgekomponent er opdelt i faste og variable omkostninger. De faste omkostninger er de samme for hver boring etc., mens de variable omkostninger afhænger af investeringsspecifikke forhold som f.eks. boringsdybde for nye boringer og ledningslængde for tilslutning til andet vandværk. Forøgelse af indvindingsmængden på eksisterende boringer antages at kunne ske uden at medføre behov for nye investeringer.

⁵ hertil kommer forundersøgelser.

Driftsomkostningerne er defineret som den årlige ændring af disse omkostninger. Sløjfning af en boring betyder eksempelvis lavere pumpeudgifter og vedligeholdelsesomkostninger.

Forundersøgelser indgår som en integreret del af afværgestrategierne. Som gennemgået i afsnit 3.1 er alle anbefalede forundersøgelser med i enhver strategi. "Pakken" af forundersøgelser består af to komponenter. Den første omfatter de forundersøgelser, der er begrænset til selve den forurenede boring (tilstandsvurdering, boringsundersøgelse og kildeopsporing), og hvis antal således afhænger af det antal boringer, der skal undersøges. Den anden komponent indeholder de ikke-boringsspecifikke forundersøgelser, nemlig vurdering af arealbelastning og beskrivelse af indvindingsopland. Omkostningerne for pakken af forundersøgelser er opgjort til 119.000 kr.

Gennemgangen af beregningseksemplerne for de tre typer vandværker vil tage udgangspunkt i den gruppering af afværgestrategier i hovedgrupper, der er vist i tabel 5.1 ovenfor. For hver gruppe af afværgestrategier identificeres de faktorer, der i væsentligste grad påvirker afværgeomkostningerne.

Til understregning af den beregningsmæssige usikkerhed, der trods detaljeringsgraden af de beregningsmæssige forudsætninger refter, er alle viste investeringsomkostninger afrundet til nærmeste tusind kr., mens stigningen i de samlede driftsomkostninger pr. år er afrundet til nærmeste tusind kr. Omkostningerne pr. m³ er beregnet ud fra de faktiske tal og vist i kroner med 1 decimal (investeringer) og i kroner med 2 decimaler (drift).

5.5.3 Boringsrenovering

En boringsrenovering påvirker ikke indvindingsmængde og strategierne omfatter således alene selve renoveringen.

Investeringer: Omkostningerne for hver strategi er stort set uafhængige af vandværksstørrelse jf. tabel 5-6. Den beskedne variation for så vidt angår indvendig udforing af en boring skyldes forskel i nødvendig pumpestørrelse.

Kun for overboringer udgør de variable omkostninger til boringsarbejde, fore- og filterrør en stor del af totalen. Ellers er de faste omkostninger i form af forundersøgelser, optagning og nedsætning af pumpe, analyser, tilsyn mv. forholdvis tyngende.

Vandværksstørrelse		Investeringsomkostninger			Driftsomk. ændring/år		
		Lille	Mellem	Stort	Lille	Mellem	Stort
Afværgestrategi: Overboring	I alt	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.
	pr. m ³	390 (3,9)	390 (1,0)	390 (0,4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Indvendig udforing	I alt	270	280	280	0	0	0
	pr. m ³	(2,7)	(0,7)	(0,3)	(0)	(0)	(0)
Indvendig udforing og filtersætning	I alt	280	280	280	0	0	0
	pr. m ³	(2,8)	(0,7)	(0,3)	(0)	(0)	(0)
Bentonitinjektion	I alt	210	210	210	0	0	0
	pr. m ³	(2,1)	(0,5)	(0,2)	(0)	(0)	(0)

Tabel 5-6: Afværgeomkostninger ved boringsrenovering

De variable omkostninger bestemmes af boringsdybden, men da deres andel generelt er forholdsvis begrænset, er indvirkningen på de samlede omkostninger ligeledes begrænset.

Driftsomkostninger: boringsrenoveringer kan ikke forventes at påvirke driftsomkostningerne.

5.5.4 Lukning af boringer

Ved lukning af boringer kompenseres tabet i indvindingsmængde enten ved forøget indvinding på andre boringer eller ved en ny boring på kildepladsen.

Vandværksstørrelse		Investeringsomkostninger			Driftsomk. ændring/år		
		Lille	Mellem	Stort	Lille	Mellem	Stort
<i>Afværgestrategi:</i>		tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.
Alm. sløjfning og øget indvinding	I alt pr. m ³	150 (1,5)	150 (0,4)	150 (0,2)	-11 -(0,11)	-11 -(0,03)	-11 -(0,01)
Alm. sløjfning og ny boring (samme kildepl.)	I alt pr. m ³	870 (8,7)	880 (2,2)	880 (0,9)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
Sløjfning ved overboring samt øget indvinding	I alt pr. m ³	360 (3,6)	360 (0,9)	360 (0,4)	-11 -(0,11)	-11 -(0,03)	-11 -(0,01)
Sløjfn. ved overboring og ny boring (samme kildepl.)	I alt pr. m ³	1.080 (10,8)	1.090 (2,7)	1.090 (1,1)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)

Tabel 5.7: Afværgeomkostninger ved lukning af boringer

Investeringer: Heller ikke ved lukning af boringer har indvindingsmængden nogen særlig betydning for afværgeomkostningerne jf. tabel 5.7. Igen er det alene forskel i pumpestørrelse, der ved etablering af en ny boring er af betydning.

Ved kompensering med øget indvinding er der intet investeringsbehov, så hvor denne komponent indgår, omfatter omkostningerne alene udgifterne til sløjfning af boringer, der tilmed er relativt lave.

Hvis en lukningsstrategi indeholder en ny boring, er afværgeomkostningerne langt højere. Langt størstedelen af disse omkostninger er faste i form af forundersøgelser, etablering af råvandsstation, pumpe, SRO-anlæg, kontroller mv.

De væsentligste omkostningspåvirkende faktorer for nye boringer er ledningslængden, og hvorvidt ledningen skal lægges i et by- eller et landområde.

Driftsomkostninger: Sløjfning af en boring modsvaret af øget indvinding vil reducere driftsomkostningerne, idet der vil være mindre behov for vedligeholdelse af pumper og råvandsledninger.

5.5.5 Afværgepumpning

Tab i indvindingsmængde ved afværgepumpning, enten fra eksisterende eller ny boring, imødegås enten ved øget indvinding på andre boringer eller ved at etablere en ny indvindingsboring.

Investeringer: Når strategien indeholder øget indvinding, omfatter investeringsomkostningerne alene omkostningerne ved afværgepumpning henholdsvis afværgeboring. Sidstnævnte er naturligvis langt dyrere, da der også skal en ny boring til, jf. tabel 5.8.

Vandværksstørrelse		Investeringsomkostninger			Driftsomk. ændring/år		
		Lille	Mellem	Stort	Lille	Mellem	Stort
<i>Afværgestrategi:</i>		tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.
Afværgepumpning og øget indvinding	I alt pr. m ³	460 (4,6)	460 (1,1)	460 (0,5)	29 (0,29)	29 (0,07)	29 (0,03)
Afværgepumpning og ny boring	I alt pr. m ³	1.180 (11,8)	1.190 (3,0)	1.190 (1,2)	40 (0,40)	40 (0,10)	40 (0,04)
Afværgeboring og øget indvinding	I alt pr. m ³	1.040 (10,4)	1.040 (2,6)	1.040 (1,0)	51 (0,51)	53 (0,13)	56 (0,06)
Afværgeboring og ny boring	I alt pr. m ³	1.760 (17,6)	1.770 (4,4)	1.770 (1,8)	62 (0,62)	65 (0,16)	68 (0,07)

Tabel 5.8: Afværgeomkostninger ved afværgepumpning

Investeringsomkostningerne ved de forskellige afværgepumpningsstrategier ses igen uafhængige af vandværksstørrelse. De faste omkostninger udgør størsteparten af de samlede omkostninger.

For så vidt angår de variable omkostninger, er de særligt omkostningsbestemmende faktorer afstanden til afværgestedet og til vandværket.

Den faktor, der i væsentligste grad bestemmer afværgeomkostningerne, er råvandskvaliteten. Beregningseksemplerne forudsætter som bekendt udledning til vandløb med iltning som eneste vandbehandling.

Modelberegninger viser, at hvis indholdet af totaljern og ammonium er således, at myndighederne kræver forudgående vandrensning i sandfilter, da vil investeringsomkostningerne for alle fire afværgestrategier øges med ca. 0,8 mill. kr. Såfremt det endvidere er således, at BAM-indholdet er over den tilladte tærskelværdi, betyder det, at et aktiv kulfilter også må installeres. Dermed øges investeringsomkostningerne med yderligere 0,1 mill. kr.

Driftsomkostninger: I de valgte beregningseksempler er driftsomkostningerne forholdsvis uafhængige af indvindingsmængden, idet kun pumpeomkostningerne påvirkes. Derimod har ikke blot råvandskvalitet, men også udledningssted for afværge vandet væsentlig indflydelse på driftsomkostningerne.

5.5.6 Etablering af ny kildeplads

Samtidig med etablering af en ny kildeplads med – forudsætningsvis – 1 boring sløjfes en boring på den gamle kildeplads.

Investeringer: De to afværgestrategier, der involverer etablering af en ny kildeplads, omfatter samme typer investeringsomkostninger som den lukningsstrategi, der omfatter sløjfning af en boring og en erstatningsboring (se afsnit 5.5.4).

Hertil skal lægges de omkostninger, der er knyttet til selve etableringen af den ny kildeplads jf. afsnit 3.6. Desuden vil ledningsomkostningerne være højere,

da afstanden til vandværket må forventes øget. Som for boringer på den ”gamle” kildeplads vil disse omkostninger afhænge stærkt af, hvorvidt ledningerne lægges i et by- eller landområde. Specielt ledningslængde, men også boringsdybde er af betydning.

Vandværksstørrelse		Investeringsomkostninger			Driftsomk. ændring/år		
		Lille	Mellem	Stort	Lille	Mellem	Stort
<i>Afværgestrategi:</i>		tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.
Alm. sløjfning og	alt	1.410	1.420	1.420	9	9	11
ny boring (ny kildeplads)	pr. m ³	(14,1)	(3,6)	(1,4)	(0,09)	(0,02)	(0,01)
Sløjfning v/overboring og	alt	1.620	1.630	1.630	9	9	11
ny boring (ny kildeplads)	pr. m ³	(16,2)	(4,1)	(1,6)	(0,09)	(0,02)	(0,01)

Tabel 5.9: Afværgeomkostninger ved etablering af ny kildeplads

En stor part af afværgeomkostningerne er faste, hvilket afspejler, at andelen af faste omkostninger for en ny boring er høj.

Driftsomkostninger: Den større afstand til vandværket betyder også højere driftsomkostninger, da pumpeomkostningerne i råvandsledningerne øges med den længere afstand til vandværket. Som det fremgår af tabellen, er stigningen beskeden, idet elforbruget i sig selv er lavt.

5.5.7 Rensning af drikkevand

Investeringer: Som anført i afsnit 5.5 er det ved installering af aktive kulfiltre til rensning af drikkevandet, at vandværksstørrelsen har den største betydning. Da alt drikkevand renses, betyder større indvindingsmængde større filterbeholdere og dermed også højere omkostninger.

Enhedsomkostningerne pr. m³ ses fortsat at være ganske store for de små vandværker, men det er væsentligt at notere, at *forskellen* i enhedsomkostningerne mellem de forskellige vandværksstørrelser er langt *mindre* end for de øvrige afværgestrategier. Set i det lys er ulempen for det lille vandværk ved vandrensning som afværgestrategi relativt mindre.

Vandværksstørrelse		Investeringsomkostninger.			Driftsomk. ændring/år		
		Lille	Mellem	Stort	Lille	Mellem	Stort
<i>Afværgestrategi:</i>		tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.
Aktiv kulfilter og UV-	alt	1.470	2.320	2.940	63	166	338
anlæg	pr. m ³	(14,7)	(5,8)	(2,9)	(0,63)	(0,41)	(0,34)

Tabel 5.10: Afværgeomkostninger ved rensning af drikkevand

Driftsomkostninger: Helt analogt er den relative ulempe for de små vandværker også mindre på driftssiden. Generelt bemærkes, at driftsomkostningerne er ganske høje set i forhold til alle øvrige afværgestrategier. Drift af anlæggene betyder øget elforbrug til mellempumpe og UV-lamper såvel som øgede udgifter til udskiftning af det aktive kul, af UV-lamperne og til vedligeholdelse. Hertil kommer de ekstra analyser, som myndighederne kræver foretaget ved vandrensning på vandværket, nemlig 16 bakteriologiske analyser og 6 BAM analyser om året pr. anlæg. Det er værd at notere, at disse omkostninger er særligt belastende for de små anlæg, da de jo er faste (se bilag D).

Endelig gælder, at vandværket ved installation af filterbeholdere og UV-anlæg ikke opnår besparelser på den øvrige drift, idet vandindvindingsprocessen jo fortsætter uændret.

5.5.8 Tilslutning til andet vandværk

Vandværksstørrelse		Investeringsomkostninger			Driftsomk. ændring/år		
		Lille	Mellem	Stort	Lille	Mellem	Stort
<i>Afværgestrategi:</i>		tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.
Afværgepumpning og tilslutning til vandværk	I alt pr. m ³	2.760 (27,6)	2.850 (7,1)	2.860 (2,9)	22 (0,22)	34 (0,08)	35 (0,03)
Afværgeboring og tilslutning til vandværk	I alt pr. m ³	3.350 (33,5)	3.430 (8,6)	3.440 (3,4)	44 (0,44)	58 (0,15)	62 (0,06)
Alm. sløjfning og tilslutning andet vandværk	I alt pr. m ³	2.460 (24,6)	2.540 (6,4)	2.550 (2,6)	-18 (-0,18)	-7 (-0,02)	-6 (-0,01)
Sløjfning v/overboring og tilslutning andet vandværk	I alt pr. m ³	2.660 (26,6)	2.750 (6,9)	2.760 (2,8)	-18 (-0,18)	-7 (-0,02)	-6 (-0,01)

Tabel 5.11: Afværgeomkostninger ved tilslutning til andet vandværk

Investeringer: De generelt ganske betragtelige omkostninger ved tilslutning til andet vandværk skyldes især omkostningerne ved ledningsføring mellem de to vandværker. Som anført tidligere antages en afstand på 2.000 m. Vandværksafstanden er således en nøglevariabel.

Dertil kommer udgifter til køb af trykforøgeranlæg, der specielt for små værker kan være forholdsvis betragtelige. Som det er tilfældet for alle de øvrige afværgestrategier med undtagelse af vandrensning er der ikke den store forskel i de samlede omkostninger mellem de forskellige vandværksstørrelser.

I opgørelsen af investeringsomkostninger indgår ikke en eventuel tilslutningsafgift, der pålægges forbrugerne, idet usikkerheden omkring dennes størrelse er for stor til, at et skøn herfor meningsfyldt kan indgå i beregningsmodellen.

Driftsomkostninger: På driftssiden ses ligeledes alene på de direkte omkostninger og ikke den indvirkning, som tilslutningen i sig selv måtte få på de samlede driftsomkostninger og dermed på vandprisen.

De direkte driftsomkostninger ved tilslutningen til andet vandværk omfatter derfor alene pumpeomkostninger i trykforøgeranlægget. Da elforbruget ved pumpning er lavt, er omkostningerne små. Påvirkningen af driftsomkostningerne kommer derfor fra afværgepumpning/-boring (stigning) og fra sløjfning af boring (fald i omkostninger da mindre vedligeholdelse).

5.6 Omkostningseffektivitet

Valget mellem de forskellige afværgestrategier til imødegåelse af BAM-forurening vil dels afhænge af de tekniske muligheder for anvendelse af hver enkelt metode, dels af hvilken metode, der økonomisk set er den mest fordelagtige. I denne sammenhæng benyttes begrebet omkostningseffektivitet: Når forskellige strategier til at imødegå en BAM-forurening af en given størrelse er teknisk mulige, da vælges - alt andet lige - den strategi, der kan gennemføres til de laveste omkostninger.

I omkostningerne skal naturligvis indgå både investerings- og driftsomkostninger samt eventuelle geninvesteringer over hele planperioden, dvs. levetiden for en BAM-forurening. Valg af en given strategi indebærer jo ikke blot umiddelbare investeringsomkostninger, men også driftsomkostninger og nye investeringer i denne periode.

Omkostninger afholdt i forskellige år har imidlertid ikke samme værdi. F. eks. er en investering foretaget i dag ”dyrere” end en investering, der foretages om 5 år. I den mellemliggende periode kunne der jo opnås en forrentning af investeringsmidlerne, således at der er behov for færre penge, når investeringen først skal ske ud i fremtiden.

For at muliggøre en sammenligning af omkostninger over tid benyttes den såkaldte nutidsværdi-metode⁶. Investeringen med den laveste nutidsværdi af alle investerings- og driftsomkostninger i planperioden er økonomisk set den mest fordelagtige - eller omkostningseffektive - løsning.

5.6.1 Tekniske løsningsmuligheder

Allerførst skal dog afklares, hvilke afværgestrategier der er teknisk sammenlignelige.

Afværgestrategierne inden for gruppen boringsrenovering opfylder ikke kravet om teknisk sammenlignelighed, hverken indbyrdes eller i forhold til gruppen af alle øvrige strategier. En given strategi vælges for at løse et specifikt problem, hvor et alternativ er en sløjfning af boringen. Tilmed er det således, jf. gennemgangen i kap. 3, at det ikke er særlig sandsynligt, at det *alene* er en utæt boring, der er kilden til forureningen med BAM.

Ud fra et overordnet synspunkt er det dog af større betydning, at disse strategier alene indebærer en levetidsforlængelse og dermed udskydelse af det tidspunkt, hvor en varig løsning på BAM-problemerne skal findes. Helt analogt gælder strategierne inden for gruppen lukning af boringer.

Alt i alt betyder det, at de teknisk sammenlignelige og ikke mindst varige løsninger skal findes enten ved afværgepumpning, etablering af ny kildeplads, vandrensning på vandværket eller ved tilslutning til et andet vandværk. Særlige forhold kan selvfølgelig betyde, at en (eller flere) af disse løsningsmuligheder ikke er realiserbar. Det kan f.eks. være et vandværks etablering af en ny kildeplads. I det følgende vil dog forudsættes, at alle løsninger også kan gennemføres i praksis.

5.6.2 Økonomiske løsningsmuligheder

Den økonomiske fordelagtighed af de forskellige tekniske løsningsmuligheder kan nu opgøres ud fra beregning af nutidsværdien af de samlede omkost-

⁶ Denne metode sikrer, at værdien af udgifter i dag er sammenlignelig med fremtidige udgifter ved at inddrage en såkaldt diskonteringsrente i opgørelsen af omkostninger i fremtidige perioder. Metoden tager dermed højde for, at der i den mellemliggende periode er alternative placeringsmuligheder for investeringsmidlerne, f.eks. obligationskøb.

ninger over den periode, hvor BAM-forureningen må forudses at være et problem.

Som omtalt i afsnit 5.4.1 antager beregningseksemplerne, at denne periode er på 60 år. Investerings- og driftsomkostninger samt nødvendige geninvesteringer over 60 år er nu opgjort for hver strategi, hvorefter nutidsværdien har kunnet beregnes. Resultatet af disse beregninger for de tre ”typer” vandværker defineret tidligere fremgår af tabel 5.12.

Vandværksstørrelse	Nutidsværdi af omk.			Nutidsværdi af omk./m ³		
	Lille	Mellem	Stort	Lille	Mellem	Stort
	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	kr./m ³	kr./m ³	kr./m ³
<i>Afværgepumpning:</i>						
Afværgepumpn. og øget indvinding	1.100	1.100	1.100	11	3	1
Afværgepumpning og ny boring	2.270	2.280	2.280	23	6	2
Afværgeboring og øget indvinding	2.270	2.320	2.380	23	6	2
Afværgeboring og ny boring	3.440	3.510	3.560	34	9	4
<i>Etablering af ny kildeplads:</i>						
Alm. sløjfning og ny boring	1.640	1.650	1.680	16	4	2
Sløjfning v/overboring og ny boring	1.840	1.850	1.880	18	5	2
<i>Rensning af drikkevand:</i>						
Aktiv kulfilter og UV-anlæg	3.170	6.310	10.450	32	16	10
<i>Tilslutning til andet vandværk:</i>						
Afværgepumpning og tilslutning	3.320	3.660	3.690	33	9	4
Afværgeboring og tilslutning	4.490	4.890	4.970	45	12	5
Alm. sløjfning og tilslutning	1.880	2.220	2.250	19	6	2
Sløjfn. v/overboring og tilslutning	2.070	2.410	2.440	21	6	2

Tabel 5-12: Nutidsværdi af afværgestrategier

Det skal indledningsvis understreges, at udfaldet af beregningerne er stærkt afhængige af de beregningsforudsætninger, der blev gjort i afsnit 5.5 herunder bl.a. antal berørte boringer, ledningsafstande og udledningskrav til afværgevand. Med disse som baggrund kan gives en vurdering af, hvilken eller hvilke afværgestrategier der over en 60-årig horisont økonomisk set er de(n) mest fordelagtige.

Det ses af tabellen, at afværgepumpning kombineret med øget indvinding er den mest fordelagtige strategi, idet nutidsværdien af omkostningerne er den laveste for alle tre vandværkstyper. Dette er ikke overraskende, da investeringerne forbundet hermed er forholdsvis begrænsede. Ved en mere omfattende BAM-forurening er denne strategi nok ikke så bæredygtig, da mulighederne for øget indvinding på ikke-forurenede boringer reduceres tilsvarende.

Herefter er etablering af en ny kildeplads den mest omkostningseffektive strategi for alle tre vandværker. Investeringerne er i den lave ende og samtidig er geninvesteringsbehovet mindre, da investeringerne i den ny kildeplads i nogen grad modvejes af bortfald af investeringerne på den gamle kildeplads. Dertil kommer, at levetiden af de nødvendige geninvesteringer er lang. Disse geninvesteringer omfatter især råvandsledninger, der påregnes at have en levetid på 100 år.

Den økonomiske fordelagtighed af de forskellige strategier afhænger også af, hvilken vandværksstørrelse der ses på. For et lille vandværk vil tilslutning til et andet vandværk, specielt ved fortsat afværgespumpning, som helhed være den dyreste løsning. Det skyldes, at omkostninger til ledninger under de givne forudsætninger er de samme uanset vandværksstørrelse. Dermed er de mere tyngende for et lille vandværk.

For et mellemstort og stort vandværk derimod er drikkevandsrensning den dyreste løsning. Igen bidrager forudsætningerne til en forklaring heraf:

For rensning gennem kulfilter gælder, at det er hele værkets indvindingsmængde, der bestemmer filterkapaciteten, da alt drikkevand skal renses. For de øvrige strategier er det alene BAM-forureningens omfang, der bestemmer investeringsbehov. For det mellemstore og det store vandværk udgør den berørte indvindingsmængde forudsætningsvis en langt mindre del af totalen end et for et lille vandværk. Men da alt drikkevand skal renses, bliver rensningsomkostningerne forholdsvis mere tyngende.

Konklusionen synes derfor at være, at drikkevandsrensning er en dyr løsning, når BAM-forureningen – som her antaget - kun berører en forholdsvis begrænset del af værkets vandindvinding. Der købes i så tilfælde investeringskapacitet og afholdes driftsomkostninger til ”unødvendig” vandrensning. Såvel privat- som samfundsøkonomisk er det unødigt spild af ressourcer.

Igen må det understreges, at de specifikke vandtekniske forudsætninger er alt-afgørende, og at der ikke kan generaliseres ud fra ovennævnte. Den udviklede beregningsmodel giver netop mulighed for at inddrage de specifikke forudsætninger for et givet vandværk, hvilket følsomhedsanalysen i det følgende afsnit vil tjene til at vise.

5.7 Følsomhedsanalyse

Med henblik på at illustrere betydningen af de vandtekniske forudsætninger for valget af en omkostningseffektiv afværgestrategi er der foretaget en følsomhedsanalyse af de forskellige investeringsalternativer.

Analysen omfatter det mellemstore vandværk og følgende fire alternative afværgestrategier:

- I: Afværgespumpning og ny boring på eksisterende kildeplads
- II: Ny boring på ny kildeplads efter almindelig sløjfning af boring på eksisterende kildeplads
- III: Rensning af drikkevand i aktiv kulfilteranlæg
- IV: Tilslutning til andet vandværk efter almindelig sløjfning af boring

Vandværket har i basissituationen 1 af 4 boringer forurenede med en samlet indvindingsmængde på 400.000 m³/år.

Basissituationen bygger på de samme forudsætninger, som der blev benyttet i beregningseksemplerne i de foregående tabeller. Følsomhedsanalysen omfatter alene betydningen af ændrede forudsætninger på nutidsværdien af de samlede omkostninger over planperioden.

Resultaterne af denne analyse er vist i tabel 5.13.

Strategi:	Nutidsværdi af omkostninger			
	I	II	III	IV
	mill. kr.	mill. kr.	mill. kr.	mill. kr.
0. Basissituation	2,3	1,7	6,3	2,2
Alternativer:				
1. Alle boringer berørte	7,5	4,1	6,5	3,7
2. BAM-indhold i afværgvand > 1 µg/l	5,4	1,7	> 6,3	2,2
3. Afværgvand skal udledes til kloak	14,7	1,7	6,3	2,2
4. Levetid for kulfilteranlæg 10 år	2,3	1,7	7,7	2,2
5. Afstand ny kildeplads-vandværk fordobles	2,3	2,5	6,3	2,2
6. Afstand til tilslutningsvandværk fordobles	2,3	1,7	6,3	4,5
7. BAM levetid 100 år	2,4	1,7	6,6	2,2

Tabel 5-13: Følsomhedsanalyse

1. Alle boringer berørte

I basissituationen er 1 ud af 4 boringer berørte af BAM. I stedet forudsættes forureningen at omfatte alle 4 boringer.

Omkostningerne opgjort til nutidsværdi ved afværgpumpning/ny boring (strategi I) og ved etablering af ny kildeplads stiger i takt hermed, men dog ikke proportionalt. Som forklaret tidligere er nogle investeringsomkostninger de samme, uanset hvor mange boringer der er berørt.

Dette forhold gælder specielt for rensning af drikkevand, hvor anlægget jo som nævnt i det foregående afsnit skal kunne rense hele værkets indvindingsmængde (strategi III).

Stigningen i omkostningernes nutidsværdi ved tilslutning til andet vandværk (strategi IV) skyldes især, at omkostningerne til rentvandsledninger i beregningseksemplet øges, når der skal modtages mere vand fra et andet vandværk. Tilslutningsløsningen bliver nu den omkostningseffektive strategi.

2. BAM-indhold i afværgvand > 1 µg/l

Basisanalysen forudsætter et BAM-indhold på 0,3 µg/l. Et BAM-indhold på mere end 1 µg betyder i modellen, at myndighederne vil stille krav om rensning af afværgvandet forinden udløb. Det betyder igen installation af sand- og kulfilteranlæg på afværgestedet og dermed langt højere omkostninger opgjort til nutidsværdi for strategi I, der jo indebærer afværgpumpning.

Med et så højt BAM-indhold vil også omkostningerne ved drikkevandsrensning stige, idet levetiden for det aktive kul reduceres ved mere BAM i vandet, således at udskiftningsomkostningerne bliver større. Som nævnt i kapitel 3 er der imidlertid ikke noget teknisk grundlag for at kvantificere sammenhængen mellem BAM-niveau og kullets levetid.

Omkostningerne for strategi II påvirkes ikke af et højere BAM-indhold.

3. Afværgvand skal udledes til kloak

En grundforudsætning i udgangssituationen er, at afværgvand kan udledes til et vandløb. Dette forudsætter dels myndighedernes godkendelse, dels at der findes et vandløb i nærheden af afværgboringen. Såfremt disse forudsætninger ikke er opfyldt, må der i stedet ske udledning til kloak.

Det betyder ganske vist, at der ikke skal etableres et eventuelt vandrensningsanlæg, men til gengæld skal der betales en afgift for udledning til kloak.

DANVA's vandstatistik for 2002 viser en afgift, der varierer mellem 7,50 og 36 kr./m³ udledt afværgvand. I beregningerne her er afgiften sat til 15 kr./m³, hvilket, som det ses, indebærer en meget betydelig omkostningsforøgelse for den af de viste strategier, der omfatter afværgepumpning.

4. Levetid for kulfilteranlæg 10 år

Fra producentens side er oplyst en anlægslevetid på 10-20 år. I grundanalysen er denne sat til 20 år.

Følsomhedsanalysen viser, at en levetid i den nedre ende af dette interval forøger nutidsværdien af de samlede omkostninger med knap 1/4. Over den 60-årige planperiode skal der ske 4 i stedet for 2 udskiftninger af anlæg, men da omkostningerne herved jo ligger ud i fremtiden, så er deres nutidsværdi mindre.

5. Afstand ny kildeplads-vandværk fordobles

I basissituationen er afstanden mellem en eventuel ny kildeplads og vandværket sat til 1.000 m.

En fordobling af denne afstand forøger rørlægningsomkostningerne så meget, at afværgepumpning og tilslutning til andet vandværk bliver marginalt mere attraktive løsninger på BAM-problemet.

Det kan nævnes, at hvis afstanden til den nye kildeplads overstiger 6.600 m, da er også drikkevandsrensning en billigere løsning end en ny kildeplads. Afværgepumpning og tilslutning til andet vandværk er dog fortsat de omkostningseffektive alternativer.

6. Afstand til tilslutningsvandværk fordobles

Basisanalysen sætter afstanden til tilslutningsværket til 2.000 m.

En fordobling af denne afstand indebærer en ganske kraftig forøgelse af omkostningerne ved denne strategi (IV), men dog ikke mere end at drikkevandsrensning - under de givne forudsætninger - fortsat er en dyrere løsning.

7. BAM-levetid 100 år

I basisberegningerne er planperioden, dvs. levetiden på BAM-forureningen, sat til 60 år.

En forlængelse af planperioden til 100 år, som er det øvre interval for den periode, hvor BAM forventes at være et problem, øger naturligvis behovet for geninvesteringer.

Som tidligere diskuteret indgår i analysen imidlertid kun de "nye" geninvesteringer i forhold til udgangssituationen, idet f.eks. etablering af en ny boring på en ny kildeplads til dels modsvares af et bortfald af investeringer på den gamle kildeplads. Hertil kommer, at de nye rørledninger, der skal lægges har en levetid på 100 år, dvs. at der ikke skal ske geninvestering i planperioden.

Der er kun ved vandrensning, at der ikke er fremtidige investeringer, der flader bort, idet driften af den eksisterende kildeplads jo forudsætter uændret. Dette faktum er afspejlet i stigningen i omkostningernes nutidsværdi ved en

BAM-levetid på 100 år. Stigningen er beskeden, da omkostningerne ligger langt ude i fremtiden.

Rangordningen af de forskellige afværgestrategier er den samme ved en længere BAM-levetid. Hvis planperioden i stedet sættes til blot 20 år er ny kildeplads fortsat mest attraktiv, men fulgt i stedet af afværgepumpning. Drikkevandsrensning er fortsat den dyreste løsning.

I 6 af de 8 analyserede scenarier bemærkes, at etablering af en ny kildeplads (strategi II) er den billigste, dvs. omkostningseffektive løsning. I de to øvrige er tilslutning til andet vandværk billigst. Rangordningen af de øvrige strategier varierer, men drikkevandsrensning må dog som helhed under de givne forudsætninger ses som en ganske dyr løsning på BAM-problemerne, specielt hvis forureningens omfang er forholdsvis begrænset.

5.8 Indvirkning på vandpriser

En vurdering af en valgt afværgestrategis indvirkning på prisen for vand kræver fastlæggelse af en takstpolitik.

I en praktisk sammenhæng synes der ikke at eksistere ensartede principper for bestemmelse af vandpriser og specielt for, hvorledes afskrivninger, renter og afdrag på lån indgår i fastlæggelsen af vandværkets takster.

Miljøstyrelsens vejledning om vandværkstakster^{7/13/ anbefaler, at der i vandprisen indgår de direkte driftsomkostninger herunder vedligeholdelse, afskrivninger og renter på lån. Afskrivningsprincipper detaljeres ikke. I hvilket omfang afdrag på lån bør indgå, omtales heller ikke.}

En vejledning fra Danske Vandværkers Forening (DVF) og Danmarks Private Vandværker^{8/14/ giver retningslinjer for afskrivninger, men ikke for hvordan afdragsbetaling på lån bør indgå.}

I den beregning af indvirkning på vandpris og takster, der præsenteres i det følgende, antages, at det generelle "hvile i sig selv" princip overholdes. Mere præcist udmønter det sig i en forudsætning om fuld omkostningsdækning, således at ændringen af vandprisen pr. m³ defineres som summen af følgende:

- 1) ændring af (direkte) driftsomkostninger
- 2) årlige afskrivninger beregnet ud fra investeringsomkostninger og afværgestrategiens gennemsnitlige levetid
- 3) finansieringsomkostninger.

Finansieringsomkostningerne er defineret til at omfatte den fulde årlige ydelse på det optagne lån med fradrag for den del af afskrivningerne, der er modsvaret af en lånefinansiering. Det sker for at undgå dobbeltregning ved både at have afskrivninger og afdrag på lån med for samme investering. Samtidig sikrer denne form for takstfastsættelse likviditetsmæssig balance, således at de kontante indbetalinger mindst dækker de kontante udbetalinger.

⁷ Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 1 1986: "Vandværkstakster"

⁸ DVF vejledning nr. 12 1996: "Fastsættelse af Vandværkstakster"

Indvirkningen af de forskellige afværgestrategier på vandprisen er herefter vist i tabel 5.14. For at reducere datamængden er valgt kun at vise prisændringerne for de afværgestrategier, der er relevante i en analyse af omkostningseffektivitet.

I opgørelsen af finansieringsomkostningerne er forudsat en låneandel på 50 pct., mens det resterende finansieringsbehov antages dækket af henlæggelser og anlægsbidrag samt eventuelt også kommunale tilskud.

Detailberegninger viser, at finansieringsomkostningerne for flertallet af strategier udgør den største del af stigningen i vandprisen. Låneandelen er derfor af stor betydning. Såfremt investeringerne ved f.eks. afværgepumpning og tilslutning til andet vandværk skal fuldt ud lånefinansieres, da bliver stigningen i vandprisen for et lille vandværk på 2,17 kr./m³ frem for de 1,35 kr./m³ ved en låneandel på 50 pct.

<i>Vandværksstørrelse</i>	Ændring af vandpris		
	Lille	Mellem	Stort
<i>Afværgepumpning:</i>	kr./m ³	kr./m ³	kr./m ³
Afværgepumpning og øget indvinding	0,48	0,12	0,05
Afværgepumpning og ny boring	0,95	0,24	0,10
Afværgeboring og øget indvinding	0,99	0,26	0,11
Afværgeboring og ny boring	1,48	0,38	0,15
<i>Etablering af ny kildeplads:</i>			
Alm. sløjfning og ny boring	0,68	0,17	0,07
Sløjfning v/overboring og ny boring	0,75	0,19	0,08
<i>Rensning af drikkevand:</i>			
Aktiv kulfilter og UV-anlæg	1,47	0,76	0,51
<i>Tilslutning til andet vandværk:</i>			
Afværgepumpning og tilslutning	1,35	0,38	0,15
Afværgeboring og tilslutning	1,82	0,50	0,21
Alm. sløjfning og tilslutning	0,80	0,24	0,10
Sløjfning v/overboring og tilslutning	0,88	0,26	0,10

Tabel 5.14: Afværgestrategiomkostninger og vandpriser

Vandprisændringerne bekræfter det generelle billede fra tidligere, nemlig at en bekæmpelse af BAM-forurening vil belaste de små vandværker særligt hårdt. Ud fra de givne forudsætninger er belastningen dog forholdsvis mindre for drikkevandsrensningsanlæg jf. den tidligere diskussion.

Med en nuværende produktionspris på vand på typisk mellem 2 og 5 kr./m³ vil der for de små vandværker kunne være tale om forholdsvis betragtelige stigninger i prisen på vand, såfremt de fulde omkostninger til imødegåelse af forurening med BAM skal dækkes.

6 Analyse af usikkerhed

En række forhold og forudsætninger har indflydelse på beregningsresultaterne. Disse er dels af teknisk karakter, dels af økonomisk art. Følsomhedsanalysen i det foregående kapitel har undersøgt nogle af de kvantificerbare faktorer.

Indledningsvis bør nævnes, at gennemførelse af forundersøgelser i sig selv bidrager til at reducere såvel den tekniske som den økonomiske usikkerhed omkring hvilken afværgeforanstaltning, der er den mest hensigtsmæssige.

6.1 Teknisk usikkerhed

For så vidt angår de afværgetiltag, der vedrører borings- og ledningsmæssige forhold, er de teknologier, der ligger til grund for omkostningsberegningerne, kendte. Den tekniske usikkerhed er derfor ikke større end den, der sædvanligvis forbindes med sådanne arbejder. En teknisk forudsætning af betydning for omkostningsberegning er antagelserne om spidsbelastning, der afspejler ”typiske” anlæg. I praksis vil størrelsen af spidsbelastningen være anlægsspecifik.

Eftersom erfaringerne med anvendelse af aktive kulfiltre til fjernelse af BAM er begrænset, er der en række usikkerheder af teknisk art forbundet med anvendelse af denne teknologi.

Det drejer sig for det første om sammenhængen mellem kildestyrken for BAM og levetiden på det aktive kul. Som tidligere nævnt forudsætter beregningerne en BAM-koncentration på 0,3 µg/l. Et andet niveau vil ændre levetiden og dermed udskiftningsomkostningerne.

Dernæst er betydningen af det organiske indhold i råvandet for kullets effektivitet ikke undersøgt i detaljer. Rensningseffekten er dermed ukendt, men levetiden af det aktive kul vil sandsynligvis blive påvirket. Under de forudsætninger, der er opstillet i denne rapport, må aktive kulfiltre dog vurderes som en effektiv og sikker metode til fjernelse af BAM.

Til sidst kommer usikkerheden omkring kullevetid og mængden af BAM, der kan fjernes på kullene. Dette indebærer usikkerhed omkring udskiftnings-tidspunkt for det aktive kul.

Inden et kulfilter dimensioneres, anbefales det derfor at få kulleverandøren eller et laboratorium til at udføre forsøg på det aktuelle vand for at fastlægge kullenes evne til at fjerne BAM og dermed give et fingerpeg om levetiden af kullene på det BAM-ramte vandværk.

De afværgestrategier, der omfatter tilslutning til andet vandværk og etablering af ny kildeplads, må anses for effektive i al almindelighed. For begge bør selvfølgelig peges på en risiko for, at afværgetiltagene engang i fremtiden også vil få problemer med BAM eller andre forurenende stoffer i drikkevandet.

For så vidt angår afværgepumpning, har effekten af denne type afværgetiltag vist sig betragtelig i praksis, men der er naturligvis en risiko for en mindre ef-

fekt på andre borer. Det kan således ikke udelukkes, at afværgepumpningen skal være større end de 5m³/t, som er forudsat i omkostningsberegningerne.

6.2 Økonomisk usikkerhed

Som det fremgik af gennemgangen af prisgrundlaget for omkostningsberegningerne, er langt størsteparten indhentet fra leverandører eller fra opslagsværker med almindeligt anvendte priser inden for vandforsyningsbranchen. Det begrænser i sig selv den økonomiske usikkerhed.

Det bør dog nævnes, at der kan være prisvariationer for to af de mere betydende anlægsinvesteringer, nemlig for trykforøgeranlæg og for aktive kulfilteranlæg til rensning af drikkevand. For så vidt angår sidstnævnte blev indhentet priser fra to forskellige leverandører. For filterbeholdere med nogenlunde ensartede tekniske dimensioner og kapacitet viste der sig en prisforskel på mere end 100 pct.

Anlægsomkostningerne for begge anlæg kan i praksis også vise sig forskellige fra de, der er blevet anvendt i denne rapport, idet beregningerne alene baserer sig på priser for tre forskellige anlægskapaciteter, nemlig et lille, et mellemstort og et stort anlæg. Herudfra er så estimeret priser for yderligere fem anlægsstørrelser. Endvidere er der i beregningerne for etablering af et aktiv kulfilteranlæg medtaget skønnede omkostninger til ombygning af det eksisterende vandværk samt udgifter til tilbygning til vandværket. Disse udgifter er anlægsspecifikke og kan variere betragteligt fra vandværk til vandværk.

Opgørelsen over omkostningerne ved tilslutning til andet vandværk er usikker, idet der i beregningerne alene indgår de direkte omkostninger herved i form af investering i trykforøgeranlæg og tilslutningsledninger, mens der er set bort fra tilslutningsafgift og andre omkostninger, der skal afholdes over for det andet vandværk.

Endelig må der vurderes at være usikkerhed omkring størrelsen af finansieringsomkostningerne. Usikkerheden vedrører både muligheden for at optage lån, renten på lånene og disses løbetid. Som belyst i rapporten kan finansieringsomkostningerne være af betydelig størrelse. Imidlertid er lånevilkårene de samme uanset valg af afværgestrategi, således at hverken rente eller afdragsperiode vil være af betydning i den sammenhæng. Derimod kan mulighederne for at optage lån medføre, at der alene iværksættes midlertidige afværgeforanstaltninger, der, som belyst i rapporten, er forbundet med langt lavere investeringsomkostninger og dermed finansieringsbehov.

7 Andre forureningstyper

De forureningsstoffer, der på landsplan udgør den største trussel mod vandforsyningerne i Danmark, er BAM, andre pesticider især totalukrudtsmidler, klorerede opløsningsmidler og MTBE. I projektet er der foretaget en økonomisk vurdering af afværgestrategier over for BAM-forurening på vandværkerne, og de tekniske løsninger er målrettet imødegåelse af BAM-problemer. Nogle af afværgestrategierne er imidlertid generelle og kan bruges over for mange typer forurening, uden at de økonomiske konsekvenser ændres i forhold til imødegåelse af BAM. Andre afværgestrategier er mere stofspecifikke, hvor de tekniske komponenters størrelse og levetid afhænger af forureningsstoffet. I sådanne tilfælde vil de økonomiske beregninger opstillet for BAM kun kunne anvendes, hvis det forurenende stof har samme egenskaber som BAM.

Nedenfor er de forskellige afværgetiltags anvendelighed vurderet i forhold til andre forureningstyper.

Renovering og sløjfning af borer kan benyttes for at forhindre nedsivning af mange typer forureningsstoffer gennem utætte borer og vil i alle tilfælde forlænge levetiden af vandindvindingen, så vandværket får tid til at overveje situationen og udføre de nødvendige undersøgelser og etableringer af for eksempel en ny kildeplads. Det vurderes, at en levetidsforlængelse på 10 år også er relevant ved betragtning af de øvrige forureningsstoffer, der truer vandforsyningen. De økonomiske beregninger for renovering af borer vil derfor også gælde ved forurening med de nævnte stoffer.

Afværgepumpning anvendes for at skabe et vandskel mellem forurenede og uforurenede borer og afhænger ikke af forureningsstoffet. Ved udledning af afværgepumpevand til vandløb eller sø kan der imidlertid være andre krav til koncentrationen af det forurenende stof, end der er gældende for BAM. Dette kan betyde andre udgifter til rensning af vandet end indregnet i de økonomiske beregninger.

Såfremt de økonomiske beregninger for afværgepumpning skal gælde for andre stoffer, skal de være direkte sammenlignelige med BAM, hvad angår rensningskapacitet på aktiv kul. Undersøgelser med rensning af grundvand for BAM og atrazin /11/ har vist, at atrazin stort set fjernes på samme måde som BAM. Der er endvidere de samme krav til overholdelse af en koncentration på 1 µg/l ved udledning til vandløb/sø. De økonomiske beregninger for afværgepumpning kan derfor bruges direkte ved forurening med atrazin.

De økonomiske beregninger for afværgepumpning kan endvidere bruges, såfremt det på forhånd vides, at der ikke skal foretages rensning af vandet for det forurenede stof. I sådanne tilfælde kan modellen bruges ved at antage, at koncentrationen af det forurenede stof er mindre end 1 µg/l, idet der så ikke indregnes udgifter til rensning af afværgepumpevandet med aktiv kul.

Etablering af en ny boring eller kildeplads kan altid foretages for at forbedre vandkvaliteten. De økonomiske beregninger er derfor gældende i alle tilfælde,

hvor vandværket ønsker at etablere en ny boring eller kildeplads uanset forureningsstof.

Som for etablering af en ny kildeplads er tilslutning til en anden vandforsyning uafhængig af, hvilket stof grundvandet er forurenet med. De økonomiske beregninger af udgifterne kan derfor bruges i alle tilfælde.

Rensning af drikkevandet med aktiv kul er i projektet dimensioneret til fjernelse af BAM. Rensningskapaciteten på kullene er meget stofs specifik, og både størrelsen af filterbeholdere og levetiden af kullene afhænger af, hvilket stof der skal fjernes. Endvidere vil grænseværdien for stoffet i drikkevandet påvirke omkostningerne, idet der skal renses til et andet niveau end for BAM. Dermed påvirkes både anlægs- og driftsudgifterne af det forurenende stof. Som nævnt har undersøgelser vist, at atrazin opfører sig på samme måde som BAM ved rensning med aktiv kul. Endvidere er grænseværdien den samme som for BAM. De økonomiske beregninger for aktiv kulfiltrering kan derfor bruges direkte ved en forurening med atrazin.

Med undtagelse af rensning af drikkevand for aktiv kul og eventuel rensning af afværgepumpevand med aktiv kul, der er stofs specifikke metoder, kan de andre afværgetiltag benyttes over for en lang række forureningsstoffer.

8 Referencer

- /1/ Miljøstyrelsen. Pesticider og Vandværker. Udredningsprojekt om BAM-forurening. Hovedrapport. Miljøprojekt nr. 732 2002.
- /2/ Miljøstyrelsen. Forureningstransport via utætte borer - Litteraturopsamling samt undersøgelseserfaringer. Delrapport 1. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 33 2002.
- /3/ Miljøstyrelsen. Kilder til BAM-forurening og forureningsudbredelse – Undersøgelseserfaringer. Delrapport 2. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 34 2002.
- /4/ Miljøstyrelsen. Nedbrydning og sorption af dichlobenil og BAM – Litteraturopsamling samt laboratorieforsøg. Delrapport 3. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 35 2002.
- /5/ Miljøstyrelsen. Vurdering af koncentration og varighed af BAM-forurening i grundvand. Delrapport 4. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 36 2002.
- /6/ Miljøstyrelsen. Håndtering af BAM-forurening på vandværker. Pjece 2002.
- /7/ Grundvandsovervågning 2002. Rapport udarbejdet af Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser samt Miljø- og Energiministeriet.
- /8/ Bekendtgørelse nr. 871 af 21. september 2001. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Miljøministeriet 2001.
- /9/ Fyns Amt. Pesticidkortlægning, Søndersø. RAMBØLL, juli 2003.
- /10/ Miljøstyrelsen. Metoder til renovering af borer. Miljøprojekt nr. xx (under udarbejdelse).
- /11/ Miljøstyrelsen. Rensning af grundvand med aktivt kul for BAM og atrazin. Miljøprojekt nr. 859 2003.
- /12/ Dansk Vand- og Spildevandsforening. Registrering af fysiske aktiver på det kommunale vand- og spildevandsområde. Vejledning nr. 1 2003
- /13/ Miljøstyrelsen. Vandværkstakster. Vejledning nr. 1 1986
- /14/ Danske Vandværkers Forening (DVF) og Danmarks Private Vandværker., Fastsættelse af Vandværkstakster. DVF Vejledning nr. 12 1996

Datagrundlag

i Tekniske data (A1)

a) Analyser

Område	Type	Antal		Kilde
		Inv.	Drift	
Boringsrenovering	boringskontrol	1		Rambøll
	pesticider	1		Rambøll
Afværgepumpning/-boring:	boringskontrol	1		Rambøll
	pesticider	1		Rambøll
	BAM	2		Rambøll
Ny boring	boringskontrol	2		Rambøll
	pesticider	2		Rambøll
Aktiv kul	bakteriologi	2	16	myndighed
	BAM	3	6	myndighed

b) Investeringer

Investering	Levetid	Kilde
Sløjfning af boring	0	Rambøll
Lodsejererstatning	0	-
Boringsinstallationer	15	DANVA
Borearbejde	30	DANVA
Ombygning af SRO-anlæg (vandværk)	15	Rambøll
Mellempumpe – kulfilteranlæg (vandværk)	15	-
Styringskabler	15	-
Trykforøgeranlæg	20	-
Ledninger	100	DANVA
Aktiv kulfilter- og UV-anlæg	20	leverandør
Ombygning af vandværk (vandrensning)	20	Rambøll
Sandfilter- og aktiv kulfilter-anlæg (afv.pumpning)	20	-

c) Drift

Type	Enh.	Pris						Kilde
<i>Pumpeeffekt:</i>		Kapacitet (m³/t)						
		5	10	20	30	45	60	
Boring	kW	2,65	3,00	3,22	4,65	7,15	8,52	leverandør
Pumpning før vandværket	kW/m	0,0023	0,0021	0,0018	0,0016	0,0029	0,0029	lev./Rambøll
		43	137	263				
Trykforøgeranlæg	kW/m	0,0005	0,0023	0,0063				leverandør
		7	0	0				
		28.5	91	190				
Mellempumpe	kW	1,6	5,5	11,9				leverandør
<i>Rensning af drikkevand:</i>								
Levetid – aktiv kul	år	4	3	2,5				Rambøll
Install. effekt - UV-anlæg	kW	0,3	3,0	6,0				leverandør
Antal UV-lamper		1	2	4				leverandør
Levetid – UV-lampe	timer	7.000	7.000	7.000				leverandør
<i>Rensning af afværgvand:</i>								
		5						
Kulbehov	kg/anl.	900						lev./Rambøll
Levetid – aktiv kul	år	1						Rambøll

II Investeringsomkostninger (A2)

a) Forundersøgelser

		Pris	Kilde
<i>Forundersøgelse:</i>	Enhed	DKK	
Kildeopsporing	pr. boring	10.000	Rambøll
Boringsundersøgelse	pr. boring	51.500	leverandør/Rambøll
Tilstandsvurdering	pr. boring	7.000	leverandør/Rambøll
Vurdering af arealbelastning	pr. opland	25.000	Rambøll
Beskrivelse af indvindingsopland	pr. opland	25.000	Rambøll

b) Analyser og ansøgninger mv.

		Pris	Kilde
	Enhed	DKK	
<i>Analyser:</i>			
Boringskontrol	pr. analyse	2.830	GADJURA
Boringskontrol for pesticider	pr. analyse	2.430	GADJURA
Bakteriologisk analyse	pr. analyse	610	analysefirmaer
Analyse for BAM i vand	pr. analyse	1.500	Rambøll
Normalkontrol	pr. analyse	1.530	GADJURA
<i>Ansøgninger mv.:</i>			
Ansøgning om indvindingstilladelse	stk.	15.000	Rambøll
Ansøgning om boretilladelse	stk.	10.000	Rambøll
Ans. om udledningstilladelse - afv. pumpning	stk.	25.000	Rambøll
Ansøgning om vandrensning	stk.	25.000	Rambøll
Vurdering af tilslutningsmuligheder	stk.	25.000	Rambøll
Udbudsmateriale - ny boring	stk.	15.000	Rambøll
Hydrogeol. og geol. oplysn. - ny kildeplads	stk.	25.000	Rambøll

c) Øvrige investeringsomkostninger

		Pris	Kilde
<i>i) faste omkostninger</i>			
	Enhed	DKK	
Mobilisering ved borearbejde	stk.	10.000	leverandør
Lodsejererstatning (ny boring)	stk.	120.000	DANVA normalerstatning
Tilsyn med borearbejde	stk.	10.000	Rambøll
Opstilling og optagning af pumpe	stk.	5.000	leverandør
Nedsætning af pumpe og stigrør	stk.	3.000	leverandør
Renpumpning af boring i 1 døgn	stk.	755	GADJURA
Korttidsprøvepumpning og tolkning	stk.	13.000	leverandør
Langtidsprøvepumpning (1 md.)	stk.	35.000	GADJURA/leverandør
Indkøring af afværgepumpning	stk.	10.000	Rambøll
Demontering af boringsinstall. og afslutning	stk.	10.000	leverandør Rambøll
Ombygning af SRO-anlæg - vandværk	stk.	25.000	Rambøll
SRO i råvandsstation	stk.	100.000	Rambøll
Råvandsstation (glasfiber)	stk.	17.130	GADJURA
Einstallationer i råvandsstation (ny boring)	stk.	45.000	Rambøll
Indhegning af boring	stk.	45.870	GADJURA
Tryksonde	stk.	15.000	Rambøll

		Pris	Kilde
		DKK	
Enhed			
<i>Rensning af afværgvand:</i>			
Iltningsanlæg	stk.	10.000	Rambøll
Iltnings- og sandfilteranlæg - hus til filtre	stk.	250.000	Rambøll
Iltnings- og sandfilteranlæg - procesanlæg	stk.	400.000	Rambøll
Iltn., sand- og kulfilteranlæg - hus til filtre	stk.	300.000	Rambøll
Iltn., sand- og kulfilteranlæg - procesanlæg	stk.	450.000	Rambøll
SRO-anlæg - afværgepumpning	stk.	150.000	Rambøll
ii) variable omkostninger			
Trykforøgeranlæg	m ³ /t	8.000	DANVA
Byggeomkostninger (vandværk)	kr./m ²	10.600	GADJURA
Styringskabler	m	150	Rambøll
Tilkørselsvej - boring/ny kildeplads	m	665	V&S prishåndbøger
Stigrør (rustfrit stål)	m	1.000	GADJURA
Stigrør (PE)	m	470	GADJURA
		Pris	Kilde
		DKK	
kap. (m ³ /t)	Enhed	DKK	DKK
Dykpumpe	stk.	5	10
		13.500	21.400
		20	30
		30.230	34.670
		45	60
		40.800	46.000
			GADJURA
<i>Diameter (mm)</i>		160	225
Sand (opfyldning af filter)	m	200	500
Bentonit (forerørsopfyld.)	m	250	1.100
Bentonit (injicering)	m	1.000	1.500
			entreprenør
Forerør (inkl. bentonitafsl.)	m	1.300	1.400
Filterrør (inkl. gruskastn.)	m	885	1.053
			entreprenør
Boring (lufthæveboring)	m		1.100
Overboring (inkl. optagn.)	m		2.500
			entreprenør
		By	Land
		<200	>=200
		1.000	1.600
		<200	>=200
		400	900
Vandledninger	Diam. m		
			DANVA
Aktiv kulfilter- og UV-anlæg			
<i>kap. (m³/t)</i>		28.5	91
			190
Projektering	stk.	150.000	180.000
Montering af anlæg	stk.	100.000	150.000
Mellempumpe	stk.	25.000	50.000
Kulfilterbeholder	stk.	300.000	660.000
UV-anlæg	stk.	80.000	140.000
Ombygning af vandværk	stk.	100.000	100.000
Tilsyn og indkøring af anlæg	stk.	150.000	200.000
Aktiv kul	stk.	75.000	240.000
			200.000
			490.000
			Rambøll
			Rambøll
			lev./Rambøll
			leverandør
			leverandør
			Rambøll
			Rambøll
			leverandør

III. Driftsomkostninger (A3)

		Pris			Kilde
	Enhed	DKK			
EI	kWh	0,60			Energitilsynet ¹
Afværgepumpning:					
Kul til vandrensning	kg	35			Rambøll
Elforbrug – dykpumpe	år	500			Rambøll
Drift & vedligeholdelse procesanlæg	år	65.000			Rambøll
Rensning af drikkevand::					
	kap. (m³/t)	28,5	91	190	
Kuludskiftning (inkl. løn og bortsk.)	udsk.	100.000	280.000	500.000	leverandør
Pris UV-lampe (inkl. løn)	stk.	2.820	4.365	4.365	leverandør
Deponering	lampe	25	25	25	Rambøll
Vedl. af aktiv kulfilter (vandværk)	år	10.000	10.000	10.000	Rambøll
Vedl. af UV-anlæg	år	1.000	2.000	3.000	leverandør
Vedligeholdelse af boringer og ledn.					
Rensning af dykpumpe	år	9.000			leverandør/Rambøll
Hens. til regener. af boring (15 år)	år	2.000			leverandør
Rensning af råvandsledning	m	3			GADJURA

1) Gennemsnitlig døgnpris for virksomheder fra 8 elforsyningsvirksomheder, juni 2003 (kilde: Energitilsynets elprisstatistik for perioden maj 2002 til juni 2003)

Brugerinput																								
<i>Vandværk</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #add8e6;">Antal borer</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #ffcc99;">Berørte</th> <th style="background-color: #ffcc99;">I alt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Indtast</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> </tbody> </table>		Antal borer		Berørte	I alt	Indtast	1		2	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #add8e6;">Indvindingsmængde</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #ffcc99;">Pr. ber. boring</th> <th style="background-color: #ffcc99;">I alt</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">m³/år</th> <th style="text-align: center;">m³/år</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">50.000</td> <td style="text-align: center;">100.000</td> </tr> </tbody> </table>		Indvindingsmængde		Pr. ber. boring	I alt	m ³ /år	m ³ /år	50.000	100.000	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #add8e6;">Driftstimer pr. døgn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">timer</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">15</td> </tr> </tbody> </table>	Driftstimer pr. døgn	timer	15
Antal borer																								
Berørte	I alt																							
Indtast	1																							
	2																							
Indvindingsmængde																								
Pr. ber. boring	I alt																							
m ³ /år	m ³ /år																							
50.000	100.000																							
Driftstimer pr. døgn																								
timer																								
15																								
<i>Boringer</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="background-color: #add8e6;">Berørte borer</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #ffcc99;">Længde forerør</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Længde filter</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Forerørsdiam.</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">m</th> <th style="text-align: center;">m</th> <th style="text-align: center;">mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Indtast</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">200</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Berørte borer			Længde forerør	Længde filter	Forerørsdiam.	m	m	mm	Indtast	50	10		200							
Berørte borer																								
Længde forerør	Længde filter	Forerørsdiam.																						
m	m	mm																						
Indtast	50	10																						
	200																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #add8e6;">Nye borer</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #ffcc99;">Længde forerør</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Længde filter</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">m</th> <th style="text-align: center;">m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">10</td> </tr> </tbody> </table>			Nye borer		Længde forerør	Længde filter	m	m	50	10													
Nye borer																								
Længde forerør	Længde filter																							
m	m																							
50	10																							
<i>Ledninger</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #add8e6;">Ledningsafstande</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #ffcc99;">Kildeplads til vandværk</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Ny kildeplads til vandværk</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Udledning af afværgvand</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Tilslutningsvandværk</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">m</th> <th style="text-align: center;">m</th> <th style="text-align: center;">m</th> <th style="text-align: center;">m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Indtast</td> <td style="text-align: center;">100</td> <td style="text-align: center;">1.000</td> <td style="text-align: center;">400</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">2.000</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Ledningsafstande				Kildeplads til vandværk	Ny kildeplads til vandværk	Udledning af afværgvand	Tilslutningsvandværk	m	m	m	m	Indtast	100	1.000	400			2.000		
Ledningsafstande																								
Kildeplads til vandværk	Ny kildeplads til vandværk	Udledning af afværgvand	Tilslutningsvandværk																					
m	m	m	m																					
Indtast	100	1.000	400																					
		2.000																						
<i>Råvandskvalitet</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="background-color: #add8e6;">Indhold i boring af</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #ffcc99;">BAM</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Totaljern</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Ammonium</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">µg/l</th> <th style="text-align: center;">mg/l</th> <th style="text-align: center;">mg/l</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Indtast</td> <td style="text-align: center;">0,3</td> <td style="text-align: center;">1,5</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">0,8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Indhold i boring af			BAM	Totaljern	Ammonium	µg/l	mg/l	mg/l	Indtast	0,3	1,5		0,8							
Indhold i boring af																								
BAM	Totaljern	Ammonium																						
µg/l	mg/l	mg/l																						
Indtast	0,3	1,5																						
	0,8																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #ffcc99;">Råvand</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Rentvand</th> </tr> </thead> </table>			Råvand	Rentvand																			
Råvand	Rentvand																							
<i>Ledningsområde</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #ffcc99;">Udledn. sted</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Afgift (kr./m³)</th> </tr> </thead> </table>			Udledn. sted	Afgift (kr./m ³)																			
Udledn. sted	Afgift (kr./m ³)																							
<i>Afværgvand</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #ffcc99;">Udledn. sted</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Afgift (kr./m³)</th> </tr> </thead> </table>			Udledn. sted	Afgift (kr./m ³)																			
Udledn. sted	Afgift (kr./m ³)																							
<i>Finansiering: låneandel</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #ffcc99;">Udledn. sted</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Afgift (kr./m³)</th> </tr> </thead> </table>			Udledn. sted	Afgift (kr./m ³)																			
Udledn. sted	Afgift (kr./m ³)																							
<i>Afværgestrategi</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #ffcc99;">Udledn. sted</th> <th style="background-color: #ffcc99;">Afgift (kr./m³)</th> </tr> </thead> </table>			Udledn. sted	Afgift (kr./m ³)																			
Udledn. sted	Afgift (kr./m ³)																							

Beregningsresultater

Afværgestrategiomkostninger						
Valgt strategi: Alm. sløjfning og tilslutning andet vandværk						
	Investerings- omkostninger	Ændring af driftsomkostn.	Nutidsværdi af samlede omk.	Afskriv- ninger/år	Finansierings- omkostninger	Ændring af vandpris
	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.
I alt	2.456	-18	1.880	24	75	-
	kr.	kr.	kr.	kr.	kr.	kr.
Pr. m ³	24,6	-0,18	18,8	0,24	0,75	0,80

Fordeling af omkostninger:		
	Investering	Drift
	tus. kr.	tus. kr.
Forundersøgelser	119	-
Almindelig sløjfning	32	-22
Tilslutning til andet vandværk	2.305	4
I alt	2.456	-18

Beskrivelse af beregningsmodel

Beregningsmodellen er opbygget i Excel og består af 7 regneark, hvis indhold er følgende:

Regneark	Indhold
brugerflade	Dette regneark anvendes af brugeren af modellen. Her indtastes de vandværksspecifikke input, vælges finansieringsform og hvilken afværgestrategi, der ønskes belyst. Inputfelterne indeholder i relevant omfang en uddybende definition af input. I regnearket præsenteres omkostningerne ved den valgte strategi i summarisk form.
input	Regnearket indeholder alle øvrige input i beregningerne jf. rapportens kapitel 4 og 5 samt bilag A. Celler i gult er egentlige input, mens celler i orange er interpolerede input jf. forklaringen heraf i kapitel 5. Celler i lyseblåt må ikke ændres, da de er en forudsætning for udførelse af en lang række beregninger. Prisoplysninger er indhentet i efteråret 2003.
komp-inv	I dette regneark beregnes investeringsomkostningerne (ekskl. forundersøgelser) for de forskellige afværgekomponenter. Ud for hvert delelement i omkostningerne for en afværgekomponent angives elementets indhold i summarisk form. For hver komponent beregnes desuden de investeringsomkostninger, der afhænger af det antal boringer, der indgår i beregningerne, og de, der er uafhængige heraf. Tilsvarende beregning foretages for geninvesteringsomkostningerne fordelt på investeringsens levetid. Endelig beregnes afskrivningsperioden for hver afværgekomponent.
komp-drift	Regnearket er opbygget ud fra helt samme struktur som regnearket "komp-inv" og beregner den årlige ændring af de direkte driftsomkostninger for hver afværgekomponent. For hver komponent beregnes ændringen af driftsomkostninger både for de boringsafhængige og de boringsuafhængige omkostninger.
beregninger	Regnearket indeholder alle øvrige beregninger til opgørelse af strategiomkostninger. Beregningerne omfatter 4 hovedgrupper: 1. Input til beregning af krævet kapacitet for pumper, vandrensningsanlæg og ledninger (ud fra spidsbelastning) 2. Beregning af geninvesteringsbehov for hver afværgestrategi fordelt på levetider. 3. Beregning af forundersøgelsesomkostninger for hver afværgestrategi 4. Beregning af finansieringsomkostninger for hver afværgestrategi ud fra den valgte finansieringsandel under forskellige antagelser om lånetyper.
afv strat	I dette regneark beregnes de samlede investeringsomkostninger og ændringen af driftsomkostninger for hver afværgestrategi. Investeringsomkostningerne omfatter udgifter til forundersøgelser og til øvrige investeringer. Driftsomkostningerne indgår i hvert år af planperioden. Denne periode er 10 år for strategier, der alene indebærer en levetidsforlængelse og 60 år for de øvrige. Geninvesteringer for hvert år af de respektive planperioder beregnes ligeledes. Ud fra investerings-, drifts- og geninvesteringsomkostninger beregnes herefter nutidsværdien af de samlede omkostninger i planperioden for hver enkelt afværgestrategi.

Regneark	Indhold
resultater	Dette regneark giver et samlet overblik over beregningsresultaterne for hver afværgestrategi både i alt og pr. m ³ af den samlede indvindingsmængde. Ud over investerings- og driftsomkostningerne samt nutidsværdi af omkostninger vises også beregningsresultater for årlige afskrivninger og for finansieringsomkostninger. Herudfra kan modellen beregne den samlede ændringen i vandprisen defineret som summen af ændringer i årlige driftsomkostninger, afskrivninger og finansieringsomkostninger.

Med undtagelse af input-cellerne i regnearket ”brugerflade” og prisoplysninger i regnearket ”input” er alle celler i modellen låst. Det betyder, at øvrige input data kun kan ændres ved, at cellerne låses op igen. Åbning af cellerne og ændring af øvrige data og formler kan have uønskede beregningsmæssige konsekvenser.

Som nævnt ovenfor er alle prisoplysninger indhentet i efteråret 2003. Ændringer af disse data muliggør såvel konsekvensberegninger ud over de, der er indeholdt i regnearket ”brugerflade”, som å jour føring af prisoplysninger.

Omkostninger for afværgekomponenter

a) Investeringer

Vandværksstørrelse		Lille	Mellem	Stort
		tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.
<i>Overboring</i>				
Faste	Borearbejde	18	18	18
	Ren- og prøvepumpning mv.	19	19	19
Subtotal		37	37	37
Variable	Borearbejde	150	150	150
	Renovering	81	81	81
Subtotal		231	231	231
I alt		268	268	268
<i>Indvendig udføring</i>				
Faste	Pumpe og stigrør	46	55	55
	Borearbejde	18	18	18
	Ren- og prøvepumpning mv.	19	19	19
Subtotal		83	92	92
Variable	Renovering	65	65	65
	Filtersætning (eventuel)	9	9	9
Subtotal		74	74	74
I alt		157	166	166
<i>Bentonitinjektion</i>				
Faste	Borearbejde	18	18	18
	Ren- og prøvepumpning mv.	19	19	19
Subtotal		37	37	37
Variable	Bentonitafpropning	54	54	54
I alt		91	91	91
<i>Alm. sløjfning</i>				
Faste	Demontering af inst. og afslutning	10	10	10
Variable	Opfyldning af filter og forerør	22	22	22
I alt		32	32	32
<i>Sløjfning v/overb.</i>				
Faste	Demontering af inst. og afslutning	10	10	10
	Borearbejde	18	18	18
Subtotal		28	28	28
Variable	Borearbejde	150	150	150
	Opfyldning af filter og forerør	60	60	60
Subtotal		210	210	210
I alt		238	238	238

Vandværksstørrelse		Lille	Mellem	Stort
		tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.
Afværgepumpning				
Faste	Tilladelser	25	25	25
	Pumpe, boringsinst., SRO	75	75	75
	Rensning af afværgevand	18	18	18
	Subtotal	119	119	119
Variable	Rørledning og styringskabler	220	220	220
I alt		339	339	339
Afværgeboring				
Faste	Tilladelser, lodsejererst. og mobilisering	195	195	195
	Pumpe, boringsinst., råvandsst. og SRO	307	307	307
	Rensning af afværgevand	18	18	18
	Subtotal	520	520	520
Variable	Borearbejde	166	166	166
	Rørledning og styringskabler	235	235	235
	Subtotal	401	401	401
I alt		922	922	922
Ny indvindingsboring (samme kildeplads)				
Faste	Tilladelser, lodsejererst. og mobilisering	170	170	170
	Pumpe, boringsinst., råvandsst. og SRO	329	338	338
	Subtotal	499	508	508
Variable	Borearbejde	166	166	166
	Rørledning og styringskabler	55	55	55
	Subtotal	221	221	221
I alt		720	729	729
Ny indvindingsboring (ny kildeplads)				
Faste	Tilladelser, lodsejererst. og mobilisering	195	195	195
	Pumpe, boringsinst., råvandsst. og SRO	351	360	360
	Subtotal	546	555	555
Variable	Borearbejde	166	166	166
	Rørledning og styringskabler	550	550	550
	Subtotal	716	716	716
I alt		1,262	1,271	1,271
Drikkevandsrensning				
Faste	Forberedelse af anlæg	175	205	225
	Ombygning af SRO og vandværk	443	549	655
	Mellempumpe	25	50	70
	Kulfilterbeholder og UV-anlæg	711	1,396	1,871
I alt		1,354	2,200	2,821
Tilslutning vandværk				
Faste	Trykforøgeranlæg og vurd. af tilsl.mul.	305	393	401
Variable	Forbindelsesledning	2,000	2,000	2,000
I alt		2,305	2,393	2,401

b) Ændring af driftsomkostninger pr. år

<i>Vandværksstørrelse</i>	Lille	Mellem	Stort
	tus. kr.	tus. kr.	tus. kr.
<i>Alm. sløjfning af boring</i>			
Elforbrug	-11	-13	-16
Vedligeholdelse	-11	-11	-11
I alt	-22	-25	-28
<i>Sløjfning ved overboring</i>			
Elforbrug	-11	-13	-16
Vedligeholdelse	-11	-11	-11
I alt	-22	-25	-28
<i>Afværgepumpning</i>			
Analyser	9	9	9
Elforbrug	8	5	2
Vedligeholdelse	1	1	1
I alt	18	16	13
<i>Afværgeboring</i>			
Analyser	9	9	9
Elforbrug	19	19	19
Vedligeholdelse	12	12	12
I alt	40	40	40
<i>Indvindingsboring (eks. kildeplads)</i>			
Elforbrug	11	13	16
Vedligeholdelse	11	11	11
I alt	22	25	28
<i>Indvindingsboring (ny kildeplads)</i>			
Elforbrug	17	20	24
Vedligeholdelse	14	14	14
I alt	31	34	38
<i>Drikkevandsrensning</i>			
Analyser	19	19	19
Elforbrug	6	34	86
Udskiftning af filtre og lamper	27	102	220
Vedligeholdelse	11	12	13
I alt	63	166	338
<i>Tilslutning andet vandværk</i>			
Elforbrug	4	18	22
Vedligeholdelse	0	0	0
I alt	4	18	22
<i>Forøget indvinding andre boringer</i>			
Elforbrug	11	13	16
Vedligeholdelse	0	0	0
I alt	11	13	16