

Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen

Nr. 15 1995

Værdimåler for grundvands- ressourcen



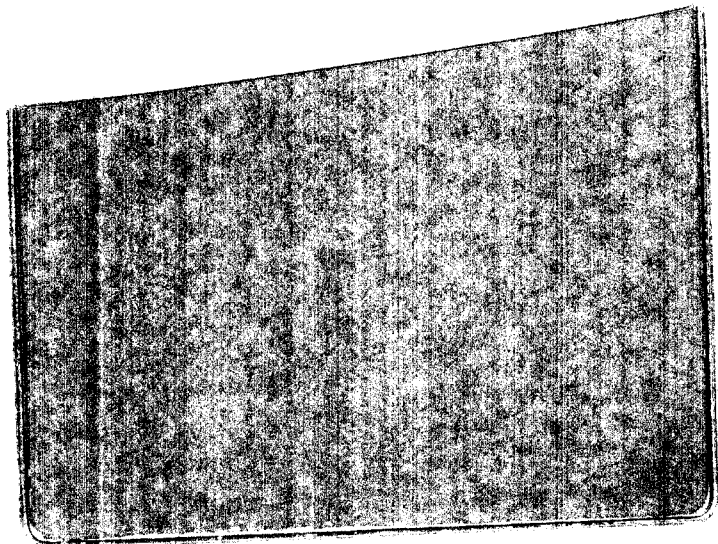
622 M 1 542.01
1/16
x.22

Miljøstyrelsen startede i 1993 en projektpakke, hvis formål var at udvikle prioriteringsværktøjer overfor jord- og grundvandsforureninger, samt retningslinier for den overordnede forvaltning af grundvandsressourcerne. Projektpakken har et samlet budget på 12 mill. kr. over projektperioden fra 1993 til 1994.

Det har været et bærende element i projektformuleringerne, at resultaterne fra de enkelte projekter skulle være meget anvendelsesorienterede for de lokale og regionale miljømyndigheder. Der er derfor blevet udarbejdet både generelle projekter om beskyttelse af grundvandsressourcerne og risikovurdering af forureningskilder samt kataloger/håndbøger om konkrete emner. Det har været væsentligt for Miljøstyrelsen, at amterne og Danske Vandværkers Forening m.fl. har deltaget i projektforløbet for at opnå enighed om projekterne og metoderne.

Arbejdet i projektpakken har været organiseret med en overordnet koordinationsgruppe og fem faggrupper som har fungeret som styringsgrupper for de forskellige projekter. De fem faggrupper har behandlet følgende emneområder; Grundvandsressourcen, Landbrug, Risikovurdering af punktkilder, Afværgeteknologi og Strategi & Handlingsplaner.

De konkrete projekter har været udført af sektorforskningsinstitutioner, højere læreanstalter, rådgivende firmaer og frikøbte personer fra amterne.



Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen

Nr. 15 1995

Værdimåler for grundvands- ressourcen

COWIconsult A/S

MILJØSTYRELSEN
BIBLIOTEKET
Strandgade 29
1401 København K

Miljøstyrelsen vil, når lejlighed 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.

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	3
1.1 Baggrund	3
1.2 Formål	4
1.3 Projektrapporten	4
2. Metode	7
2.1 Forudsætninger	7
2.2 Trin 1	9
2.3 Trin 2	13
2.4 Optimering af vandindvindingsplaner - Trin 2B	18
3. Case studie: Als	19
3.1 Indledning	19
3.2 Trin 1	20
3.3 Trin 2A	31
4. Diskussion af analyseresultaterne	39
A. Baggrundsnotat vedr. ressourcearealer	41
A.1 Indledning og definitioner	41
A.2 Beskyttelse	42
A.3 Maksimal vedvarende grundvandsindvinding, Q_{max}	43
A.4 Case Study Als	44
A.5 Vandindvinding	46
A.6 Referencer	49
B. Baggrundsnotat vedrørende indvindingsomkostninger	57
B.1 Generelt om indvindingsomkostninger	57
B.2 Indvindingsomkostninger på basis af vandpris	57
B.3 Beregnede indvindingsomkostninger	61
B.4 Vandforsyningernes økonomi på Als	61
B.5 Måling af indvindingsomkostningerne på Als	64
B.6 Baggrundsmateriale/referencer	67
B.7 Bilagsmateriale	67
C. Baggrundsnotat vedr. punktkilder	73
C.1 Punktkildeforurening generelt	73
C.2 Måling af effekten af punktkildeforureninger	74
C.3 Kortlægning og beskrivelse af væsentlige punktkilder på Als	76
C.4 Måling af effekten af punktkildeforureninger på Als	82
C.5 Baggrundsmateriale	83

C.6	Referencer	84
	Kort bilag	85
D.	Baggrundsnotat vedr. fladekilder	99
D.1	Fladekildeforurening generelt	99
D.2	Generelt om måling af effekten fladekildeforurening	100
D.3	Beskrivelse af arealanvendelsen og fladebelastningen på Als	102
D.4	Måling af effekten fladekildeforurening på Als	103
D.5	Referencer/baggrundsmateriale	108
E.	Baggrundsnotat vedr. naturherligheder	109
E.1	Beskyttelse af naturherligheder generelt	109
E.2	Måling af effekter af grundvandsindvinding på naturen	110
E.3	Naturområder på Als	112
E.4	Referencer/baggrundsmateriale	114
F.	Baggrundsnotat vedr. vandforsyning til andre områder	115
F.1	Vandforsyning mellem ressourcearealer/kommuner generelt	115
F.2	Generelt om omkostninger ved at få vand fra andre områder	116
F.3	Den eksisterende forsyningssituation på Als	118
F.4	Måling af omkostningerne ved transport af vand mellem ressourcearealerne på Als	118
F.5	Referencer/baggrundsmateriale	119

1 Indledning

1.1 Baggrund

I 1980-82 gennemførte Miljøstyrelsen i samarbejde med landets kommuner en landsdækkende kortlægning af gamle kemikalieaffaldsdepoter, der dannede baggrund for den første "Lov om kemikalieaffaldsdepoter" som blev vedtaget i 1983.

I loven defineredes myndighedernes opgave med hensyn til iværksættelse, drift og finansiering af undersøgelser og afværge af forurening fra gamle kemikalieaffaldsdepoter:

Siden er opnået en del erfaring med undersøgelses- og afværgeteknikker, men området har også været præget af et stadigt stigende antal forurenede lokaliteter.

Det er med tiden og det stærkt voksende antal forurenede lokaliteter blevet helt klart, at en prioritering af forurenede lokaliteter er nødvendig. Yderligere er udviklingen gået imod en større bredde i de betragtninger, der må gøres ved planlægning af grundvandsbeskyttelse i et område. Oprensning af gamle kemikalieaffaldsdepoter med det formål at beskytte grundvandet kan ikke ses isoleret fra nedsivningen af nitrat til grundvandet, behovet for grundvand i det pågældende område m.m.

Depot- og grundvandsprioriteringsprojektet er iværksat som et led i en øget indsats overfor forurening af grundvandsressourcerne og for at forbedre grundlaget for en prioritering af indsatsen.

Under det relativt brede depot- og grundvandsprioriteringsprojekt er defineret nogle undergrupper, som har iværksat projekter indenfor hvert deres område.

En gruppe, der varetager grundvandsressourcer, har iværksat nærværende projekt om udvikling af en værdimåler for grundvandsressourcen. Gruppens medlemmer er:

Vandforsyningschef Per Francke Larsen
Aalborg Kommune

Statsgeolog Bjarne Madsen
DGU

Cand.scient. Steffen Dahl Christensen
Miljøkontrollen

Afledningsleder, cand.scient. Alex Sonnenberg
Storstrøms Amt

Civ.ing. Christian Ammitsøe
Miljøstyrelsen

Afdelingsleder, cand.scient. Poul F. Christensen
Sønderjyllands Amt

Cand.scient. Henrik Winther Nielsen
Miljøstyrelsen

COWIconsult blev i april 1993 udpeget til at gennemføre udviklingen af værdimåleren og der har under projektarbejdet været en løbende dialog med gruppen for grundvandsressourcer.

1.2 Formål

Det overordnede formål med projektet og dermed modellen er at udvikle en metode til at støtte beslutningstagerne i at *udpege fremtidige vandindvindingsområder*.

Vandindvindingsområderne skal prioriteres i forhold til hinanden ud fra den værdi som grundvandet tillægges indenfor de enkelte områder.

Det indgår endvidere i formålet at der ved opstilling af en værdimåler for grundvandsressourcen kan ske en synliggørelse og prioritering af grundvandsbeskyttelsen.

For at håndtere de mange aspekter, der indvirker på prioriteringen af de enkelte vandindvindingsområder opbygges en "multikriterie model", her defineret som en model, der vurderer et givet vandindvindingsområde ud fra en sammenvejning af en række forskellige kriterier (effekter af at indvinde vand fra området), som enten måles i kroner og ører, i fysiske størrelser, f.eks. km rør, eller kvalitativt i form af god/dårlig, egnet/uegnet, osv. Modellen sætter beslutningstageren i stand til at prioritere mellem alternative vandindvindingsområder (ressourcearealer).

Som et resultat af prioriteringen bliver det muligt at målrette og synliggøre indsatsen for grundvandsbeskyttelsen, men det må understreges, at modellen ikke umiddelbart kan bruges til at prioritere mellem enkelte grundvandsbeskyttelsesprojekter.

1.3 Projektrapporten

Udviklingsarbejdet er gennemført af en gruppe af medarbejdere hos COWIconsult AS, med en tværfaglig sammensætning for at dække såvel de hydrogeologiske, vandtekniske og forureningsmæssige forhold som de ressourceøkonomiske og modeltekniske aspekter.

Rapporten foreligger som en hovedrapport, der har 4 kapitler:

1. Indledning

Projektbeskrivelse, m.m. - formål, -resultat

2. Metode

I dette afsnit beskrives den metode, som er udviklet til prioritering af grundvandsressourcerne, og der redegøres for mulighederne for valg af vægte til beskrivelse af forskellige strategier.

3. Case studie i Als

I dette afsnit gennemgås den case, som har været gennemgående under udviklingsarbejdet.

4. Diskussion og sammenfatning

Som grundlag for den relativt korte hovedrapport er udarbejdet 6 baggrundsnotater med følgende titler:

A. Baggrundsnotat vedr. ressourcearealer.

B. Baggrundsnotat vedr. indvindingsomkostninger.

C. Baggrundsnotat vedr. punktkilder.

D. Baggrundsnotat vedr. fladekilder.

E. Baggrundsnotat vedr. naturherligheder.

F. Baggrundsnotat vedr. vandforsyning til andre områder.

I hvert baggrundsnotat er en gennemgang af mulighederne for opstilling af effektmål indenfor det pågældende område, og det er vist hvordan der kan opstilles brugbare effektmål for Als.

2 Metode

2.1 Forudsætninger

Rent grundvand

Det er en forudsætning for opgaven, at vandforsyningen baseres på *rent grundvand*, der kan renses ved normal vandbehandling, dvs. der tages ikke hensyn til, at forurenede grundvand kan renses.

Planlægningsenhed

Planlægningsenheden er det område indenfor hvilket der skal foretages en prioritering af grundvandet ud fra en værdimåling. Planlægningsenheden er typisk et amt, men kan være et separat område, f.eks. Als eller det kan være noget større som f.eks. hele Sjælland, afhængigt af det aktuelle behov.

Ressourcearealer

Planlægningsenheden (amtet eller regionen) opdeles i et antal ressourcearealer, defineret som hydrogeologisk sammenhængende områder og det er mellem disse ressourcearealer prioriteringen foretages. Derfor vil de efterfølgende kriterier, der karakteriserer grundvandet kun få en værdi for hvert ressourceareal.

Værdi

Arbejdstitlen for projektet er "Værdimåler for grundvandsressourcen", hvilket afspejler ønsket om at få en metode, der kan angive værdien af forskellige ressourcearealer og dermed måle dem i forhold til hinanden.

Når man taler om værdien af grundvandet kan det have flere betydninger. Derfor er det vigtigt at definere, hvad der menes med værdien af et ressourceareal. Værdien af et grundvandsressourceareal defineres her ud fra de følger udnyttelse af ressourcearealet har.

Med følgerne af vandforsyningen menes både de direkte omkostninger, dvs. indvinding, transport, behandling og distribution jvf. ovenfor, samt en række andre effekter. Disse andre effekter er dels påvirkninger af naturen som grundvandsindvinding forårsager og dels er det omkostninger til at sikre en fortsat høj kvalitet af grundvandet ved at forebygge forurening.

De mest værdifulde ressourcearealer vil således være de arealer, hvor omkostninger og andre følger af indvindingen er mindst, og for vandforsyningen i hele planlægningsenheden gælder det derfor om at prioritere mellem ressourcearealerne, således at de samfundsmæssige følger af vandindvindingen bliver mindst mulig.

Derfor drejer det sig om at udvikle en metode, der kan måle de omkostninger og andre effekter som vandforsyningen giver anledning til. En række af disse effekter kan ikke umiddelbart prissættes, dvs. måles i kroner og øre, istedet udvikles en anden skala for en kvantificering af disse effekter. Der bliver således tale om en multikriteriemodel, hvor de vigtigste effekter måles på hver sin skala og hvor der til slut kan ske en sammenvejning ved at hver effekt tillægges en vægt, valgt af dem der anvender modellen i vandforsyningsplanlægningen.

Værdibegrebet dækker i denne sammenhæng ikke direkte over den nytte som brugerne af vandet har. Når det forudsættes, at vandforsyningen baseres på rent vand afhænger forbrugernes nytte af den samlede mængde af vand.

Idet grundvandet er en naturressource, som i Danmark ikke er prissat ud fra en efterspørgsel på et marked kan værdien for forbrugerne ikke udtrykkes ved prisen. Prisen for vand i Danmark er nærmere fastsat ud fra hvad det koster at frembringe det til forbrugerne. I denne pris indgår anlæg og drift af:

- hele indvindingssiden med borer, arealer til kildepladser og råvandsledninger
- vandbehandlingen
- distributionsnettet og oplagring af rent vand med alt hvad dertil hører af rør, ventiler, overvågning o.s.v.

Et andet aspekt af grundvandsressourcens værdi vil derfor være at bestemme, hvor stor en værdi vandet har for forbrugerne, dvs. hvormeget vil man være villig til at betale for rent drikkevand og hvordan vil forbruget eventuelt påvirkes, hvis alle omkostninger og effekter blev inkluderet i vandprisen.

I dette projekt analyseres den situation, hvor et givet vandforbrug skal dækkes ved at indvindingen foregår med færrest direkte og indirekte omkostninger, og hvor det som kan påvirke omkostningerne er, hvordan man vælger at udnytte de enkelte ressourcearealer.

Effekter

Derfor vil der i det følgende være focus på effekterne/omkostningerne ved grundvandsindvinding og mulige metoder til at fastlægge hvordan man opnår de samlet mindste effekter når en fastlagt vandefterspørgsel skal imødekommes, indenfor en region.

Effekter vil både dække forhold som kan måles i kroner-øre og miljøpåvirkninger, som det ikke er umiddelbart muligt at sætte et kroner-øre beløb på, men som der godt kan opsættes en måleenhed for der viser forskellene mellem ressourcearealerne.

Modelkoncept

Det anvendte model-koncept er en multikriteriemodel, som er opbygget i to trin:

Trin 1: Opstilling af mål for effekterne ved vandindvinding indenfor de enkelte ressourcearealer. Sammenvejning af disse effekter til en samlet funktion, der udtrykker sammenhængen mellem vandindvinding og effekt indenfor et ressourceareal.

Trin 2: Effekterne af forskellige vandindvindingsplaner i planlægningsenheden opgøres og de bedste planer udvælges som dem, hvor de samlede effekter er mindst.

I det følgende beskrives elementerne i trin 1 og 2 i multikriteriemodellen.

2.2 Trin 1

2.2.1 Kriterier og effekter

De kriterier, der er udvalgt til værdimålingen af ressourceområderne er følgende:

- Indvinding og behandling af grundvand.
- Beskyttelse af grundvand mod forurening fra punktkilder.
- Beskyttelse af grundvandet mod forurening fra fladekilder.
- Konsekvenser af grundvandsindvindingen for områdets naturherlighed.
- Vandforsyning til andre ressourcearealer.

For hvert af ovenstående kriterier bestemmes den effekt, der er forbundet med udnyttelsen af grundvandet indenfor et specifikt ressourceområde.

De udvalgte kriterier, som kort beskrives nedenfor, er mere udførligt behandlet i fem baggrundsnotater (Bilag B til F) både med hensyn til de generelle principper og med anvendelse af Als som eksempel.

Indvinding og behandling

Her beskrives de direkte omkostninger (investering og drift) ved at indvinde og behandle vandet fra et givet ressourceareal. Omkostningerne afhænger bl.a. af den naturlige grundvandskvalitet (eller grundvandskvaliteten på opgørelsestidspunktet) samt af reservoiregenskaberne (boringsdybder, indvindingsdybde).

Omkostningerne til etablering og drift af vandforsyningsnettet medtages ikke, idet de under alle omstændigheder skal afholdes, og derfor bør de ikke påvirke prioriteringen af grundvandsudnyttelsen i de forskellige ressourcearealer.

Effekterne ved indvinding og behandling måles i kr./m³. Faste omkostninger afskrives (annualiseres) over anlæggets levetid. Omkostningerne bør fastlægges ud fra vurderinger af omkostningerne ved etablering af boringer med dagens mest effektive teknologi og omkostningsforskelle mellem områder bør kun skyldes reservoirdybde, -hydrauliske egenskaber og grundvandets kvalitet.

Punktkilder

Her beskrives effekterne ved at afværge grundvandsforureningen fra *punktkilder*, d.v.s. affaldsdepoter o.lign. trusler mod grundvandskvaliteten, der ligger indenfor ressourcearealet. Effekterne afhænger bl.a. af områdets beskyttelse (dæklagstykkelse, magasin type - evt. målt ved et beskyttelsesindex), punktkildernes art, størrelse og beliggenhed (baggrundsnotat C).

Effekterne opgøres efter en skala for hvor skadelige punktkilderne skønnes at være for grundvandet, samt af kildens størrelse har udtrykt ved arealet. Hermed er der både taget højde for, hvor sandsynligt det er, at en oprens-

ning effektueres og for de økonomiske belastninger forbundet med en oprensning.

Fladekilder

Her beskrives effekterne ved restriktioner i forhold til *fladebelastninger*. Effekterne afhænger bl.a. af grundvandsreservoirernes beskyttelse (dækklagstykkelse, magasintype - evt. målt ved et beskyttelsesindex).

Fladekildebelastningen måles som funktion af den arealmæssige udbredelse og nitratnedsivningen. Det sker ud fra et indeks som tager højde for geologiske og hydrogeologiske forhold og et skøn over kvælstofudvaskningen.

Pesticidproblematikken er ikke medtaget, da det ikke er klarlagt, hvordan sårbarheden er overfor pesticider. Det kan indarbejdes, når denne viden foreligger.

Naturherligheder

Her beskrives effekterne på ressourcearealets vådområder og vandløb af at udnytte grundvandsressourcen mere eller mindre. Konsekvenserne for naturherlighederne afhænger dels af hvor meget vand, der pumpes op fra en given ressource, dels af det liv og de værdier, der er forbundet med naturområdet (målt ved recipientkvaliteten).

Et effektmål baseret på opgørelse af ressourcearealernes totale naturressource er opstillet. Det er kun i en form, hvor reduktionen af vandløbsafstrømningen medtages.

Oplysninger fås fra amtets vandføringsmålestationer og hydrogeologisk kortlægning.

Eksport af vand

Her beskrives omkostninger ved at dække efterspørgslen efter vand uden for ressourcearealet, idet det antages at distributionsomkostningerne inden for et ressourceareal ikke påvirker prioriteringen.

Effekter måles i kr., som et estimat af ledningsomkostninger baseret på afstanden fra midtpunktet af det største vandværk i et ressourceareal til et forbrugscenter i et andet ressourceareal.

Oplysninger fås fra ressourcekortlægningen og de kommunale vandforsyningsplaner.

2.2.2 Transformation af effekter

Transformationen af de opstillede effekter indebære to elementer:

- effekterne omsættes til en scale fra 0 til 100
- skalaerne for de enkelte kriterier vurderes og justeres i forhold til hinanden

Målingen af alle kriterier på en scala fra 0 til 100 sikrer, som tidligere nævnt, at sammenvejningen bliver mere gennemskuelig. Samtidigt indebærer det forhold, at flere af kriterierne enten direkte eller indirekte byg-

ger på omkostningsopgørelser målt i monetære størrelser, at disse kriterier bør justeres således, at 1 kr. for et kriterie har samme skalaværdi som 1 kr. ved et andet kriterie.

For punkt- og fladekilder er en sådan transformation relevant, idet en stor effekt for disse kriterier svarer til at der må afholdes væsentlige omkostninger. For indvindingsomkostninger og omkostninger ved eksport af vand er der tale om måling i kroner og ører, og derfor er en transformation nødvendig.

Justeringen af skalaerne for punkt- og fladekilder sker ved at vurdere størrelsesordenen for afværge- eller oprensningssomkostningerne. Hvis f.eks. afværgeomkostningerne for punktkilderne vurderes at kunne antage en værdi, der svarer til halvdelen af indvindingsomkostningerne justeres skalaen for punktkilder således, at den højeste værdi bliver 50. En sådan justering foretages ved at sammenligne skøn over den højeste værdi omkostningerne kan antage, dvs. i eksemplet vurderes den højeste værdi for afværgeomkostning og den højeste værdi for indvindingsomkostninger.

2.2.3 Kriterie, vægte og strategivalg

Vægte

De enkelte kriterier tillægges en vægt afhængig af, hvor stor betydning beslutningstageren tillægger det enkelte kriterium. Summen af vægtene skal være 1.

Strategivalg

For at undersøge betydningen af de vægte, der tillægges de forskellige kriterier foretages en række følsomhedsanalyser af kriterievægtene. I denne sammenhæng defineres en række alternative *strategier*, som hver især er udtryk for en bestemt vægtning af de enkelte effekter. For eksempel kan man analysere følgende alternative strategier:

Alternativ 1: B	Basis strategi
Alternativ 2: C	Økonomi strategi
Alternativ 3: M	Afværgestrategi
Alternativ 4: L	Lokalpolitisk strategi
Alternativ 5: N	Naturstrategi
Alternativ 6: CL	Økonomi og lokalpolitisk strategi
Alternativ 7: MN	Afværge- og Naturstrategi.

Et forslag til vægtningen af de enkelte kriterier for hver strategi er vist i tabel 2.1.

Table 2.1: Vægt profiler under alternative strategier mht. vandindvinding

Kriterier	Strategi						
	B	C	M	L	N	CL	MN
1. Omkostninger ved indvinding og behandling af vand	20%	100%				50%	
2. Omkostninger til beskyttelse af grundvandet mod forurening fra punktkilder	20%		50%				35%
3. Omkostninger til beskyttelse af grundvandet mod forurening fra fladekilder	20%		50%				35%
4. Konsekvenser af grundvandsindvindingen på områdets naturherligheder	20%				100%		30%
5. Omkostninger ved vandforsyning til andre ressourceområder	20%			100%		50%	
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Strategi B er basis strategien, hvor beslutningstageren tillægger alle kriterier den samme vægt, nemlig 20%.

Strategierne C, M, L og N er såkaldt "rene" strategier, dvs. de repræsenterer bestemte interesser, og giver beslutningstageren en ide om "yderpunkterne". Således er strategi C (økonomistrategien) udtryk for, at beslutningstageren ønsker at finde den vandindvindingsplan, der minimere de direkte indvindingsomkostninger for hele planlægningsområdet uden hensyntagen til de andre effekter.

Strategi M er afværgestrategien, der minimerer omkostningerne til beskyttelse af grundvandet mod forurening fra punkt- og fladekilder, dvs. der sættes på at hente vand fra ressourceområder, hvor effekten fra punkt- og flade kilder er mindst.

Strategi L er givet betegnelsen den lokalpolitiske strategi, fordi 100% vægt på omkostningerne ved vandforsyning til andre områder betyder, at modellen vælger den vandindvindingsplan, der minimerer omkostningerne til forsyning af andre områder, og dermed søges vandefterspørgslen først og fremmest dækket via den lokale vandforsyning. Kun i det omfang, der er mangel på vand inden for et ressourceareal, vil der blive hentet vand fra andre områder.

Under strategi N, naturstrategien, interesserer beslutningstageren sig kun for naturherlighederne, dvs. konsekvenserne af grundvandsindvindingen for planlægningsenhedens naturområder minimeres, uanset hvad denne strategi måtte have af effekter på de andre kriterier.

Endelig er strategierne CL og MN "halvrene", CL er en bredere økonomi/politik strategi, mens MN er hvad man kunne kalde en bredere grøn strategi.

2.3 Trin 2.

Beskrivelsen indtil nu har drejet sig om selve multikriteriedelen af den samlede model, d.v.s. beskrivelsen har omhandlet:

- udvælgelse og definition af kriterier
- fastlæggelse af kriterievægt og strategier

Multikriteriermodeller anvendes normalt til prioritering mellem forskellige alternativer. Når det her drejer sig om fastlæggelse af strategier for den fremtidige vandforsyning, er fastlæggelse af de alternativer som skal bedømmes i multikriteriemodellen mere kompliseret. Det man ønsker at prioritere imellem, er de enkelte vandindvindingsområder. Men disse områder er ikke egentlige alternativer. Alternativerne er forskellige kombinationer af indvinding fra de enkelte ressourcearealer indenfor den overordnede planlægningsenhed, fx. et amt. Udgangspunktet for analysen vil derfor være vandindvindingsplaner, hvor en sådan plan indeholder en angivelse af:

- udnyttelsen af de enkelte ressourcearealer og
- eksport/import mellem ressourcearealerne.

Ved at beregne den samlede omkostning/miljøeffekt for de alternative vandindvindingsplaner ved brug af multikriteriemodellen, får man identificeret den plan, der giver de laveste omkostninger. Da en sådan angiver vandindvindingen fra ressourcearealerne får man dermed identificeret de vigtigste ressourcearealer.

2.3.1 Definition af vandindvindingsplan

En forudsætning for anvendelsen af en omkostnings/miljøeffektanalyse i prioriteringen mellem indvindingsområderne, er, at man får defineret de rigtige vandindvindingsplaner. Der er to principper for definitionen af vandindvindingsplanerne:

- "manuel" definition af en række alternativer (Trin 2A), eller
- optimering, hvor alle kombinationer af ressourceområderne undersøges ved brug af et edb program (Trin 2B).

Den "manuelle" definition af et begrænset antal specificerede alternativer, er det princip der vil blive beskrevet i det følgende. Principperne i optimeringsmodellen og fordelene ved at anvende en sådan modeltilgang vil blive beskrevet til sidst. Valget af den simple model er betinget af et ønske om en multikriterie model, der direkte kan implementeres i de relevante enheder for planlægning af vandforsyningen.

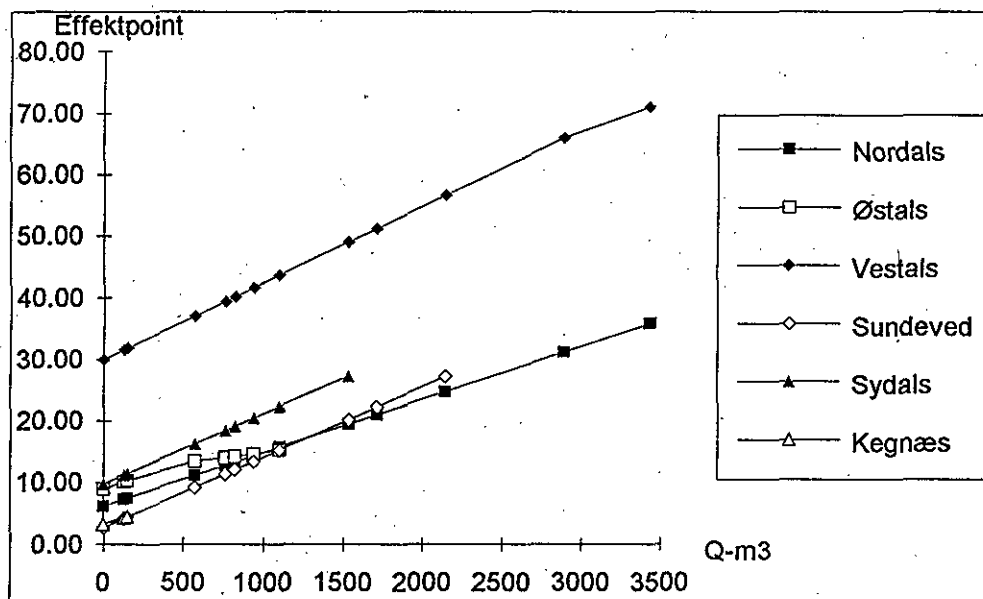
2.3.2 Definition af vandindvindingsplaner (Trin 2A)

Det kritiske punkt ved trin 2A-princippet er den "manuelle" definition af de alternative vandindvindingsplaner. I princippet er der et meget stort antal mulige planer, som vil kunne tilfredsstille vandefterspørgslen i planlægningsområdet. I praksis er det derfor nødvendigt at få udvalgt de mest relevante vandindvindingsplaner.

Der kan ikke angives nogen fast procedure for, hvorledes man skal definere det rigtige antal vandindvindingsplaner. Givet en bestemt politikstrategi, dvs. en bestemt vægtning af de fem kriterier, vil der være en kombination af forskellige udnyttelsesgrader for ressourcearealerne, som giver den mindste effekt/omkostning. (Eventuelt er der flere planer, der kan nå det samme resultat). Når vandindvindingsplanerne skal defineres, gælder det om at komme så tæt på denne "optimale" vandplan som muligt. Følgende retningslinier vil typisk kunne hjælpe med til at få defineret de rigtige vandindvindingsplaner:

- Udgangspunktet tages i dagens situation,
- Dernæst identificeres de billigste ressourcearealer.
- Alternative vandplaner dannes ud fra dagens situation ved at øge udnyttelsen i de billige områder og mindske den i de dyre.
- Eventuelt gennemføres dette iterativt, således at man ved at analysere omkostninger/effekter ved de først definerede planer, kan bevæge sig mod en mere optimal vandindvindingsplan.

En væsentlig hjælp til identifikationen af relevante vandplaner er at opstille omkostning/effekt funktioner for de enkelte ressourcearealer. På figur 1 nedenfor er sådanne funktioner illustreret grafisk. Figuren viser forholdene for 6 ressourcearealer på Als. Effektsummen er beregnet som den sammenvejede sum af de fire kriterier, der kan beregnes uafhængigt af en specificeret vandindvindingsplan (vandbehandlingsomkostninger, omkostninger ved punkt- og fladekilder samt værdien af naturherligheder). Omkostningerne til transport af vand kan først beregnes, når en vandindvindingsplan er defineret.



Figur 1: Sammenvejlet omkostning- og effektsum for resourcearealer.

Figuren illustrerer, hvorledes sammenhængen mellem den indvundne vandmængde og samlede omkostninger kan variere betydeligt mellem de enkelte resourcearealer. Der er dels forskel på størrelsen af de enkelte resourceområder, illustreret ved kurvernes længde, der er forskel på størrelsen af de "faste" omkostninger, dvs. de omkostninger/effekter som optræder, så længe man opretholder eller påbegynder en udnyttelse af et område, hvilket er illustreret ved at kurverne har en værdi større end 0 for $Q > 0$. Endelig er der også variation i de marginale indvindingsomkostning, dvs, hvormed det "koster" at indvinde en ekstra m^3 vand, illustreret ved hældningen på kurverne.

Med udgangspunkt i det eksempel, der illustreres på figur 1, kan man se at et resourceareal skiller sig ud ved at være dyrere end de resterende arealer (Nordals). Det vil f.eks. derfor være oplagt at definere en vandindvindingsplan, hvor dette areal ikke udnyttes. Dog er det vigtigt at være opmærksom på, at man ikke nødvendigvis får den omkostnings/effektminimerende vandindvinding ved at udnytte de billigste resourcearealer. Ved at indvinde meget fra et "dyrt" område kan man måske undgå indvinding fra flere mindre resourcearealer, og da man derved sparer de mængdeafhængige omkostninger kan dette være den omkostningsminimerende løsning.

Man vil derfor skulle opstille vandindvindingsplaner, der er meget forskellige således, at man får beskrevet "yderpunkterne" i forhold til den gennemsnitlige udnyttelse af alle resourcearealer, der ofte er den aktuelle situation.

Udvælgelsen af de relevante planer kan også ske i en iterativ proces, hvor man i hvert trin får udvalgt de mest relevante vandindvindingsplaner og således nærmer sig den "optimale" plan.

2.3.3 Analyse af effektberegninger

Når en række alternative vandindvindingsplaner er defineret skal de analyseres ud fra multikriteriemodellen. Der sker ved, for hver vandplan, at beregne de sammenvejede effekter for alle ressourcearealerne. Man får således en total effektværdi (E) for hver plan og for hvert valg af kriterievægte. Man kan derfor opstille en tabel som sammenfatter disse beregningsresultater (tabel 2.2).

Tabel 2.2: Sammenvejede effekter (E) for alternative vandindvindingsplaner (VP) ved forskellige vægtningsstrategier (B-MN).

Vandindvindingsplan	Strategi						
	B	C	M	L	N	CL	MN
VP ₁	E^B_1						
VP ₂	E^B_2	E^C_2					
VP ₃	E^B_3		E^M_3				
VP ₄	E^B_4			E^L_4			
VP ₅	E^B_5				E^N_5		
VP ₆	E^B_6					E^{CL}_6	
VP ₇	E^B_7						E^{MN}_7

Analysen af vandindvindingsplanerne har til formål at vurdere hvilke ressourcearealer, der skal udnyttes og i hvilken grad, hvis målet er at de samlede effekter bliver mindst mulige. Der er ikke nogen mekanisk metode til at gennemføre denne analyse. Analysen vil med fordel kunne gennemføres på følgende måde:

For hver strategi, B,C,M,L ...MN, vil én af vandindvindingsplanerne være den bedste, målt som den med færrest effektpoint. Da prioriteringsenheden er det enkelte ressourceområde skal man derfor analysere de vandplaner, der her identificeres som de billigste. Denne analyse skal tage sigte på at vurdere udnyttelsesomfanget for de enkelte ressourcearealer.

Det endelige resultat af multikriteriemodellen vil kunne angives i en tabel, der viser vandindvindingen fra de enkelte ressourcearealer for hver strategi, når vandindvindingen er fastlagt således, at de samlede vægtede omkostninger/effekter er mindst mulige. En sådan tabel er skitseret nedenfor (tabel 2.3).

Hvis f.eks. VP₁ er den vandplan med lavest effektpoint (E^B_1) i basisstrategien B (tabel 2.2) overføres vandplanen til tabel 2.3 under søjle B. Her angives for hvert ressourceareal den vandindvinding som VP₁ foreskriver,

dvs. der angives udnyttelsesgraden Q_{udnyt} . Udnyttelsesgraden er defineret om forholdet mellem den aktuelle eller foreskrevne indvinding og den maksimalt mulige indvinding (se iøvrigt afs. A5).

Tabel 2.3: Udnyttelses grad for ressourcearealer ved forskellige vægtningsstrategier.

Ressource-areal	Strategi						
	B	C	M	L	N	CL	MN
RA ₁	Q_{udnyt}^1						
RA ₂	Q_{udnyt}^2						
RA ₃	Q_{udnyt}^3						
RA _j	Q_{udnyt}^j						

Det primære formål, at prioritere mellem ressourcearealerne, sker ved at identificere de ressourcearealer, der tilskrives en høj udnyttelsesgrad uafhængigt af strategien. Idet disse ressourcearealer kan tilskrives en høj udnyttelsesgrad, hvad enten indvindingsomkostninger, fladebelastning m.v. prioriteres højt, må de vurderes som de mest værdifulde.

Tegner der sig ikke i første omgang et sådant mønster vil det være naturligt at gå tilbage til resultaterne illustreret i tabel 2.

For hver vægtningsstrategi kan man rangordne de udvalgte vandindvindingsplaner. Derved kan man analysere vandindvindingsplanerne med henblik på at vurdere om der er et begrænset antal planer, der uanset strategi, rangordnes højt. Man bør også her se på forskellene i effektpoint mellem de enkelte planer. Hvis denne forskel er meget lille indikerer det at valget af indvindingsplan ikke afgørende kan påvirke de samlede effekter, dvs. der er ikke stor forskel på "værdien" af de enkelte ressourcearealer.

Viser analysen fortsat en meget stor forskel på udnyttelsen af ressourcearealerne som funktion af kriterievægtene, vil valget af vægtning være afgørende for resultatet. Der må altså en omhyggelig afvejning af de enkelte kriterier mod hinanden til før man kan fastlægge den rigtige udnyttelse af de enkelte ressourcearealer.

Udover at analysere konsekvenserne af forskellige vægtninger af de udvalgte kriterier, vil det være relevant at undersøge resultaternes følsomhed overfor:

- ændringer i vandefterspørgslen
- ændrede omkostnings/effekt forudsætninger

I tilfældet med en stigende vandefterspørgsel kan der tænkes væsentlige ændringer i resultaterne. Hvis den omkostningsmæssigt bedste vandindvindingsplan medfører en meget høj udnyttelse af nogle få områder, vil en

stigning i vandefterspørgslen kun kunne opfyldes med indvinding fra andre områder.

Med hensyn til usikkerhed om centrale omkostningsforudsætninger gælder, at en del af denne usikkerhed vurderes indirekte gennem de alternative strategier, idet en øget vægt på et kriterie svarer til, at omkostningerne/effekten for dette kriterie øges. Den type af omkostningsforudsætninger, som bør undersøges nærmere er derfor de forudsætninger, der påvirker de enkelte ressourcearealer forskelligt, dvs. de inputparametre der vurderes at være mest usikre, f.eks. omfanget af punktkildebelastninger.

2.4 Optimering af vandindvindingsplaner - Trin 2B.

Ovenfor er beskrevet hvorledes prioriteringen mellem de enkelte ressourcearealer kan ske på baggrund af "manuelt" definerede vandindvindingsplaner. Prioriteringen kan dog også foregå ved, at der opbygges en optimeringsmodel, hvor den optimale (omkostnings/effektminimerende) vandindvindingsplan bestemmes.

Optimeringsmodellen indholder en effektfunktion, som er det udtryk man ønsker at minimere. Denne funktion har to typer af beslutningsvariable, dvs. parametre som varieres indtil den mindste omkostning er fundet. Beslutningsvariablene er $Q_{\text{indvundet}}$, dvs. hvor meget vand der indvindes fra et givet ressourceareal og en variabel, der beskriver hvordan en eventuel eksport af vand fra et område skal fordeles. Effektfunktionen angiver for ethvert valg af beslutningsvariable hvad størrelsen af de fem effektkriterier er, når disse sammenvejes. Optimeringsmodellen giver således den optimale vandindvindingsplan for en given politikstrategi.

Udover beslutningsvariablene indeholder optimeringsmodellen en række bibetingelser, som skal opfyldes. Det er dels at vandefterspørgslen skal tilfredsstilles og dels at man højst må indvinde en bestemt vandmængde Q_{max} .

Fordelen ved at anvende en optimeringsmodel er, at man får vurderet alle tænkelige indvindingsplaner. Hvis antallet af ressourceområder er stort, vil det være vanskeligt at overskue alle muligheder for udformning af en vandindvindingsplan. Hvis man derfor skal definere så mange alternativer, at man får dækket alle muligheder af, vil det kræve et stort "manuelt" beregningsarbejde. En edb baseret optimeringsmodel er kun ressourcekrævende i programmeringsfasen. Er modellen først etableret vil det være forholdsvis enkelt at anvende den på analyse af andre ressourcearealer. Modellen har yderligere den fordel, at når først input til model er etableret, er det simpelt at lave yderligere beregninger og teste forudsætninger, mens der er et betydeligt beregningsarbejde forbundet med at følge princippet i Trin 2A.

3 Case studie: Als

3.1 Indledning

Formålet med dette kapitel er med udgangspunkt i forholdene på Als at beskrive, hvorledes den opstillede model for prioritering mellem vandindvindingsområder anvendes.

Hovedelementerne i modellen er at følge trin 1 og trin 2A, som beskrevet i kapitel 2. Det kan kort opsummeres til følgende:

- Trin 1:
 - Inddeling af planlægningsområdet i en række ressourcearealer.
 - Bestemmelse af effekterne for fem kriterier for hvert ressourceareal (vand-, indvindings- og behandlingsomkostninger, effekter ved punkt- og fladekilde-belastning, naturværdier og omkostninger ved import/eksport af vand.)
 - For hver strategi foretages en sammenvejning af effekterne til en effektfunktion (hvor effekten bliver en funktion af den indvundne vandmængde $Q_{\text{indvundet}}$). Der er dog kun for de fire første kriterier, at det er muligt at lave denne sammenvejning for det enkelte ressourceområde uafhængigt af de andre områder.

- Trin 2A:
 - Opstilling af en række vandindvindingsplaner med udgangspunkt i den vurdering af ressourcearealerne, der finder sted ved at sammenveje de fire kriterier. Vandindvindingsplanen beskriver, hvormeget vand, der skal indvindes i hvert ressourceareal, og hvorledes vandet skal transporteres mellem ressourcearealerne.
 - For hver indvindingsplan beregnes den samlede effekt ved at sammenveje de fem parametre for alle ressourcearealerne.
 - Derefter sammenlignes vandindvindingsplanerne med henblik på at vurdere hvilke ressourcearealer, der skal udnyttes mest og som derfor er de mest værdifulde.

I baggrundsnotaterne A til E er der redegjort for, hvorledes de fem kriterier er definerede og hvorledes de måles.

3.2 Trin 1

3.2.1 Opdeling af Als i ressourcearealer

Kriteriet for prioritering af indvindingsområder er de såkaldte ressourcearealer. Et ressourceareal er et grundvandsopland, hvis udbredelse såvidt mulig er bestemt af de fysiske forhold, dvs. afgrænset af regionale grundvandsskel, vandløb og eller kystlinier. Et ressourceareal vil således typisk omfatte både udnyttede og uudnyttede dele af et primært reservoir, og det ligger også i definitionen på arealet, at det kan indeholde flere indvindinger fra samme magasin.

Definitionen af ressourcearealer sker på baggrund af kendskabet til det pågældende område. Der kan ikke angives en simpel metode for inddelingen i ressourcearealer. En detaljeret opdeling i mange områder kan være en fordel. På den måde får man mulighed for at fravælge områder, hvor der er specielle problemer fx. flade eller punktkildeforurening.

På grundlag af grundvandsskel, vandløb og kystlinier er Als inddelt i 6 ressourcearealer (benævnt med indeks j i det følgende):

1. Nordals
2. Østals
3. Vestals
4. Sundeved
5. Sydals
6. Kegsnæs

dvs. $j=1, \dots, 6$.

For flere af disse ressourcearealer ville en yderligere opdeling være mulig. Derved kunne specielt belastede områder, fx i Vestals, fravælges i den fremtidige vandforsyning.

Ved beregningen af effekten af en given vandindvinding i et ressourceareal anvendes en række parametre. Det drejer sig om:

- $Q_{\text{nuværende}}$: den nuværende vandindvinding
- Q_{max} : den maksimale vandindvinding
- $Q_{\text{efterspørgsel}}$: efterspørgslen efter vand i området
- Vandindvindingsomkostninger
- Punktkildebelastning:
 - areal med punktkilder
 - områdets beskyttelse overfor nedsivning fra punktkilder
- Fladekildebelastning
 - områdets beskyttelse overfor nedsivning fra fladekilder
 - kvælstofudvaskning
 - landbrugsareal
- Naturherligheder
 - naturlig vandføring

- vandindindingens påvirkning af vandføringen
- indvindingsområdets areal

Nedenfor beskrives beregningen af værdierne for de fem effektkriterier. Princippet i beregningerne er at beregne en effektscore, som er en funktion af en række parametre. Denne score transformeres til en scala fra 0 til 100 ved at sætte den maksimale scoreværdi lig med 100 og beregne de øvrige ressourcearealers scoreværdi ud fra dette.

Efterfølgende skal der for de kriterier, hvor en omkostningsvurdering er mulig, laves en yderligere transformation eller justering af skalaerne, således at et point svarer til samme kr.værdi for alle disse kriterier (se afs. 3.2.8).

3.2.2 Vandmængder mv.

For hvert ressourceareal er angivet den maksimale mængde vand, Q_{max} , der kan indvindes uden at overskride grundvandsdannelsen og uden at forringe vandkvaliteten som følge af saltvandsindtrængning, sulfatudvaskning og optrængning af brunt vand.

Den nuværende efterspørgsel efter vand, fordelt på ressourcearealerne, er bestemt som: Den nuværende indvinding + import af vand fra andre områder - eksport af vand til andre områder.

Tabel 3.1 Vandefterspørgsel, nuværende indvinding (1992) og maksimal vandindvinding i m³.

	$Q_{efterspørgsel}$	$Q_{nuværende}$	Q_{max}
1. Nordals	1.710.000	1.710.000	3.440.000
2. Østals	570.000	570.000	1.100.000
3. Vestals	2.890.000	2.590.000	3.435.000
4. Sundeved	820.000	1.120.000	2.145.000
5. Sydals	940.000	940.000	1.535.000
6. Kegnæs	130.000	130.000	150.000

Tabel 3.1 viser, at der i dag på Als kun sker en mindre udveksling af vand. Det drejer sig om en eksport fra Sundeved til Vestals på ca. 300.000 m³ pr. år. Udnyttelsesgraden ($Q_{nuværende}/Q_{max} \times 100$) ligger omkring de 50% i de fleste af områderne på nær Vestals (75%) og Kegnæs (85%).

3.2.3 Indvindingsomkostninger

Omkostningerne tilknyttet indvinding og behandling af vand er i modellen kun udspecificeret i vandbehandlingsomkostninger. Disse er angivet i kr/m³ og dækker netop omkostningerne ved behandling af indvundet vand.

De fire vandbehandlingsmetoder er kategoriseret som almindelig, udvidet, avanceret og kompliceret, jfr. tabel B.5.

Omkostningerne ved den egentlige distribution af vand er ikke med, fordi den er bestemt af efterspørgslen og uafhængig af, hvor indvindingen sker. Omkostningen ved transport fra andre ressourcearealer er med som et selvstændigt kriterie. Den eneste omkostningstype, der yderligere skal vurderes, er selve boreomkostningen. Er der væsentlig forskel på de enkelte områder pga. hydrogeologiske forhold bør denne omkostningstype medtages, hvilket ikke skønnes at være tilfældet på Als.

Priserne på vandbehandling i de forskellige ressourceområder er vist i tabel 3.2. De maksimale vandbehandlingsomkostninger for hvert ressourceareal er bestemt som: Vandpris * Q_{max} . Transformationen af de maksimale vandbehandlingsomkostninger til en skala fra 1 - 100, er angivet som de "Transformerede" vandomkostninger. Den højeste score er sat til 100 (Vestals) og de øvrige scorer er beregnet ud fra dette.

Tabel 3.2 Vandbehandlingsomkostninger i kr/m³.

	Vandpris kr/m ³	Maksimale værdi(kr)	"Transformeret" vandomkostning
1. Nordals	0,50	1.720.000	48
2. Østals	0,50	550.000	15
3. Vestals	1,05	3.606.750	100
4. Sundeved	0,90	1.930.500	54
5. Sydals	0,90	1.381.500	38
6. Kegnæs	0,50	75.000	2

Tabellen viser, at der med de gjorte antagelser om grundvandskvaliteten er betydelig forskel mellem de seks ressourcearealer. Specielt bør den lave pris for Nordals bemærkes, idet der her er en betydeligt uudnyttet vandressource (se tabel 3.1).

Beregningen af antal effekt-point for et givet ressourceareal sker ved følgende udtryk:

$$\text{BEHAND} = \text{udnyttelsesgrad} * \text{transformeret vandomkostning},$$

dvs. hvis man vil udnytte 50% af vandindvindingspotentialet i Nordals bliver den værdi, der skal indgå i beregningen af den samlede omkostning for Nordals: $50\% * 48 = 24$.

3.2.4 Punktkilder

Omkostningerne ved at afværge grundvandsforurening fra punktkilder afhænger bl.a. af grundvandsreservoirets beskyttelse (dæklagstykkelse, magasintype, etc.) de steder hvor punktkilderne er beliggende. Omfanget

af punktkildebelastningen måles ved det areal, som punktkilderne skønnes at dække.

For hvert ressourceareal er punktkildescoren beregnet efter formlen:

Areal * Beskyttelsesindeks.

Transformeringen sker ved at sætte den højeste punktkildescore til 100 og omregne de øvrige derefter.

Tabel 3.3 Punktkildescore.

	Areal m ² af punkt- kilder	Beskyttel- ses- Indeks	Punktkilde score	"Transformeret" effektværdi
1. Nordals	285.500	1	285.800	27
2. Østals	151.000	2	302.000	28
3. Vestals	531.410	2	1.062.820	100
4. Sundeved	130.700	1	130.700	12
5. Sydals	132.200	2	264.400	25
6. Kegnæs	30.000	2	60.000	6

Punktkildebelastningen indgår som en effekt, der er uafhængig af den indvundne vandmængde $Q_{\text{indvundet}}$. Det betyder, at lige meget, hvormeget man indvinder fra fx. Nordals, vil punktkilder indgå med pointantallet 27 i de videre beregninger. Kun ved ikke at indvinde, dvs. $Q_{\text{indvundet}}$ lig nul, vil punktkildeskriteriet få effektværdien nul.

3.2.5 Fladekilder

Omkostninger til beskyttelse af grundvandet mod forurening fra fladekilder beregnes ved multiplikation af de 3 indeks:

Beskyttelsesindeks * kvælstofudvaskning * landbrugsareal.

Den fladekildescore man således får beregnet, udtrykker omfanget af nitratudvaskningen og risikoen for nedsivning.

For hvert ressourceområde er omkostningen angivet ved en fladekildescore og transformeret score. Den transformerede score er som for de øvrige kriterier beregnet ved at sætte den højeste score lig 100.

Tabel 3.4 Parametre til beregning af fladekildescore.

	Be- skyt- telse	Kvælstof udvaskning	Landbrugs- areal	Fladekilde score 10 ³ (effekt)	"Transfor- meret" effektvær- di
1. Nordals	1	62	7977	495	63
2. Østals	2	49	3368	330	42
3. Vestals	2	50	7413	791	100
4. Sundeved	1	54	3619	195	25
5. Sydals	2	56	5264	558	71
6. Kegnæs	2	63	1608	203	25

Ligesom for punktkilder er fladekilde-effekten Q-uafhængig, således at den optræder så snart man begynder at udnytte et indvindingsområde. I effektberegningerne for et ressourceareal antager fladekildekriteriet enten værdien nul ved $Q_{\text{indvundet}}$ lig nul, ellers har den en point-værdi svarende til den transformerede effektværdi illustreret i tabellen.

3.2.6 Naturherligheder

Ved indvinding af grundvand sker der en sænkning af grundvandsspejlet omkring indvindingsstedet, hvilket kan være årsag til en sænkning af vandstanden i søer, vådområder og vandløb. Det er primært i vandløb, at en formindsket vandføring har en effekt for naturen. Denne effekt afhænger af:

- VFNAT, der er basisvandføringen uden påvirkning fra vandindvinding og spildevandsudledning, altså den naturbetingede vandføring målt i mm. $VFNAT \cdot \text{Areal}$ (se nedenfor) udtrykker størrelsen af naturressourcen for et indvindingsareal.
- P, er en faktor, der angiver vandindvindingens påvirkning af basisvandføringen. Og derfor bliver $P \cdot Q_{\text{indvundet}}$ et udtryk for den reduktion i den naturmæssige vandføringsressource, som grundvandsindvindingen medfører.
- Arealet af ressourceområdet (Areal).

Naturherlighedseffekten beregnes ud fra den reduktion som vandindvindingen medfører for basisvandføringen:

$$\text{Reduktion} = (Q_{\text{indvundet}} \cdot P) / (VFNAT \cdot \text{Areal})$$

Hvis dette udtryk giver en værdi større end 1 sættes den til 1. Det svarer til at basisvandføringen er 0, dvs vandløbet er tørlagt i en periode af året.

Vandindvindingen kan muligvis øges yderligere, men det antages ikke at forøge natureffekterne.

Naturherlighedseffekten er ligesom de andre effektkriterier tilpasset en skala fra 0 til 100. I tabel 3.5 er parametrene VFNAT og P angivet for Als.

Tabel 3.5: Parametre for ressource på Als

Ressourcearealet	Medianminimum (VFNAT)		Påvirkningsgrad P
	l/s km ²	mm/år	
1	0,5	16	0,3
2	0,1	3	0,3
3	0,3	10	0,3
4	0,9	28	0,3
5	0,4	13	0,3
6	0,1	3	0,3

Effekten skal bestemmes ud fra den totale naturressource således at det ikke har samme effekt at udtørre et mindre ressourceareal som et stort ressourceareal.

Derfor beregnes den samlede naturressource (\approx basisvandføring) i hvert ressourceareal og i det ressourceareal, hvor naturressourcen er størst sættes effekten til 100.

Effekterne ved 100% reduktion fastsættes forholdsmæssigt hertil i de øvrige ressourcearealer, som vist i tabel 3.6.

Tabel 3.6 Beregning af normaliseret naturressource

Ressourceareal	Medianmin. mm/år	Areal km ²	Naturressourcer 10 ³ • m ³ /år	Transformeret effektværdi
1	16	90	1.440	100
2	3	45	135	10
3	10	100	1.000	67
4	28	45	1.260	90
5	13	60	780	53
6	3	15	45	3

Naturherlighedseffekten vil jvf. formlen ovenfor stige med $Q_{\text{indvundet}} \cdot P$ indtil denne værdi bliver lig med naturressourcen (VFNAT • Areal). Ved dette niveau af indvinding vil effektværdien være lig den værdi, der er

angivet i tabel 3.7 under "Maximal effektværdi". Da indvinding af dette omfang svarer til udtørring af området kan effekten ikke stige yderligere.

Tabel 3.7 Beregning af maksimal effekt

Ressour- ceareal	Q_{max} • 10^3 m ³ /år	P	Max. reduk- tion ($P \times Q_{max}$)	Max. reduk- tions%	Max. effekt
1	3.440	0,3	1.032	73	73
2	1.100	0,3	330	229	10
3	3.435	0,3	1.031	108	67
4	2.145	0,3	644	50	45
5	1.535	0,3	461	61	33
6	150	0,3	50	104	3

For Als gælder, at den højeste værdi der nås er 73, hvis der indvindes svarende til Q_{max} på Nordals. Pointscoren for effekten beregnes altså som:

$$\begin{aligned} \text{NATUR} &= (Q_{\text{indvundet}} * P) / (\text{VFNAT} * \text{Areal}) * \text{"Transformeret} \\ &\quad \text{effektværdi"} \text{ for } (Q_{\text{indvundet}} * P) < (\text{VFNAT} * \text{Areal}) \\ &= \text{"Transformeret effektværdi"}, \\ &\quad \text{for } (Q_{\text{indvundet}} * P) > (\text{VFNAT} * \text{Areal}). \end{aligned}$$

3.2.7 Ledningsføringsomkostninger

Omkostninger ved transport af vand mellem ressourceområderne er bestemt som ledningsomkostningen fra det største vandværk i det eksportierende ressourceareal til det største forbrugscenter i det importerende ressourceareal (tabel 3.8).

Tabel 3.8 Omkostninger ved vandforsyning mellem ressourcearealer i 1000 kr/år.

	Nordals	Østals	Vestals	Sundeved	Sydals	Kegnæs
1. Nordals		350	550	650	575	825
2. Østals	450		375	475	250	550
3. Vestals	450	175		300	225	475
4. Sundeved	850	575	200		575	825
5. Sydals	675	300	375	475		250
6. Kegnæs	850	475	550	650	225	

Omkostningen er bestemt ud fra omkostningerne ved etablering af en rørledning. Denne investeringsomkostning er annualiseret ved forudsætningerne: 50 års levetid og 5% realrente. Den skønnede omkostning er således på ca. 25.000 kr.pr.km.pr.år.

Tabel 3.9 Transformerede omkostninger ved vandforsyning mellem ressourcearealer.

	Nordals	Østals	Vestals	Sundeved	Sydals	Kegnæs
1. Nordals		10	15	18	10	23
2. Østals	13		10	13	7	15
3. Vestals	13	5		8	6	13
4. Sundeved	24	16	6		16	23
5. Sydals	19	8	10	13		7
6. Kegnæs	24	13	15	18	6	

Denne omkostning er i tabel 3.9 transformeret til skalaen fra 0 til 100 ved at sætte de beregnede omkostninger i forhold til vandindvindingsomkostningerne. Da begge typer af effekter måles direkte i kr. er transformationen sket efter samme princip, således at 1 kr. i transportomkostning svarer til samme antal point som 1. kr. i vandindvindingsomkostning.

Eksempel:

Jvf. tabel 3.2 svarer effektivværdien 100 til ca. 3,6 mill. kr. Omkostningen til transport mellem f.eks. Østals og Nordals er 450.000 kr., derfor bliver den transformerede omkostning $450.000/3.606.750 \times 100 = 13$.

3.2.8 Transformation af effektkriterier-scalaerne

Målingen af de fem effektkriterier forgår ved beregning af forskellige omkostnings- og scoreværdier, således som der er redegjort for ovenfor. For at sikre en ensartet vurdering og måling af de enkelte effekter er det nødvendigt, at omkostnings- og scoreværdierne bliver transformerede.

Denne transformation indebærer en ændring, som kan opdeles i to trin:

- transformation til en skala fra 0 til 100 for alle effektkriterier, og
- eventuelt en yderligere transformation eller justering af de enkelte skalaer i forhold til hinanden, hvis der er flere effekter, hvor det er muligt at lave en omkostningsvurdering.

Den første type af transformation er allerede med under beskrivelsen af hvert effektkriterie. Omkring den anden type af transformation skal der her kort redegøres for principperne bag denne yderligere justering af skalaerne.

Der er generelt foretaget en vurdering af omkostningsniveauet for de fire effekter, hvor det er muligt at lave et omkostningsskøn. Det drejer sig om indvindingsomkostninger, punkt- og fladekilder samt til transport af vand.

Indvinding og transport af vand er i sig selv målt i omkostninger. Punkt- og fladekilder er vurderet ud fra overordnede omkostningsskøn ved forebyggelse af grundvandsforurening. I tabellen nedenfor er angivet de omkostningsskøn, der svarer til den maksimale effektværdi indenfor hvert kriterie.

Tablet 3.10 Skøn for maksimale omkostninger.

Kriterie	Skøn over max. omkostning	Korrektion af scala	Højeste scalaværdi efter korrektion
Indvinding	3.600.000	Nej	100
Punktkilder	4.100.000	Nej	100
Fladekilder	720.000	Ja	20
Vand-transport	850.000	Ja	24

Punktkilder

Omkostningsskønnene for punktkilder bygger på en vurdering de forskellige typer af kilder (affaldsdeponier, lossepladser, tankstationer og industriområder) og erfaringstal fra en begrænset antal afværgeprojekter. Det er derfor stor usikkerhed om dette skøn. Da størrelsesordenen ikke afviger fra niveauet for indvindingsomkostningerne er scalaerne for disse to kriterier ikke ændret.

Fladekilder

For fladekilder bygger omkostningsskønnet på en kompensationsbetaling på 900 kr./ha ved omlægning til ekstensiv dyrkning samt et skøn over den nødvendige grad af omlægning. Også her er omkostningsskønnet behæftet med stor usikkerhed. Niveauet for disse omkostninger ligger imidlertid en del under de to første effektkriterier. Derfor er det valgt at justere effekt-scalaen for fladekilder, således at den maksimale værdi bliver 20 istedet for 100.

Transportomkostninger måles i kr. ligesom vandindvindingsomkostningerne. Derfor kan der umiddelbart ske en angivelse i effektpoint, hvor 1 kr. giver samme antal point for både vandtransport- og vandindvindingsomkostninger.

3.2.9 Sammenvejning af kriterier til en effektfunktion

Ovenfor er de enkelte ressourcearealer blevet beskrevet ud fra de fem effektkriterier. Det næste trin i beregningen er, at de transformerede effektværdier skal sammenvejes, således at man får en effektfunktion, der udtrykker den samlede effekt som funktion af den indvundne vandmængde for hvert ressourceareal. Først skal kriterievægtene fastlægges.

Valg af kriterievægte

De enkelte kriterier kan vægtes forskelligt alt efter, hvilke forhold man ønsker skal indgå i vurderingen af ressourcearealerne.

I kapitel 2 er der defineret 8 forskellige politik strategier. Hver strategi består af et sæt vægte for de fem effektkriterier. I tabellen nedenfor er angivet vægtprofiler for de forskellige politikstrategier.

Tabel 3.9: Vægtprofiler under alternative strategier mht. vandindvinding

Kriterier	Strategi (vægte i %)						
	B	C	M	L	N	CL	MN
1. Omkostninger ved indvinding og behandling af vand	20	100				50	
2. Omkostninger til beskyttelse af grundvandet mod forurening fra punktkilder	20		50				35
3. Omkostninger til beskyttelse af grundvandet mod forurening fra fladekilder	20		50				35
4. Konsekvenser af grundvandsindvindingen på områdets naturherligheder	20				100		30
5. Omkostninger ved vandforsyning til andre ressourceområder	20			100		50	
Total	100	100	100	100	100	100	100

- B: Basis strategi
 C: Økonomi strategi
 M: Afværgestrategi
 L: Lokalpolitisk strategi
 N: Naturstrategi
 CL: Økonomi og lokalpolitisk strategi
 MN: Afværge- og Naturstrategi.

Sammenvejning af kriterier

For hvert ressourceareal kan opskrives en funktion, der angiver den sammenvejede omkostningssum for området målt ved de transformerede effektpoint. Funktionsudtrykket ser ud som følger, idet de enkelte kriterier beregnes som angivet ovenfor:

$$\text{Sammenvejeteffekt} = \text{BEHAND} * \text{vægt} + \text{PUNKT} * \text{vægt} + \text{FLADE} * \text{vægt} + \text{NATUR} * \text{vægt}.$$

hvor:

$$\text{BEHAND} = Q_{\text{indvundet}} / Q_{\text{max}} * \text{"Transformeret vandomkostning"}$$

$$\text{PUNKT} = \text{"Transformeret effektværdi"}, \text{ for } Q_{\text{indvundet}} > 0, \text{ og} \\ = 0, \text{ for } Q_{\text{indvundet}} = 0$$

$$\text{FLADE} = (\text{"Transformeret effektværdi"}) * (1/5)^1, \text{ for } Q_{\text{indvundet}} > 0, \\ \text{ og } = 0, \text{ for } Q_{\text{indvundet}} = 0$$

$$\text{NATUR} = (Q_{\text{indvundet}} * P) / (VF\text{NAT} * \text{Areal}) * \text{"Transformeret} \\ \text{effektværdi"} \text{ for } (Q_{\text{indvundet}} * P) < (VF\text{NAT} * \text{Areal})$$

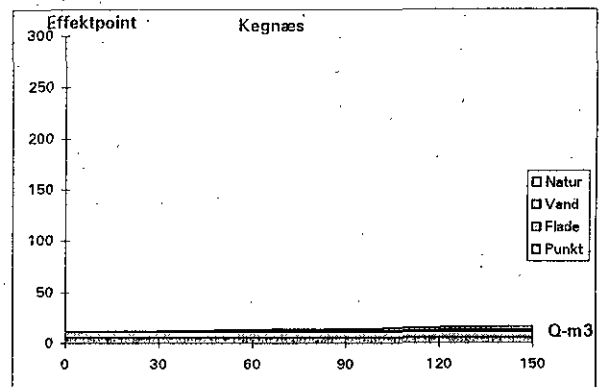
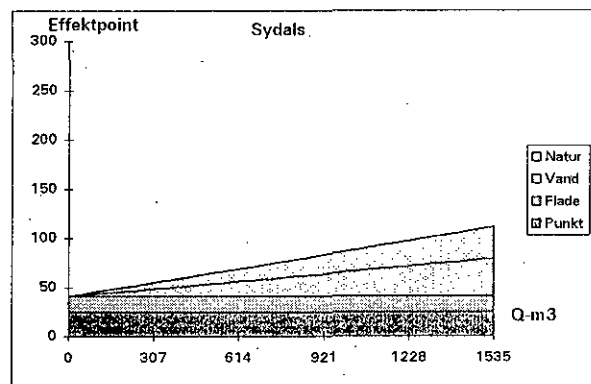
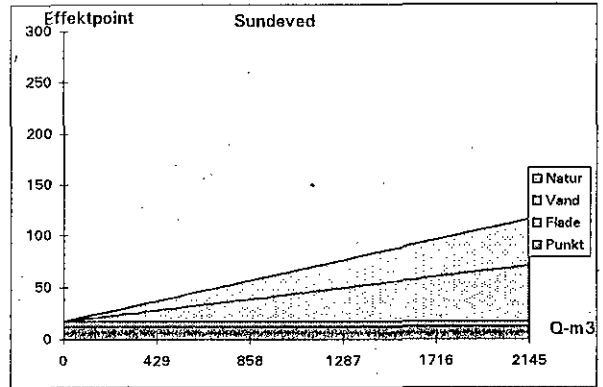
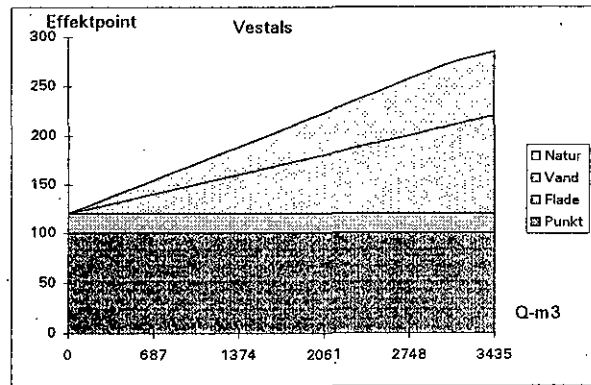
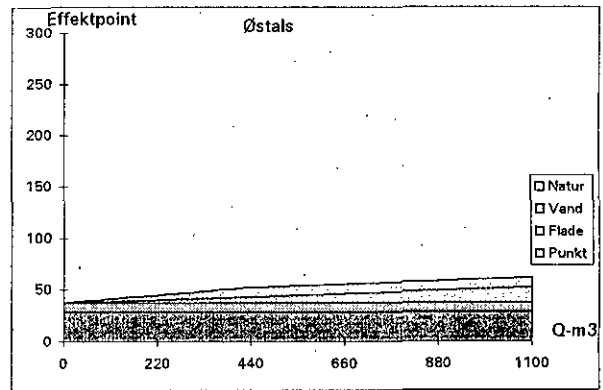
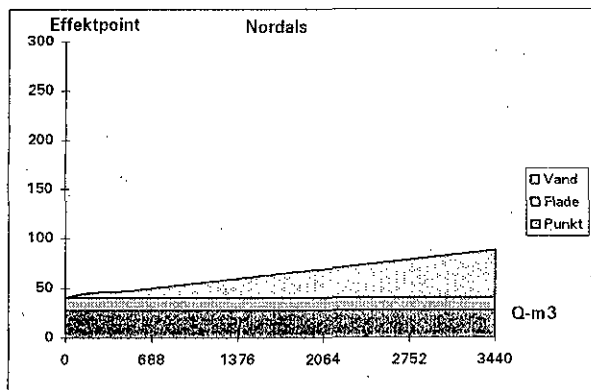
$$= \text{"Transformeret effektværdi"},$$
$$\text{for } (Q_{\text{indvundet}} * P) > (VF\text{NAT} * \text{Areal})$$

¹⁾ Korrektion af scala for fladekilder til max. værdi 20 jvf. overfor om transformation.

Omkostningen til eventuel eksport af vand kan først beregnes, når den samlede vandforsyning er fastlagt, og derfor er det kun de øvrige kriterier som kan indgå uafhængig af en specificeret vandplan.

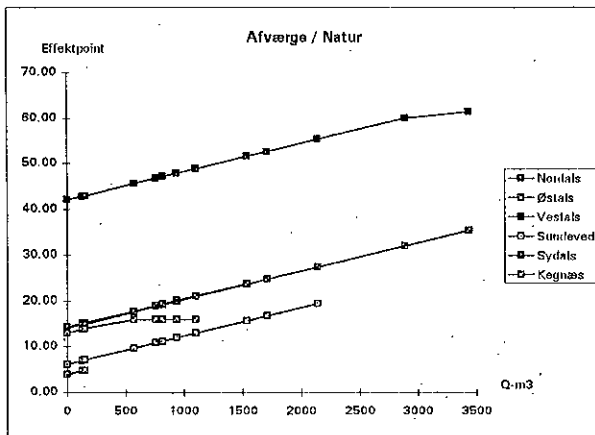
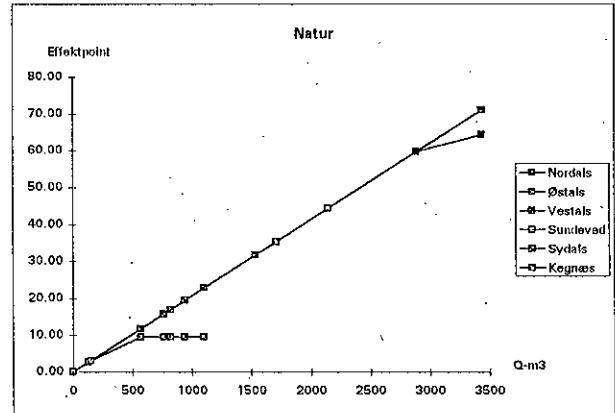
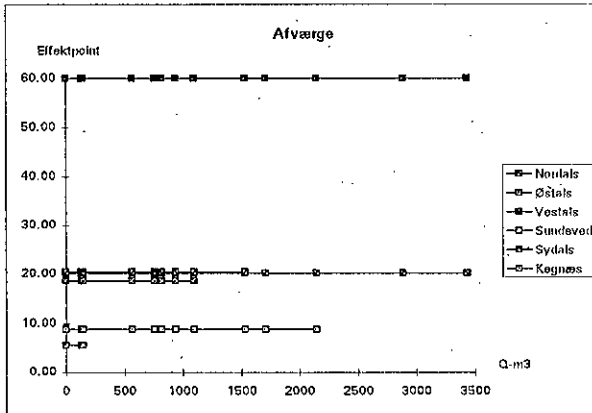
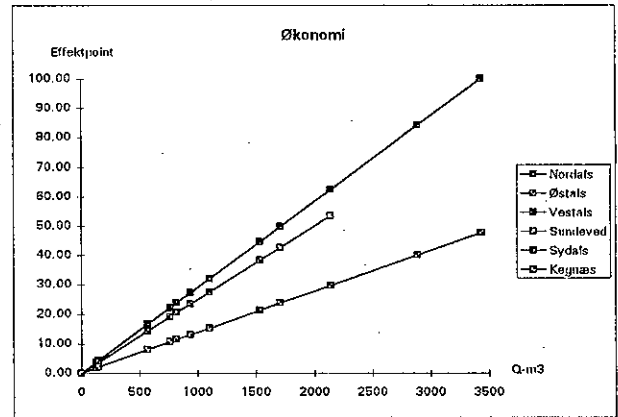
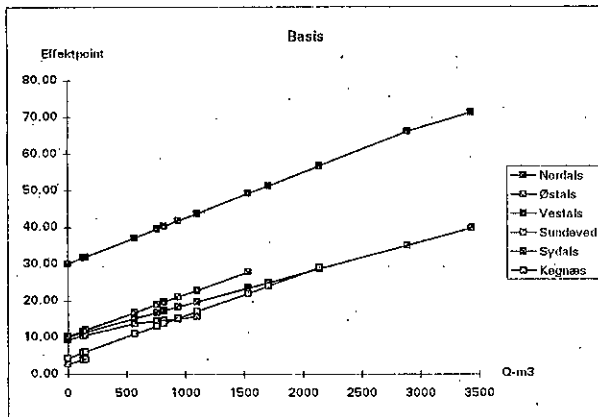
På grundlag af ovennævnte beregning kan den sammenvæjede sum af effektpoint som funktion af $Q_{\text{indvundet}}$ illustreres.

På figur 3.1 er således illustreret den samlede pointsum fordelt på de fire omkostnings- eller miljøkriterier for hvert af ressourcearealerne på Als. Figurerne er tegnet for en situation med ens vægte på alle fire kriterier, dvs. svarende til basisstrategien. Figurerne viser, at der er stor spredning med hensyn til effekternes størrelse mellem ressourcearealerne og imellem effekterne indbyrdes.



Figur 3.1: Effektfunktioner af vandindvinding for 6 ressourcearealer på Als (Vægtning: Basis).

Figur 3.2 viser den sammenvæjede pointsum for alle de seks ressourcearealer under fem af de opstillede politik strategier. Figuren illustrerer i tilfældet med basisstrategien, at Vestals er det dyreste, mens de øvrige ressourcearealer effektmæssigt ligger tæt opad hinanden.



Figur 3.2: Sammenvejede effektfunktioner for fem politik-strategier

3.3 Trin 2A

Trin 2A indeholder to elementer. Først skal den optimale vandplan bestemmes. Det er den vandindvindingsplan, som giver de mindste samlede effekter. Det andet element er analysen af vandplanerne med henblik på at identificere de mest værdifulde ressourcearealer.

3.3.1 Vandindvindingsplaner

Vurderingen af de enkelte ressourcearealer kan ikke gennemføres uden at tage udgangspunkt i en vandindvindingsplan. Det skyldes dels at to af kriterierne afhænger af $Q_{\text{indvundet}}$ og dels at vandføringsomkostninger naturligvis kun kan bestemmes, når eventuel transport af vand ved eksport er fastlagt.

En vandindvindingsplan defineres her som fastlæggelse af dels hvor meget vand, der skal indvindes fra de enkelte ressourcearealer og dels hvordan vandet skal transporteres rundt mellem indvindingsområder og forbrugsområder.

Bestemmelsen af den effektminimerende vandindvindingsplan indebærer, at der skal defineres en række alternative planer, med henblik på at komme så tæt på den optimale vandindvindingsplan som muligt. Det er vigtigt, at der defineres alternative vandindvindingsplaner, som er meget forskellige og som beskriver alle de relevante kombinationer af udnyttelse og ikke-udnyttelse af ressourceområder. Således som to af kriterierne, punkt- og fladekilder, er defineret, vil omkostningen være nul, hvis der ikke indvindes fra et givet område, mens omkostningen er konstant givet en udnyttelse. Det betyder generelt, at det gælder om at indvinde fra så få områder som muligt.

Nedenfor er defineret syv vandindvindingsplaner (tabel 3.10). Udgangspunktet har været dagens udnyttelse af de forskellige områder. Derefter er forskellige alternativer defineret, idet de er kendetegnet ved, at et eller flere områder ikke udnyttes samtidigt med at udnyttelsesgraden af de resterende ressourcearealer må øges, således at den samlede efterspørgsel tilfredsstilles. Den sammenvejede effektfunktion, illustreret på figur 3.2, kan hjælpe til at identificere de relevante vandindvindingsplaner.

Tabel 3.11 Nuværende udnyttelse, VP1. Alternative Vandindvindingsplaner: VP2-VP7 med angivelse af udnyttelsesgraden, Q_{udnyt} (x 100), for hvert ressourceareal.

Ressource areal	VP1 ¹	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7
Nordals	50	50	66	97	100	99	100
Østals	52	52	0	0	52	0	0
Vestals	75	84	75	75	0	75	0
Sundeved	52	38	52	52	92	0	100
Sydals	61	61	70	0	61	70	96
Kegnæs	87	87	0	0	87	0	0

1) Vandindvindingsplan 1 svarer til dagens udnyttelse af de enkelte ressourcearealer på Als.

For de vandindvindingsplaner, som indbærer, at der skal transporteres vand mellem de enkelte områder, skal der udover fastlæggelse af den indvundne mængde i de enkelte områder tages stilling til, hvordan vandet skal transporteres rundt. Derfor er det i de følgende to tabeller angivet, hvorledes vandet eksporteres mellem områderne for to af vandindvindingsplanerne, nemlig dagens situation og en af de planer som medføre betydelig transport.

Tabel 3.12 Vandforsyning mellem ressourcerealer i 1000 m³/år, VP1.

Fra/til	Nordals	Østals	Vestals	Sundeved	Sydals	Kegnæs
1. Nordals	0	0	0	0	0	0
2. Østals	0	0	0	0	0	0
3. Vestals	0	0	0	0	0	0
4. Sundeved	0	0	300	0	0	0
5. Sydals	0	0	0	0	0	0
6. Kegnæs	0	0	0	0	0	0

Tabel 3.13 Vandforsyning mellem ressourcerealer i 1000 m³/år, VP7.

Fra/til	Nordals	Østals	Vestals	Sundeved	Sydals	Kegnæs
1. Nordals	0	570	1.160	0	0	0
2. Østals	0	0	0	0	0	0
3. Vestals	0	0	0	0	0	0
4. Sundeved	0	0	1.265	0	0	0
5. Sydals	0	0	465	0	0	130
6. Kegnæs	0	0	0	0	0	0

3.3.2 Samlede effekt ved vandindvindingsplaner

Når de alternative vandindvindingsplaner er defineret, kan den samlede sammenvæjede effekt/pointsum beregnes for hvert alternativ. Grundlaget for beregningen af omkostninger er funktionudtrykkene givet ovenfor.

I tabellen nedenfor er angivet de vægtede omkostningspoint for hvert kriterie for hvert ressourceareal. Beregningerne er kun vist for basisstrategien, hvor der er ens vægt på alle kriterier og kun for to vandindvindingsplaner, VP1 og VP7.

Tabel 3.14 Effektpoint for de fem kriterier og total effektsum for de enkelte ressourcearealer med VP1 (Basisstrategi).

	Nordals	Østals	Vestals	Sundeved	Sydals	Kegnæs
Vandbehandling	4,7	1,6	15,1	5,6	4,7	0,4
Punktkilder	5,4	5,7	20,0	2,5	5,0	1,1
Fladekilder	2,7	1,8	4,0	1,1	3,2	1,1
Naturværdier	7,1	1,9	10,7	4,6	3,9	0,5
Vandtransport	0	0	0	1,1	0	0
I alt	19,9	11,0	49,8	14,8	16,7	3,1

Tabel 3.15 Effektpoint for de fem kriterier for VP7 (Basisstrategi).

	Nordals	Østals	Vestals	Sundeved	Sydals	Kegnæs
Vandbehandling	9,5	0	0	10,7	7,4	0
Punktkilder	5,4	0	0	2,5	5,0	0
Fladekilder	2,7	0	0	1,1	3,2	0
Naturværdier	14,2	0	0	8,9	6,1	0
Vandtransport	3,3	0	0	1,1	3,5	0
I alt	35,1	0	0	24,2	25,1	0

Som eksempel i beregningen af effektværdier gennemgås bestemmelsen af værdierne for Nordals i tilfældet med vandindvindingsplan 1, VP1.

Vandbehandlingsomkostninger:

Omkostningen til behandling af vand i fx. Nordals i VP1 beregnes som:

$$1.710.000 \text{ m}^3 / 3.440.000 \text{ m}^3 * 48 \text{ point} = 23,8 \text{ point.}$$

Dette tal skal ganges med vægten på dette kriterie. Her er det basis strategien, hvor vægten er 20% på alle fem kriterier. Derfor bliver det antal effektpoint som vandbehandlingomkostningerne i Nordals indgår med i Vandindvindingsplan 1:

$$23,8 \text{ effektpoint} * 0,2 (20\%) = 4,7 \text{ effektpoint.}$$

Punkt- og fladekildeomkostninger:

Disse to kriterier er lettere at håndtere, idet omkostninger er fast uanset størrelse af $Q_{\text{indvundet}}$, så længe der sker en indvinding fra et ressourceareal. Værdier er derfor de normaliserede omkostninger angivet i tabellerne ovenfor, ganget med vægten på de kriterier, dvs. 20% i basisstrategien. Punktkilder i Nordals har værdien:

$$27 * 20\% = 5,4 \text{ jvf. tabel 3.3, og}$$

fladekilder har værdien:

$$57 * 1/5 * 0,2 (20\%) = 2,3.$$

Naturværdier:

Denne effekt måles ved at sætte den nuværende vandføring i forhold til den maksimale reduktion og gange dette med værdien for Nordals:

$$(1.710.000 \text{ m}^3 * 0,3/1.440.000 \text{ m}^3) * 100 * 0,2 (20\%) = 7,1 \text{ effektpoint.}$$

3.3.3 Sammenligning af vandindvindingsplaner.

Nedenfor er vist den sammenvejede pointsum for de syv alternative vandindvindingsplaner for de syv politik strategier.

På grundlag af den sammenvejede pointsum for hver vandindvindingsplan kan de enkelte planer rangordnes. Denne rangordning viser, hvilken vandindvindingsplan, der giver de totalt set mindste effekter.

Tabel 3.16 Total effektpoint (summen af effektpoint for alle ressourcearealer) for VP1 til VP7, for de syv politik strategier. Værdierne er afrundende.

	VP1	VP2	VP3	VP4	VP5	VP6	VP7
Basis strategi	115	114	110	101	88	106	84
Økonomi strategi	160	162	162	150	130	149	138
Afværgestrategi	134	134	109	89	74	101	49
Lokalpolitisk strategi	6	0	22	29	21	35	40
Naturstrategi	144	144	146	146	144	146	146
Økonomi og lokal politisk strategi	83	81	92	90	76	92	89
Afværge- og naturstrategi	137	137	120	106	95	114	78

Resultaterne i tabellen viser, at de enkelte vandindvindingsplaner rangordnes forskelligt alt efter hvilke vægte de enkelte kriterier tillægges. De angivne omkostningspoint kan ikke sammenlignes mellem de enkelte strategier. Den sammenvæjede effektpointsum afspejler ikke de faktiske effekter. F.eks. betyder den lave værdi for den lokalpolitiske strategi, at der kun lægges vægt på transport af vand mellem arealerne i selve prioriteringen. Omkostninger til indvinding og afværgeforanstaltninger skal afholdes hvis der indvindes fra et område.

Tabellen skal anvendes til at finde den vandindvindingsplan der giver den laveste omkostning for hver af politik strategierne, f.eks. VP7 i basisstrategien. Da indvindingsplanerne angiver, hvormeget der skal indvindes fra de enkelte indvindingsområder, kan man angive det omfang af indvinding, der bør ske i et givet område, hvis den "billigste" vandplan er valgt. Dette er vist i tabel 3.17 nedenfor.

Tabel 3.17 Udnyttelsesprocenter for de 6 ressourcearealer betinget af politik strategi. (Værdierne er afrundende.)

	Nordals	Østals	Vestals	Sundeved	Sydals	Kegnæs
Basis strategi (VP7)	100	0	0	97	100	0
Økonomi strategi (VP5)	100	52	0	92	61	87
Afværgestrategi (VP7)	100	0	0	97	100	0
Lokalpolitisk strategi (VP2)	50	52	84	38	61	87
Naturstrategi (VP5)	100	52	0	92	61	87
Økonomi og lokal politisk strategi (VP5)	100	52	0	92	61	87
Afværge- og naturstrategi (VP7)	100	0	0	97	100	0

De udnyttelseprocenter, som er angivet for hvert indvindingsområde er grundlaget for prioriteringen mellem områderne. Tabellen viser, hvorledes prioriteringen mellem områderne vil afhænge af hvilken strategi man vil følge.

Analysen viser, at en række af områderne adskiller sig ved at få tillagt en høj udnyttelse uanset valg af politikstrategi, ligesom en række områder generelt tillægges en lav udnyttelse.

For Als's vedkommende er det således Nordals, Sundeved og Sydals, der umiddelbart tegner sig som de mest værdifulde områder. Østals, Vestals og Kegnæs varierer mellem en høj udnyttelse og ingen udnyttelse.

4 Diskussion af analyseresultaterne

Opbygningen af et koncept for værdimåling af grundvandsressourcer har fokuseret på at opgøre omkostningerne ved at indvinde vand fra et givet ressourceareal. Dette areals værdi er derfor stor, hvis de samlede omkostninger og effekter ved indvindingen er små.

Det er valgt at opbygge en multikriteriermodel, fordi de relevante kriterier er af forskellig art og der på nuværende tidspunkt ikke er baggrund for en egentlig prissætning af alle effekter. Arbejdet med udviklingen af modelkonceptet har vist, at det kan lade sig gøre at opbygge en multikriteriemodel og operationalisere en række væsentlige kriterier, som en grundvandsressource kan vurderes ud fra.

Resultater

De væsentligste resultater af anvendelsen af modellen på vandforsynings-situationen på Als er:

- Der er så stor forskel på de enkelte ressourcearealer, at det er relevant at gennemføre en prioriteringsanalyse. De investeringer som vil være nødvendige for at sikre den fremtidige vandforsyning er af en sådan størrelsesorden, at det er vigtigt at gennemføre den rigtige prioritering.
- Analysen har peget på, at en mere fordelagtig udnyttelse af de forskellige ressourcearealer indebærer, dels at udnyttelsesgraden vil være væsentlig forskellig fra dagens situation, og dels at udnyttelsesgraden vil variere mere imellem de enkelte ressourcearealer, fra en meget lille udnyttelse til en meget stor udnyttelse. Dette har en væsentlig konsekvens, nemlig, at der så vil blive transporteret væsentligt mere vand mellem områderne end det er tilfældet i dagens situation.
- Vægtningen af effektkriterierne har stor indflydelse på resultatet, således at prioritering afhænger af denne vægtning.

Resultaterne af analysen er selvfølgelig betinget dels af de anvendte forudsætninger om omkostninger og effekter og dels af principperne bag det udviklede koncept. Følgende forhold skal her trækkes frem som kritiske for analysens resultater:

- opdelingen i ressourcearealer
- definitionen og målingen af kriterier
- fastlæggelse af vandindvindingsplaner

Opdeling i ressourcearealer

Det grundlæggende princip for inddelingen i ressourcearealer har været at et areal skal være et hydrogeologisk sammenhængende reservoir. Dette princip betinger dog ikke en entydig inddeling i ressourcearealer. Det vil således været muligt at opdele Als i flere ressourcearealer end i de 6, som er anvendt i denne analyse. Hvis man kun inddeler planlægningsenheden i få ressourcearealer vil man få, at der skal ske en indvinding fra alle områderne og en prioriteringsanalyse vil derfor ikke være relevant. Hvis man derimod har en inddeling i mange ressourcearealer, vil man kunne fravælge

de mest kritiske. Opdelingen bør derfor være så detaljeret, at de væsentligste forskelle i omkostninger og effekter afspejles i opdelingen. Er der således specielle områder, hvor eksempelvis punktkildebelastningen er stor, bør disse områder udgøre særskilte ressourcearealer under hensyn til betingelsen om de hydrogeologiske forhold, dvs. at disse arealer er hydrogeologisk isolerede.

Måling af kriterier

For den mere detaljerede diskussion af de enkelte kriterier og alternative måder at måle disse på henvises til baggrundsnotaterne (se bilag A til F). Metoden for måling af punkt- og fladekildebelastningen skal dog trækkes frem her. Forudsætningen for bestemmelsen af disse to effekter har været, at hvis der sker en udnyttelse af et ressourceareal, er man nødt til at iværksætte det fulde omfang af forebyggelses- og oprensingsforanstaltninger. En lav udnyttelse af et område betyder derfor ikke, at effekten fra punkt- og fladekildebelastningen minskes tilsvarende. Denne forudsætning om effekter, der er uafhængige af den indvundne vandmængde, har stor betydning for analysens resultater. Det betyder, at modellen vil pege på løsninger med udnyttelse af så få områder som muligt for derved at reducere de faste omkostninger/effekter.

Vandindvindingsplaner

Det er meget afgørende at fastslå, at en værdimåling af og prioritering imellem ressourcearealer kun kan ske på grundlag af en samlet vurdering af hele planlægningsenheden. Man kan ikke betragte de enkelte arealer uafhængigt af behovet for vand og mulighederne for at indvinde dette vand i andre ressourcearealer. Analysen må derfor tage udgangspunkt i en samlet vurdering af hele planlægningsområdet. Det er det vi har kaldt en vandindvindingsplan. I multikriteriemodellen er det alternative vandindvindingsplaner som rangordnes ud fra beregningen af en samlet effektscore. Prioriteringen af de enkelte ressourcearealer svarer nemlig til at bestemme den effektminimerende vandindvindingsplan. Det er derfor væsentligt at overveje hvilket princip, der skal anvendes til at definere vandindvindingsplanerne, således at man er sikker på, at den bedste vandindvindingsplan bliver identificeret.

A Baggrundsnotat vedr. ressourcerealer

A.1 Indledning og definitioner

Udgangspunktet for prioriteringen af vandindvindingsområder er "planlægningsenheden" og de til planlægningsenheden tilhørende "ressourcerealer".

Planlægningsenhed

Planlægningsenheden er en administrativ enhed, der opdeles i en række ressourcerealer (figur A.1). En planlægningsenhed vil typisk omfatte et helt amt. Det vil dog i nogle tilfælde vise sig at være hensigtsmæssigt at opdele amtet i to eller flere planlægningsenheder udfra eksempelvis rent geografiske forhold.

Det afgørende er, at valg af planlægningsenhed bestemmes af de vandindvindingsområder, man ønsker at prioritere imellem. Ved valg af planlægningsenhed har man fastlagt at vandforsyningen indenfor enheden skal ske ved indvinding indenfor enheden.

Ressourcereale

Et ressourcereale er et grundvandopland, hvis udbredelse som udgangspunkt såvidt mulig er bestemt af de fysiske forhold, dvs. afgrænset af regionale grundvandsskel, vandløb og eller kystlinier. Et ressourcereale vil således typisk omfatte både udnyttede og uudnyttede dele af et primært reservoir, og det ligger også i definitionen på arealet, at det kan indeholde flere indvindinger fra samme magasin.

Ovenstående definition på et ressourcereale kan dog i nogle situationer medføre u hensigtsmæssigt afgrænsede ressourcerealer, som illustreret nedenfor.

Et eksempel kan være en mindre halvø, hvor et vandskel midt på halvøen deler denne op i to små ressourcerealer. Da det ikke giver nogen praktisk mening at have denne opdeling, vil det være logisk at slå de to sammen til ét ressourcereale. I andre tilfælde kan det være hensigtsmæssigt at lægge to større ressourcerealer sammen til ét, hvis eksempelvis grænsen mellem de to løber gennem en by, der indvinder fra begge ressourcerealer.

En tilsidesættelse af reglen om fysisk robust afgrænsning kan være nødvendigt, hvor der i et tidligere defineret ressourcereale hersker betydelige forskelle i reservoirforhold og grundvandskvalitet. Da der for hvert ressourcereale fastsættes én og kun én indvindingsomkostning, forudsætter dette at reservoirforholdene inden for ressourcerealeet er nogenlunde ens. Derfor skal der efter en indledende afgrænsning af ressourcerealer altid foretages en vurdering af den hydrogeologiske og vandkvalitetsmæssige ensartethed inden for det afgrænsede område. Er der markante forskelle bør ressourcerealeet opdeles yderligere i overensstemmelse med de reservoirmæssige variationer.

A.2 Beskyttelse

Kriterier

Kriterierne for prioritering af ressourcearealer i den opstillede model for projektet omfatter bl.a. kvantificering af flade- og punktkilders effekt på grundvand i eksisterende eller potentielle indvindingsreservoirer.

Et ressourceareal er pr. definition en regional enhed, og det betyder at der kan være mange forskellige typer af punkt- og fladekilder inden for et givet ressourceareal. Kendskabet til de enkelte kilders forureningspotentiale og sammensætningen af eventuel nedsivende forurening, vil endvidere ofte være begrænset.

Klassifikation

Kvantificeringen af et grundvandsreservoirs beskyttelse overfor diffuse forureningskilder og -komponenter må derfor baseres på en hel generel klassificering af reservoirernes fysiske beskyttelse overfor nedsivende forurening. Der kan således ikke foretages en stofs specifik beskyttelsesklassificering af ressourcearealerne. I stedet er benyttet den forenkede generelle beskyttelsesklassifikation beskrevet i et af delprojekterne til Depot- og grundvandsprioriteringsprojektet (DGU 1994).

Udfra denne klassifikation kan ressourcearealerne inddeles i tre beskyttelsesklasser (tabel A1):

- 1: God beskyttelse
- 2: Nogen beskyttelse
- 3: Ringe/ingen beskyttelse

Der henvises iøvrigt til ovennævnte rapport for en nærmere beskrivelse af klassifikationsgrundlaget.

Tabel A.1: Definition af beskyttelsesklasser.

Beskyttelsesklasse	Betegnelse	Definition
1	God beskyttelse	<p>Generelle forhold:</p> <ul style="list-style-type: none"> - grundvandets trykniveau i magasin er over terræn <u>eller</u> - opadrettet gradient i magasin <u>eller</u> - meget ringe nedsivning til magasin, dvs.: <ul style="list-style-type: none"> - dæklag er <u>dokumenteret lavpermeable eller</u> - magasin er dybereliggende med <u>dokumenteret lavpermeabel</u> adskillelse fra overliggende sekundære magasin(er) <p>Stof-specifikke forhold:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>dokumenteret</u> væsentlig reduktion/tilbageholdelse³⁾ af forurening i umættet zone/dæklag
2	Nogen beskyttelse	<p>Generelle forhold:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sammenhængende lavpermeable dæklag, f.eks. sammenhængende lag af smeltevandsler / marint ler af mere end 5 meters tykkelse eller morænelerslag af mere end 15 til 30 meters tykkelse (forsinket forureningsspredning for <u>visse</u> typer forurenende stoffer) <p>Stof-specifikke forhold:</p> <ul style="list-style-type: none"> - betydelig reduktion/tilbageholdelse³⁾ af forurening i umættet zone/dæklag <u>eller</u> - betydelig reduktion/tilbageholdelse³⁾ af forurening i magasin <u>eller</u> - gode naturlige betingelser for forureningsreduktion (men kvantificering af reduktionspotentiale i f.t. grænseværdier for drikkevandskvalitet er ikke mulig)
3	Ringel/ingen beskyttelse	<p>Generelle forhold:</p> <ul style="list-style-type: none"> - højpermeable/opsprækkede dæklag <u>eller</u> - magasinbjergart i dagen <p>Stof-specifikke forhold:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ingen eller meget begrænset forureningsreduktion³⁾ <u>eller</u> - ringe eller ingen naturlige betingelser tilstede for forureningsreduktion (fravær af forhold af betydning for sorption, omsætning m.m.)

³⁾ i forhold til grænseværdier for drikkevandskvalitet.

A.3 Maksimal vedvarende grundvandsindvinding, Q_{max}

En grundvandsforekomst indenfor et afgrænset opland er en dynamisk ressource, der konstant fornyes gennem nedsivning og mister tilsvarende via afstrømning til vandløb og havet. Set over en årrække kan summen af ændringer i ressourcens størrelse antages at være nul.

Hvis en grundvandsindvinding ikke overstiger den del, der fornyes, er indvindingen i ligevægt med grundvandsressourcen og der vil ikke opstå effekter i form af stadigt voksende grundvandssænkninger og deraf afledte påvirkninger af vandkvaliteten.

Hvis indvindingen derimod overstiger tilgangen af nydannet grundvand, vil vandindvindingen bevirke en sænkning af grundvandsspejlet og, hvis indvindingen opretholdes, også en forringelse af grundvandskvaliteten. En forringet vandkvalitet kan typisk opstå ved saltvandsindtrængen fra havet eller indtrængen af dårligt vand (salt holdigt, humusholdigt etc.) fra dybereliggende magasiner. Sker dette har indvindingen tydeligvis overskredet reservoirets kapacitet og ressourcen er delvis ødelagt.

Q_{max}

Grænsefladen mellem de to scenarier beskrevet ovenfor gives af den maksimale vedvarende indvinding, her defineret som Q_{max} . Er indvindingen

under eller lig med Q_{\max} vil grundvandsressourcen ikke forringes og produktionsprisen pr. m^3 vand vil holde sig nogenlunde konstant. Stiger indvindingen til en mængde over Q_{\max} vil en kvalitetsforringelse af grundvandet på et vist tidspunkt slå igennem på produktionsprisen så udgifterne til behandling af vandet vil stige.

Ved beregning af værdien for en given grundvandsressource, tages der udgangspunkt i den maksimale vedvarende vandindvinding inden for hele ressourcearealet. Dvs. den indvinding, der kan foretages uden uacceptable vandkvalitetsmæssige forringelser.

Endvidere kan man inddrage hensynet til vådområder og minimumsvandføring i vandløbene i fastlæggelsen af Q_{\max} og dermed finde det, som i nogen sammenhænge, er fremført som den bæredygtige indvinding.

Dette begreb er ikke anvendt fordi hensynet til recipienterne medtages i værdimåleren som et selvstændigt kriterie.

Hvis hensynet til recipienterne indarbejdes i Q_{\max} skal det ikke med som kriterium i værdimåleren, hvilket i nogle sammenhænge absolut er en relevant mulighed. Men i værdimålerens grundversion skal Q_{\max} altså ikke omfatte recipienthensynet.

A.4 Case Study Als

A.4.1 Ressourcearealer

Der kan umiddelbart defineres 9 ressourcearealer for Als og den del af Sundeved, som støder op til Als (figur A.2). En kritisk gennemgang af de opstillede arealer giver imidlertid mulighed for en reducere i antallet af ressourcearealer til de 6, der er vist i figur. A.3. Arealernes navn, referencenummer og ca. areal er givet i tabel A.2.

Tabel A.2: Ressourcearealer på Als

Ressourceareal (navn)	Nummer betegnelse	Størrelse (ca. km^2)
Nordals	1	90
Østals	2	45
Vestals	3	100
Sundeved	4	45
Sydals	5	60
Kegnæs	6	15

Det fremgår af figur A.3, at Kegnæs udgør et selvstændigt areal, hvilket er logisk ud fra områdets geografiske afgrænsning. Ligeledes er der set bort

fra vandskellet, der skærer igennem Sønderborg, og som ellers vil medføre en helt upraktisk opdeling i to ressourcearealer. Endelig er to ressourcearealer på den nordlige del af Als slået sammen til ét areal, Nordals, primært fordi vandskellet ikke vurderes at være hydrogeologisk robust.

A.4.2 Ressourcearealernes geologi og hydrogeologi

Beskrivelsen af de geologiske og hydrogeologiske forhold er baseret på materiale udarbejdet i forbindelse med ALS undersøgelsen /1/.

Geologi

Vestlige Als

Tykkelsen af kvartæret på Als varierer typisk mellem 50 og 80 m. Den generelle lagfølge i den vestlige del af øen består af tykke morænelerslag med få spredte lag af smeltevandssand. Moræneleret antages at danne et mere eller mindre sammenhængende lag over større smeltevandslag, der udgøre det primære reservoir for vandforsyningen på Als. Smeltevandsandet ligger flere steder direkte på prækvartæret, men er især i lavninger underlejret af moræneler.

Østlige Als

På den østlige del af Als er lagfølgen noget mere kompliceret. Gentagne isfremstød har bevirket aflejring af vekslende lag af moræneler og smeltevandsaflejringer over det prækvartære underlag. Isdeformation af de afsatte lag har i flere tilfælde medført en skrånstilling af lagene.

Hydrogeologi

Magasiner

Det ovenfor beskrevne smeltevandslag udgør i langt overvejende grad et regionalt sammenhængende nedre grundvandsmagasin med artesiske trykforhold. Der forekommer lokale øvre magasiner, sekundære reservoirer oftest med artesiske trykforhold, men disse har ikke indvindingsmæssig betydning. Trykniveauet i de øvre magasiner står væsentligt højere end i det nedre reservoir, hvilket medfører en nedadrettet lækage fra øvre til nedre magasiner.

Kredsløb

Det hydrologiske kredsløb er sammenfattet i figur A.3. Det fremgår heraf, at op mod 70% af nettonedbøren, der siver ned til grundvandsspejlet strømmer af til havet via de lokale, øvre magasiner og i mindre omfang via vandløb. De resterende 30%, skønnet 50 mm, siver videre ned til det primære magasin, hvor godt halvdelen oppumpes til vandforsyningen, og de resterende 20 mm strømmer af til havet.

Vandkvalitet

Als

Vandkvaliteten generelt varierer noget på Als, men råvandet kan alle steder efter passende behandling opfylde lovgivningens krav til godt drikkevand.

Vandbehandling

Den bedste vandkvalitet findes på den nordlige del af Als, hvor traditionel vandbehandling med beluftning og filtrering (dobbeltiltrering) normalt er tilstrækkelig til at sikre drikkevandet en god kvalitet. På den sydlige del af

Als er vandet gennemgående sulfatreduceret, hvilket bevirker større koncentrationer af svovlbrinte og methan, der kræver særlig beluftning.

Klassificering af beskyttelse

Der er med udgangspunkt i den tidligere beskrevne klassifikation foretaget en klassifikation af de enkelte ressourcearealer mht. beskyttelse af eksisterende og potentielle indvindingsreservoarer. Klassifikationen er vist i tabel A.3, hvoraf det fremgår at de primære grundvandsreservoarer i de seks ressourcearealer alle kan klassificeres som arealer med "nogen beskyttelse" (værdi 2) eller "god beskyttelse" (værdi 1).

Ressourceareal	Nr.	Klassifikation af beskyttelse
Nordals	1	1
Vestals	2	2
Østals	3	2
Sundeved	4	1
Sydals	5	2
Kegnæs	6	2

Det skal understreges, at klassifikationen udelukkende er baseret på den naturgivne beskyttelse, geologisk lagfølge og hydrauliske forhold, som miljøet yder overfor nedsivende forurening fra punkt- og fladekilder. Der er således ikke taget hensyn til den menneskelige introducerede sårbarhed af reservoirerne ved eksempelvis etablering af større enkeltindvindinger, der både kan øge nedsivningshastigheden af vand med eventuelle forureningsstoffer fra overfladen, øge lækagen ned til et dybereliggende reservoir og endelig ændre strømningsforholdene i reservoiret - faktorer, der alle vil reducere beskyttelsen af et grundvandsreservoir. Grunden er, at inddragelse af vandindvindinger nødvendigvis måtte tage udgangspunkt i eksisterende indvindingsforhold og derved vil beskyttelsesklassifikationen kunne variere med ændrede indvindingsstrategier.

A.5 Vandindvinding

Vandindvindingen inden for de enkelte ressourcearealer er udregnet baseret på oplysninger fra Sønderjyllands Amt. Vandindvindingen i 1992 inden for arealerne og fordelingen mellem kommunal og privat + industriel indvinding er vist i nedenstående tabel.

Tabel A.4: Vandindvinding

Ressourceareal	Nr.	Indvinding (kommunal) (m ³ /92)	Indvinding (Privat og industri) (m ³ /92)	Total (m ³ /92)	Export (m ³ /92)	Import (m ³ /92)
Nordals	1	463.887	848.011	1.311.898	0	0
Østals	2	0	373.301	373.301	0	0
Vestals	3	1.707.535	843.131	2.550.666	0	300.000
Sundeved	4	630.978	473.310	1.104.288	300.000	0
Sydals	5	0	888.305	888.305	0	0
Kegnæs	6	0	128.000	128.000	0	0

Vestals har klart den største indvinding, hvilket skyldes indvindingen til Sønderborg. Vandindvinding til Sønderborg er ligeledes forklaringen på de høje tal i Sundeved ressourceareal. Den betydelige indvinding på Nordals skyldes den industrielle indvinding fra Danfoss.

Ekspor

Med undtagelse af Sundeved og Vestals arealerne, der begge forsyner Sønderborg, har ingen ressourcearealer eksporteret henholdsvis importeret vand i 1992.

Den nuværende efterspørgsel fordelt på forbrugsmønstre er skønnet ud fra oplysninger givet af Sønder Jyllands Amt. Tallene for markvanding er forbundet med en del usikkerhed, som selvfølgelig påvirker de skønnede fordelinger inden for andre kategorier. Den procentvise fordeling er vist i tabel A.5.

Tabel A.5: Den gennemsnitlige procentvise fordeling af forbruget indenfor de enkelte ressourcearealer. Tallene for Kegnæs arealet er usikre og tallene for Sydals er benyttet her

Ressource-areal	Nr.	Hushold. (%)	Industri (%)	Landbrug (%)	Markvanding (%)	Andet (%)	Større forbrugs-centre
Nordals	1	33	28	15	13	<1	Nordborg, Danfoss
Østals	2	50	<1	17	25	7	
Vestals	3	70	15	5	3	6	Augustenborg, Sønderborg
Sundeved	4	74	5	18	2	1	Sønderborg
Sydals	5	63	2	10	6	19	
Kegnæs	6	(63)	(2)	(10)	6	(19)	

Det største forbrug inden for alle arealer ligger klart inden for husholdning. Områder med større forbrugscentre har tilsvarende større forbrug af vand til industrielle formål. Vandforbrug i landbrug udgør med undtagelse af Vestals mellem 5 - 20% af det samlede forbrug. Forbrug under "Andet" dækker forbrug til hoteller, camping, fritidshuse og institutioner.

Ud fra indhentede oplysninger fra Sønderjyllands Amt er der nedenfor vist en sammenligning mellem en skønnet maksimal vedvarende indvinding, Q_{\max} , det nuværende forbrug, inkl. markvanding, og en groft skønnet sikker restressource. Forholdet mellem

$$\frac{Q_{\text{nuværende}}}{Q_{\max}}$$

benævnes den såkaldte udnyttelsesgrad. Skønnet af Q_{\max} er primært baseret på en vurdering af, hvornår der ville opstå fare for saltvandsindtrængen i reservoirerne.

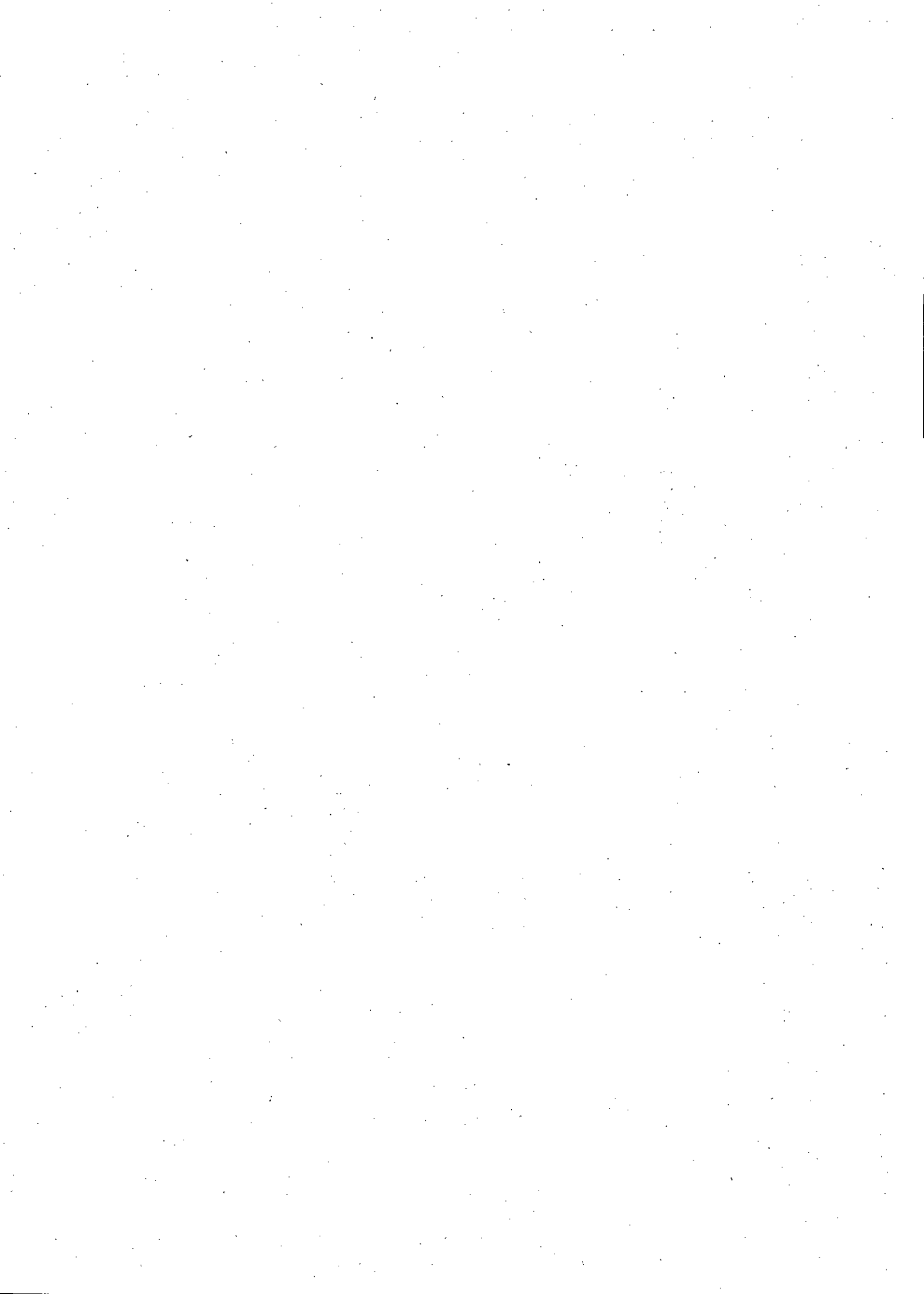
Tabel A.6: Ressourceparametre

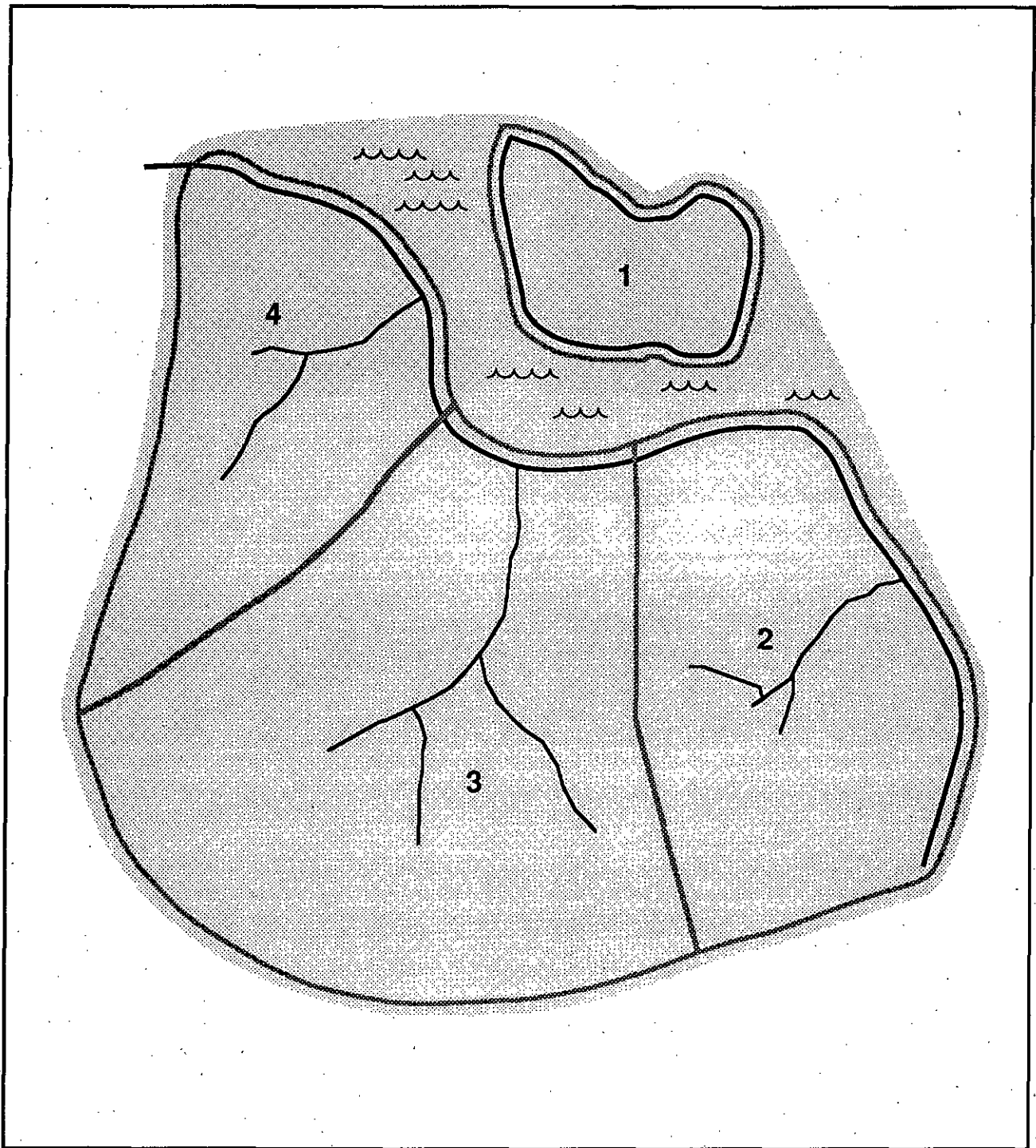
Ressourceareal	Nr.	Q_{max} (m ³ /92)	$Q_{nuværende}$ (m ³ /92)	Udnyttelses- grad	"Sikker rest ressource"
Nordals	1	3.440.000	1.710.000	0.50	1.730.000
Østals	2	1.100.000	570.000	0.52	527.000
Vestals	3	3.435.000	2.590.000	0.75	844.000
Sundeved	4	2.145.000	1.120.000	0.51	1.021.000
Sydals	5	1.535.000	940.000	0.61	597.000
Kegnæs	6	150.000	130.000	0.85	22.000



Forbruget i forhold til en skønnet Q_{max} kan lettest vurderes ud fra udnyttelsesgraden. Denne viser, med forbehold for usikkerhederne i vurderingen Q_{max} , at Kegnæs nærmer sig Q_{max} . Også Vestals har med en udnyttelsesgrad på 0,75 en høj udnyttelse af ressourcen. Imidlertid er Sønderborg Vandforsyning ved at etablere en ny indvinding indenfor Sundeved arealet, hvorved belastningen på Vestals ressourcen vil aftage. Sundeved har en estimeret udnyttelsesgrad på 0,51 og har således rigelig kapacitet til en udvidet indvinding.

A.6 Referencer

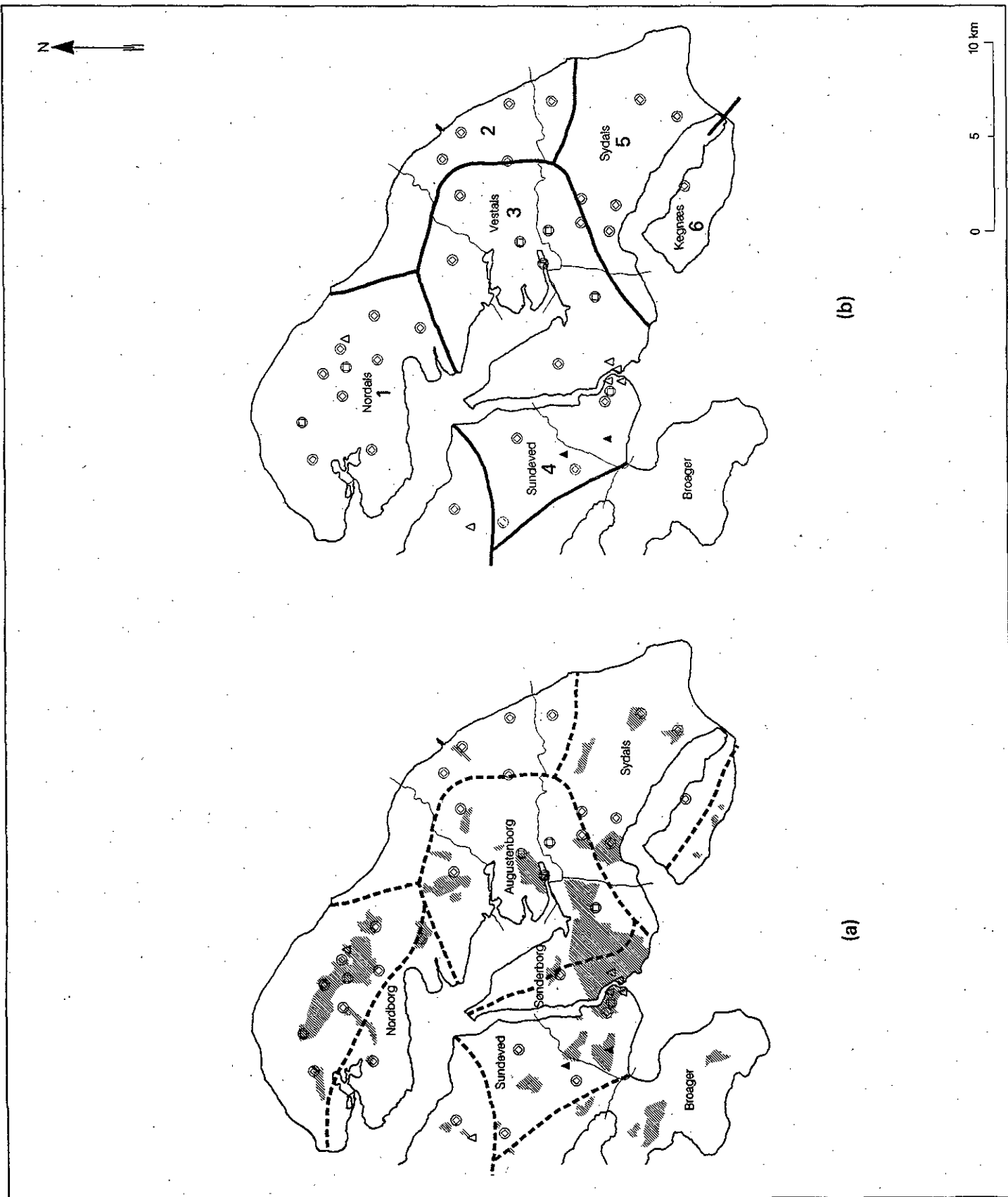
- /1/ Tage Sørensen A/S, 1986: Als undersøgelsen, Kortlægning af grundvandsressourcen. Temarapporter 1 - 7. Udarbejdet for Sønderjyllands Amtskommune, Augustenborg-, Norborg og Sydals kommune.
- /2/ COWIconsult AS, 1992: Undersøgelse af 13 erhvervskvarterer i Københavns Amt. Rapport 1 - 4. Udarbejdet for Københavns Amt.



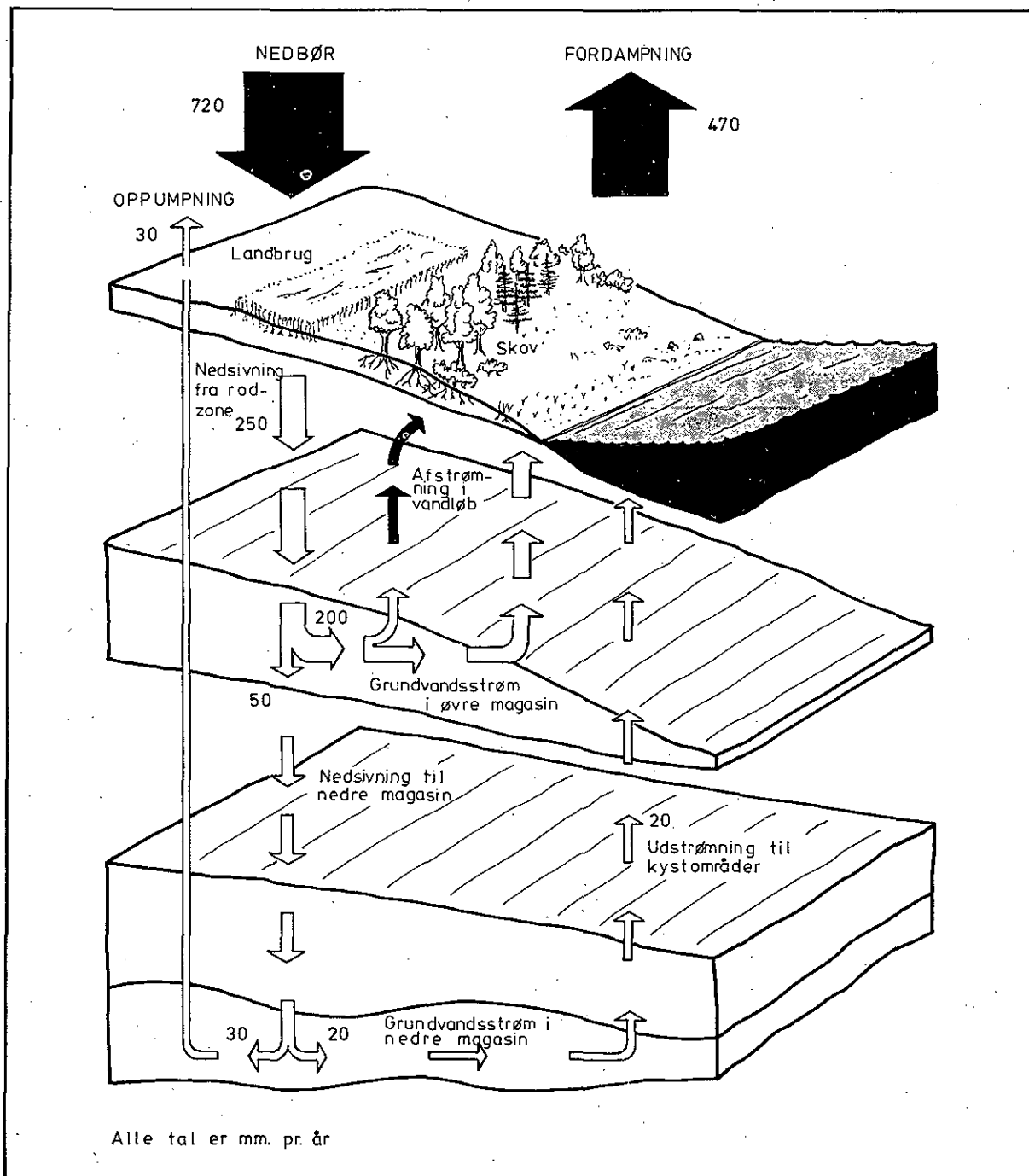


-  Planlægningsenhed
-  Afgrænsning af ressourcearealer
- 3** Ressourceareal nr.

Figur A1



Figur A2a og b



Figur A3. Det hydrologiske kredsløb på Als (Tage Sørensen, 1986).



B Baggrundsnotat vedrørende indvindingsomkostninger

B.1 Generelt om indvindingsomkostninger

Til brug i prioriteringen mellem ressourcearealer indgår indvindingsomkostningerne for de enkelte ressourcearealer. I det følgende gennemgås mulighederne for at bestemme indvindingsomkostningerne. Udgangspunktet er, at vandforsyningen medfører følgende omkostningselementer:

- Indvindingsomkostninger
 - Etablering og drift af borerer
 - Behandling
- Distributionsomkostninger
 - Etablering af ledningsnet
 - Udpumpning af vand i ledningsnettet.

Når det kun er indvindingsomkostningerne som skal medtages, skyldes det, at distributionsomkostningerne er uafhængige af hvilke ressourcearealer, der udnyttes. Omkostninger til transport af vand mellem ressourcearealer indgår eksplicit som omkostningselement i prioriteringsmodellen (se Baggrundsnotat F).

Bestemmelsen af indvindingsomkostninger kan ske efter to hovedprincipper:

- Vandprismetoden, dvs. ved anvendelse af faktiske omkostningsdata.
- Beregnede indvindingsomkostninger.

Nedenfor gennemgås de to principper.

B.2 Indvindingsomkostninger på basis af vandpris

Vandforsyningsstruktur

Vandforsyningen i Danmark er kendetegnet ved, at indvindingen er 99% baseret på grundvand, hvilket er usædvanligt i et europæisk perspektiv, hvor ca. 60% af indvindingen er baseret på overfladevand. Brugen af grundvand betyder også, at vand i Danmark er forholdsvis billigt, da grundvand generelt er af betydeligt bedre kvalitet end overfladevand og dermed kræver mindre rensning.

Danmark er ligeledes kendetegnet ved et stort antal private, ofte små, vandforsyninger. Der findes ca. 3.200 almene vandforsyninger i Danmark, hvoraf ca. 180 er kommunalt ejet og de resterende ca. 3.000 privat ejet. Forsyningerne leverer tilsammen ca. 515 mio. m³ vand, hvoraf de kommunale leverede 310 mio m³ eller 60% /8/.

Ethvert vandværk skal principielt selv afholde alle omkostninger til anlæg af hovedanlægget, indvinding, behandling, anlæg af forsyningsledningsnet, distribution af vandet, vedligehold og øvrige drift af anlægget.

Kun i særlige tilfælde kan der dispenseres således at en kommune vil yde driftstilskud til en vandforsyning for at nedbringe vandafgifter, der ligger væsentligt over det almindelige niveau i kommunen /1/.

Dækning af omkostninger

Vandværket dækker sine omkostninger ved at afkræve afgifter af forbrugerne og i visse tilfælde af de, der kan få gavn af vandværkets installationer i form af et passagebidrag.

Omkostningerne dækkes typisk af tre veje:

- Tilslutningsbidrag.
- Vandafgift på leveret vand.
- Fast årlig afgift/målerafgift.

Tilslutningsbidrag

Tilslutningsbidraget er et engangsbetalt beløb som skal dække tilslutningen af en forbruger via en stikledning til vandværkets forsyningsledning. Den beregnes oftest efter fast regning især til husholdninger. Nogle gange afregnes der efter regning, f.eks. hvis der er tale om tilslutning til et landbrug, hvor der er tale om længere afstande og hvor landmanden til tider selv hjælper til med sit maskineri /2/. I tilslutningsbidraget ligger også et anlægsbidrag til hovedanlægget, der reflekterer en betaling for at få lov til at benytte det anlæg vandforsyningen har¹. Tilslutningsbidraget er dog sjældent tilstrækkeligt til at dække fremtidens investeringer i hovedanlægget f.eks. hvis hovedparten af tilslutningsbidragene stammer fra 60'erne. Vandforsyningerne kompenserer derfor ved at øge vandafgiften og/eller den faste afgift og hensætte et beløb til at dække det fremtidige investeringsbehov.

Indtægterne fra vandafgiften og målerafgiften skal dække betaling af: renter, afskrivninger og driftsudgifter herunder lønninger, honorarer, vedligeholdelsesudgifter, forsikringer, kontorholdsudgifter, analyseudgifter samt udgifter til drivkraft (typisk elektricitet) /3/. Forholdet mellem vand- og målerafgiften veksler meget afhængig af vandforsyningens politik på området.

Fast årlig afgift

I 1980 blev den faste årlige afgift i halvdelen af tilfældene beregnet ud fra antallet og/eller størrelsen af målerne og i godt 15% af tilfældene ud fra antallet af værelser/lejligheder /2/. Tallene er over 10 år gamle og beregningen af afgiften vil i dag i endnu højere grad været baseret på antallet og/eller størrelsen af målerne. Cirka 62% af alle tilslutninger i dag har målere og tallet vil stige yderligere, idet ca. 20% af vandforsyningerne har truffet beslutning om at installere målere /4/.

¹

Hvis der f.eks. er tale om et andelsselskab kan der istedet for et anlægsbidrag være tale om at betale et beløb for at erhverve en andel i vandforsyningen.

Hvis der er en måler betales vandafgiften efter forbrug, hvis ikke betales der efter en standardenhed, der er defineret ud fra et årligt standardforbrug, således at en husholdning forventes at bruge 160 m³, et sommerhus 60 m³ og et landbrug 700 m³. Oftest er vandafgiften per m³ den samme for alle typer af forbrugere hvad enten der er tale om industri, landbrug eller private husholdninger.

Vandafgiften varierede stærkt i Danmark i 1992 fra 83 øre/m³ til kr. 7,86-/m³ med et gennemsnit ifølge Vandstatistik 1992 på kr. 2,94/m³. Rapporten *Kortlægning af brugen af vandmålere i Danmark /4/* finder at gennemsnittet måske ligger tættere ved kr. 2,60/m³.

Samme rapport finder ligeledes, at det gennemgående er de større vandforsyninger, der benytter målere og at disse vandforsyninger generelt har en højere vandpris end de forsyninger, der ikke benytter måleraflæsning. Dette kan skyldes:

- Udgifter ved måleraflæsning, regningsudskrivning og vedligeholdelse af målere.
- Strukturmæssige forskelle mellem større vandforsyninger med målere, komplicerede anlæg og fast personale i modsætning til mindre forsyninger uden målere, delvist drevet af ulønnet bestyrelsesmedlemmer.

Vandpris metoden

I princippet burde vandafgiften for leveret vand plus den faste årlig afgift/målerafgift afspejle indvindings- og distributionsomkostninger over tid. Dermed kunne indvindingsomkostningerne udregnes som vandprisen beregnet efter følgende formel fratrukket distributionsomkostningerne pr. m³:

$$\text{Vandpris/m}^3 = \frac{(\text{antal tilslutninger} * \text{fast afgift})}{\text{m}^3 \text{ vand leveret}} + \text{vandafgift/m}^3.$$

Dette kræver imidlertid, at følgende forudsætninger er opfyldt:

Forudsætninger

- 1) tilslutningsafgiften over tid dækker de faktiske omkostninger ved tilslutninger
- 2) vandforsyningerne over tid opkræver alle et beløb oveni den faste afgift og/eller vandafgift som bidrag til hovedanlægget, der proportionalt reflekterer indvindingsomkostningerne for den pågældende forsyning
- 3) omkostningerne til investeringer i ledningsnettet dækkes fuldstændigt via den faste afgift og/eller vandafgift
- 4) En fast procentdel af energiudgifterne bruges til udpumpning af vandet (for at kunne fratække distributionsomkostningerne)².

I praksis opkræver vandværkerne ofte en del af udgifterne ved tilslutning over vandafgifterne. Denne fremgangsmåde anbefales i Miljøstyrelsens vejledning om vandværkstakster.

Distributionsomkostninger

Vandforsyningerne skal kunne sammenlignes således at forsyninger i byerne, der har mange tilslutninger på et begrænset geografisk område, kan sammenlignes med forsyninger på landet, der har få tilslutninger over et stort geografisk område. Distributionsomkostningerne i form af drift (udpumpning), vedligehold og afskrivninger fratrækkes derfor.

Udpumpning er i det følgende forudsat til 50% af energiudgifterne. I 1992 var energiudgifterne 15,5 øre/m³ i gennemsnit for hele landet, hvilket betyder at 7,75 øre/m³ blev brugt til udpumpning.

Afskrivningerne til ledningsnettet er udregnet ud fra *Håndbog til vandforsyning* /5/ med prisoplysninger fra juni 1992. Et ledningsnet består af en hovedledning, forsyningsledninger og stikledninger. Stikledningerne betales via tilslutningsafgiften. Prisen på hovedledningerne og forsyningsledningerne bestemmes af ledningsstørrelsen og hvor ledningerne skal lægges. Hovedledninger er typisk i en størrelse på ø 110-220 mm og forsyningsledninger ø 40-50 mm. Hvis ledningerne skal nedgraves i bymæssige bebyggelse er det dyrere end i landmæssige områder p.g.a. omkostningerne ved at grave ledninger ned i befæstede områder, føre ledninger under veje osv. Omkostningerne på landet ansættes derfor skønsmæssigt til at være 50% billigere end i byen.

En meter 110-160 mm PVC rentvandsledning estimeres til at koste kr. 280 i bymæssig bebyggelse og kr. 140 på landet. Regnskabsteknisk afskrives ledningsnettet over 20 år, hvilket er betydeligt under den reelle levetid, f.eks. er ca. 75% af ledningsnettet i København over 50 år gammelt /6/. Med en afskrivningsperiode på 50 år og en real diskonteringsfaktor på 5% svarer det, i 1992 priser, til kr. 15 per lbm/år i by og kr. 7,50 på landet.

Vedligeholdelsesomkostninger

De gennemsnitlige vedligeholdelsesomkostninger for de vandforsyninger, der har svaret på et spørgeskema sendt til vandforsyningerne på Als er næsten kr. 5 per meter/år.

Vandprismetoden

Afskrivninger og vedligehold er således estimeret til ca. kr. 20 per meter/år i by og 12,50 på landet. De samlede distributionsomkostninger beregnes derefter ved, at det samlede antal km rentvandsledning multipliceres med kr. 20 hhv. 12,50 divideret med antal m³ leveret og udpumpningsomkostningerne på 7,75 øre/m³ lagt til.

Det er en metode, der er let at bruge da oplysningerne er umiddelbart tilgængelige for amter og kommuner. Distributionsomkostningerne skal justeres alt efter, hvor i landet udregningerne foretages, f.eks. er Hovedstadsområdet, ifølge *Håndbog til vandforsyning*, generelt 20% dyrere end grundpriserne nævnt i håndbogen.

B.3 Beregnede indvindingsomkostninger

Alternativet til vandprismetoden er at beregne standardomkostninger baseret på investeringsoverslag m.v. for den type af udstyr til boring og vandbehandling, som forholdene i det enkelte ressourceareal kræver. Der er således tale om at tage udgangspunkt i en situation, hvor der regnes med nyinvestering for alle ressourcearealer.

For nærmere beregning af indvindingsomkostningerne henvises til afsnit B.4, der viser beregningen for Als.

Til brug for prioriteringsmodellen har vi valgt at anvende de beregnede indvindingsomkostninger, der for Als eksemplet kun omfatter vandbehandlingsomkostningerne. Baggrunden for at vælge de beregnede omkostninger er:

- at vandprisen varierer meget fra vandforsyning til vandforsyning inden for samme ressourceareal som følge af forhold, der ikke er specifikke for et givet ressourceareal - eksempelvis vandforsyningens størrelse, om der er fast ansat personale eller ej, om der er taget højde for det fremtidige investeringsbehov i den faste afgift, osv.
- at der kan tænkes ressourcearealer, der stort set ikke udnyttes idag, og hvor der derfor ikke er brugbare vandværksomkostninger eller at et vandværk omfatter flere ressourcearealer,
- prioriteringsmodellen skal anvendes i en langsigtet planlægning. Derfor bør omkostningerne kun afspejle forskelle, der skyldes selve kvaliteten af ressourcearealet, og ikke hvad der historisk er investeret i anlæg. Det sikrer, at der anvendes omkostninger beregnet på grundlag af dagens teknologi for alle arealer.

B.4 Vandforsyningernes økonomi på Als

Ifølge vandforsyningsstatistikken /7/ er der 42 vandforsyninger indenfor de seks ressourcearealer, der er udpeget på Als³.

3

Sønderjyllands Amt oplyser, at der findes 47 vandværker administreret af 40 vandværker/vandforsyninger i de fem kommuner - altså en difference på to. Amtet oplyser en forsyning mindre i hhv. Nordborg og Sydals Kommune.

Tabel B.1: Vandforsyninger i Sønderborg Kommune og på Als

Kommune	Kommunale		Private	
	Antal	M ³ indvundet	Antal	M ³ indvundet
Augustenborg	1	261.000	6	382.000
Nordborg	2	466.000	12	775.000
Sundeved	-	-	7	697.000
Sydals	-	-	9	1.208.000
Sønderborg	1	2.078.000	4	392.000
	4	2.805.000	38	6.454.000

Kilde: Vandforsyningsstatistik 1992, tabel A

Som det ses af tabellen leverer de fire kommunale forsyninger 2,8 mio. m³ vand eller 45% og to kommuner Sundeved og Sydals har overladt vandforsyningen helt til private værker. Et andet typisk træk er de private værkers betydeligt mindre størrelse med en gennemsnitlig indvinding på 91.000 m³ vand modsat de kommunales 701.000 m³.

Som svar på et spørgeskema udsendt i juni 1993 er modtaget svar fra 18 vandforsyninger dækkende 25 vandværker, hvor en af vandforsyningerne, Sønderborg Kommunale vandforsyning, dækker over to ressourcearealer. Oplysninger om yderligere to vandforsyninger dækkende fire vandværker er fundet i Vandforsyningsstatistik 1992. Endelig er yderligere oplysninger indkommet på grundlag af datamaterialet fra undersøgelsen *Kortlægning af brugen af vandmålere /4/*, der har muliggjort at vandprisen for yderligere 11 forsyninger har kunnet udregnes.

Kvaliteten af det modtagne materiale svinger en del, hvor de store private værker har svaret mest detaljeret og de kommunale værker mindst detaljeret.

På de seks ressourcearealer fordeler svarene sig som vist i tabel B.2.

Tabel B.2: Antal vandforsyninger og vandværker i de seks ressourcearealer og antal modtagne svar

Ressourceareal	Antal vandforsyninger		Antal vandværker	
	"Svar"	I alt	"Svar"	I alt
Nordals	10	12	11	13
Østals	4	5	4	5
Vestals*	8	10	11	13
Sundeved*	7	11	9	13
Sydals	2	3	4	5
Kegnæs	2	2	2	2
Totalt			41	51

* : Sønderborg Vfs. er talt med begge steder.

Det modtagne materiale dækker ca. 5,3 mio. m³ leveret vand eller over 57% af den totale mængde leveret vand i området. Det skal dog understreges at fratrækkes de 11 "svar" fra vandmålerundersøgelsen, der kun indeholder begrænset materiale, dækker materialet ca. 5,0 mio. m³ leveret vand eller over 54% af den totale mængde leveret vand i området.

De udsendte spørgeskemaer dækkede tekniske, økonomiske og administrative forhold for forsyningen lig skemaet fra Vandforsyningsstatistikken samt yderligere spørgsmål til at afklare udgifter specielt til vedligehold af ledningsnet og til vandbehandling. Endelig var der spørgsmål om, hvad forsyningen ville gøre, hvis deres boring måtte lukke f.eks. p.g.a. forurening samt, hvorledes forsyningen ville sikre sig tilstrækkeligt med midler til at foretage væsentlige reparationer på hovedanlægget. En kopi af spørgeskemaet er vedlagt i afsnit B.7.

Alle modtagere blev ligeledes opfordret til at vedlægge en kopi af seneste årsregnskab.

De modtagne svar har typisk dækket de tekniske forhold rimeligt indgående, hvorimod de økonomiske og administrative forhold har været vanskeligere at svare på. Ud over oplysninger om takstforhold har det været vanskeligt for mange at specificere, hvor store omkostninger de har haft til især vandbehandling:

Derfor blev enkelte forsyninger, der havde svaret, yderligere udspurgt per telefon om hovedsagligt vandbehandlingsomkostninger. Endelig blev en enkelt leverandør af vandværksudstyr, Vand Smith fra Christiansfeldt, interviewet per telefon.

B.5 Måling af indvindingsomkostningerne på Als

Vandprismetoden

Vandprisen inklusiv faste afgifter, udregnet efter vandprismetoden vist i afsnit B.2, svinger fra kr. 0,95 til kr. 5,39 inkl. distributionsomkostninger. Der er ikke nogen entydig sammenhæng mellem størrelsen af forsyningen og vandprisen, ud over at de store vandforsyningers vandpriser generelt ligger over gennemsnittet for ressourceområdet. Det skyldes den omkostningsstruktur de større vandforsyninger med mange tilslutninger har i form af fast personale, større omkostninger ved etablering og vedligehold af ledningsnet⁴ samt dyrt og teknisk avanceret overvågningsudstyr. Små vandværker har typisk lønomkostninger der er under kr. 15.000 per år enten fordi de benytter frivillig arbejdskraft og/eller ved at lade en efterlønsmodtager passe værket indenfor de 200 timer han må arbejde om året.

Omvendt er der også nogle af de små vandforsyninger, der er mellem de dyreste. Grunden til, at de er de dyreste kan være, at

- materialet modtaget afspejler et statistik dyrt år, at
- ledningsnettet er forholdsmæssigt stort fordi de tilsluttede forbrugere er spredt meget, eller at
- indvindingsforholdene lokalt er dyre.

Ser man på den gennemsnitlige vandpris pr. m³ for de seks ressourcearealer er Nordals og Kegsnæs generelt dyrest og Østals det billigste område. Vest- og Sydals samt Sundeved ligger midt imellem som vist i tabel B.3.

Tabel B.3: Gennemsnitlig vandpris/m³ for ressourcearealerne

Ressourceareal	Gns. vandpris
Nordals	3,42
Østals	1,24
Vestals	2,62
Sydals	2,70
Sundeved	2,32
Kegsnæs	3,24
Samlet uvægtet gennemsnit	2,59

Som nævnt er der tale om et uvægtet gennemsnit ligesom det statistiske materiale ikke er fuldstændigt, især for Østals, der fremstår som den billigste. Det mest fuldstændige materiale findes for Nord- og Vestals og Sundeved. En mulig forklaring i prisforskellen mellem disse er forskellen i ydelsen for de enkelte forsyningers borer. Den gennemsnitlige ydelse i for de tre områder er:

⁴

Det skyldes de øgede omkostninger ved at lægge eller reparere ledninger under veje sammenlignet med en mark.

- Nordals 22 m³ råvand/time/boring
- Vestals 38 m³ råvand/time/boring
- Sundeved 31 m³ råvand/time/boring

Herudover kommer forskellen i, hvor dybt vandet skal hentes, men her er materialet ufuldstændigt.

Ved at fratække distributionsomkostningerne beregnet som beskrevet i afsnit B.2 fremkommer følgende gennemsnitlige vandpriser for tre af de seks ressourcearealer.

Tabel B.4: Vandpris eksklusiv distributionsomkostninger

Ressourceareal	Vandpris/m ³ ekskl. distributionsomkostninger
Nordals	2,22
Vestals	1,93
Sundeved	1,92

Øst- og Sydals og Kegnæs er ikke nævnt i tabellen, da datamaterialet er ufuldstændigt. Som det ses er Nordals ca. 15% dyrere end Vestals og Sundeved. Imidlertid må man forvente, at indvindingsomkostningerne generelt ligger højere i den sydlige del af Als, hvor vandkvaliteten er dårligere, bl.a. pga. methan, end på Nordals.

Beregnete omkostninger

De konkrete forhold på Als er vurderet således, at kun behandlingsomkostningerne indgår i beregningen af indvindingsomkostningerne. Det skyldes, at omkostninger til boringer skønnes at være næsten ens for alle ressourcearealerne på Als. Det er dog vigtigt ved brug af prioriteringsmetoden, at man vurderer om boringsomkostningerne skal medtages eller ej.

Ved opgørelsen af vandbehandlingsomkostningerne er der skelnet mellem fire kategorier af vandbehandling:

- almindelig
- udvidet
- avanceret
- kompliceret,

som vist i tabel B.5. Omkostningerne ved de forskellige vandbehandlingsformer er estimeret på basis af tal fra undersøgelsesområdet Als/Sønderborg.

Table B.5: Omkostninger ved forskellige former for vandbehandling

Kategori af vandbehandling	Vandbehandlingsproces	Estimeret pris kr. pr. m ³
Almindelig	iltning enkeltfiltrering	0,50
Udvidet	iltning dobbel filtrering mekanisk luftning	0,90
Avanceret	iltning dobbel filtrering mekanisk luftning afblæsning	1,05
Kompliceret	kemisk iltning dobbel filtrering mekanisk luftning afblæsning fældning/sedimentering	1,20

Kilde: Tal fra besvarede spørgeskemaer samt interview med Vand Smith, Christiansfeldt.

Note: Priser pr. m³ er udregnet for et vandværk med en årlig indvinding på 100.000 m³.

Table B.6: Vandbehandling på Als

Ressourceareal	Skønnet vandbehandlingskategori	Omkostning pr. m ³
1. Nordals	Almindelig	0,50
2. Østals	Almindelig	0,50
3. Vestals	Avanceret	1,05
4. Sydals	Udvidet	0,90
5. Sundeved	Udvidet	0,90
6. Kegsnæs	Almindelig	0,50

Tager man udgangspunkt i de skønnede vandbehandlingsomkostninger, fås at det er billigst at indvinde vand fra Nordals, Østals og Kegsnæs, mens det er dyrest i Vestals, jvf. tabel B.6.

Til brug for afprøvning af prioriteringsmodellen er anvendt de skønnede vandbehandlingsomkostninger anført i tabel B.6.

B.6 Baggrundmateriale / Referencer

- /1/ Vandforsyningsloven § 53 a.
- /2/ Rapportbilag II til vandprisudvalgets betænkning, Statistiske oplysninger om vandforbrug, takster og vandforsyningernes økonomi, oktober 1983.
- /3/ Vandværkstakster, Vejledning fra Miljøstyrelsen, Nr. 1, 1986.
- /4/ Kortlægning af brugen af vandmålere i Danmark, rapport for Bygge- og Boligstyrelsen af COWIconsult, oktober 1993.
- /5/ Dafolo Lovservice: Håndbog til vandforsyning.
- /6/ Overvågning af hovedvandsledninger, artikel af Finn Bækkegaard i Vandteknik, August 1992.
- /7/ Vandforsyningsstatistik, 1992.
- /8/ Vandforsyningsstatistik, 1993.

B.7 Bilagsmateriale

Administrative og økonomiske forhold

1	2	3	4	5	6			7	8	9	10	11	12
Lb. nr.	Navn	Ansatte ved vandforsyningen	Tilskningbidrag		Faste årlige afgifter fastsættes på basis af			Vandafgift		Vandafledningsafgift		Samlet vandpris	
			I alt	Kr.	Heraf bidrag til forsynings og sikkeadn.	M	I	E	B	Årets pris	Næste års pris	Årets pris	Næste års pris
		Pers.	Kr.	Kr.	Markeres ved afkrydsninger			Øre/m ³	Øre/m ³	Øre/m ³	Øre/m ³	Øre/m ³	Øre/m ³

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Samlet vand afgift for alm. 1-familie hus med 200 m ³ årlig forbrug	Regnskab i driftsåret 1992								
	Investering i nyt anlæg			Driftsudgifter					
	I alt	Heraf til ledningsanlæg	Heraf	køb af vand		køb af el + olie		lønninger	
Kr./år	1000 kr.	1000 kr.	1000 kr.	1000 kr.	1000 kr.	1000 kr.	1000 kr.	1000 kr.	1000 kr.
									Særlige bemærkninger



Udover spørgsmålene i vedlagte skemaer bedes De besvare følgende:

- Hvor mange penge brugte vandværket i 1992 til:

Investering: _____

Drift: _____

Vedligehold af ledningsnet: _____

Vedligehold af øvrige anlæg: _____

Behandling: _____

Distribution: _____

- Hvor mange km hovedledning har vandværket: _____

- Hvor mange km forsyningsledning har vandværket: _____

- Omkostninger og metode til rensning af råvand: _____

- Leverer vandværket vand til andre vandværker: _____

- Hvis ja til ovenstående, hvor meget og til hvem: _____

- **Hvad ville De gøre, hvis De fik at vide at De måtte lukke Deres borer p.g.a. forurening: Bygge nyt vandværk længere væk, lægge ledninger til andet vandværk, andet? Venligst uddyb Deres svar.** _____

- **Har vandværket servicefaciliteter som laboratorie, nødstrømsanlæg, EDB-overvågning/styring, etc. Hvis ja, hvilke:** _____

- **Har De indregnet fremtidige investeringsbehov i vandprisen:** _____

Hvilken fremgangsmåde har De brugt: _____

De er velkommen til at skrive på bagsiden, hvis De mangler plads.

C Baggrundsnotat vedr. punktkilder

C.1 Punktkildeforurening generelt

Den danske vandforsyning er baseret på indvinding af grundvand med en naturlig god kvalitet, der oftest kun forudsætter en meget simpel vandværksbehandling, før det anvendes som drikkevand. En væsentlig forudsætning for at sikre den fremtidige vandforsyning er bl.a. at der hurtigt og effektivt kan sættes ind over for menneskeskabte grundvandstruende forureningskilder.

I dette afsnit er gennemgået de væsentligste punktkilder, der potentielt vil kunne udgøre en forureningsmæssig risiko for grundvandsindvindingen.

Forureningskilder

De mulige punktkilder vil her blive opdelt i følgende grupper:

- Affaldsdepoter
- Nuværende og tidligere industrigrunde
- Olieanlæg, -rørledninger og benzinstationer
- Fyldpladser, lossepladser og specialdepoter
- Andre kilder (gylletanke, nedslivningsanlæg, spild fra uheld ved transport af kemikalier).

I det følgende beskrives hver af disse grupper.

Affaldsdepoter

Affaldsdepoter omfatter jvf. affaldsdepotloven grunde indeholdende kemikalieaffald og/eller olieaffald samt nedlagte lossepladser. I loven er anført nogle krav vedrørende driftstidspunkter/deponeringsperioden for depoterne/lossepladserne.

Nuværende og tidligere industri anlæg

I forbindelse med de fleste nuværende og tidligere industri anlæg er der eller har der været større eller mindre oplag af forskellige organiske opløsningsmidler i underjordiske tanke samt evt. oplag af olie. Udslip af disse opløsningsmidler samt olie er en hyppig kilde til jord- og grundvandsforurening på/ved de pågældende ejendomme.

Olieanlæg, rørledninger og benzinstationer

Udslip af olie er en potentiel forureningskilde for grundvandet. En af de hyppigste kilder til olieforurening er utætte olietanke. Risikoen for at en olietank har forurennet grundvandet afhænger bl.a. af olietankens størrelse og alder samt af antallet af tanke på en given lokalitet.

Fyldpladser, lossepladser og specialdepoter

Fyldpladser er almindeligvis indrettet til at modtage bl.a. bygningsaffald, overskudsjord og haveaffald, dvs. affaldstyper der, såfremt de er uforurenede, ikke skulle medføre risiko for grundvandsforurening. Lossepladser er indrettet til deponering af dagrenovation, industriaffald m.v. Specialdepoter er indrettet til deponering af en enkelt eller et begrænset antal affaldstyper af kendt sammensætning.

En del af de tidligere lossepladser vil jvf. affaldsdepotloven være at betragte som affaldsdepoter. På de øvrige lossepladser samt formentlig også nogle af fyldpladserne har der gennem tiderne været foretaget deponering af alle typer af affald, incl. kemikalieaffald. Risikoen for forurening fra fyld- og lossepladser uden forureningsbegrænsende foranstaltninger vil potentielt være alle tænkelige typer af forureninger.

Andre kilder

Af andre punktkilder, som der jvf. Dansk Ingeniørforenings norm for fælles vandforsyningsanlæg (DS 442, 2. udgave, december 1988) stilles afstandskrav til, er der eksempelvis gylletanke, nedslivningsanlæg og ikke tryktætte kloakledninger. Hertil kommer tillige spild fra uheld af transport af kemikalier. Samtlige af de nævnte kilder vil potentielt kunne give anledning til grundvandsforurening med hhv. ammoniak, spildevand samt diverse kemikalier.

Indvirkning på grundvand

De kystnære by- og industriområder er ofte karakteriserede ved relativt mange forureningskilder indenfor et begrænset område. Den kystnære placering betyder, at forureningen begrænser sig til de grundvandsressourcer, der er beliggende mellem det pågældende område og kysten. Denne grundvandsressource udnyttes normalt ikke fordi en grundvandssænkning så tæt på kysten kan medføre saltvandsindtrængen.

Depoter med lavmobile forureningskomponenter vil på længere sigt udgøre en trussel mod grundvandet, idet forureningsudbredelsen vil foregå langsomt. Lavmobile forureningskomponenter vil bl.a. omfatte forureninger med de fleste metaller.

Depoter med højmobile forureningskomponenter vil udgøre en potentiel akut trussel mod grundvandet. Højmobile forureningskomponenter vil hovedsageligt omfatte uorganiske salte, olie/benzin, organiske opløsningsmidler samt visse tjærekomponenter.

Beskyttelse

Grundvandsmagasinerne beskyttelse bestemmes af de geologiske og hydrogeologiske forhold, der er afgørende for hvilken konkret effekt og over hvilken tidshorizont effekten fra en given punktkilde vil påvirke grundvandskvaliteten. Der henvises til baggrundsnotat A. En kystnær placering af punktkilden, vil medføre, at udsivningen hovedsageligt sker til recipienten, hvor det evt. udgør en trussel mod flora og fauna, men som hovedregel ikke mod grundvandet.

Punktkilder placeret i ikke-kystnære områder vil potentielt kunne udgøre en trussel mod grundvandsressourcen i området.

C.2 Måling af effekten af punktkildeforureninger

Ved de fleste af de hidtil gennemførte afværgeprojekter på forurenede grunde, er oprensningerne hovedsageligt gennemført af hensyn til den nuværende og/eller kommende arealanvendelse af det pågældende område.

Omkostninger målt i kr.

Miljøstyrelsen har i forbindelse med en opgørelse over samtlige ressourcer anvendt til oprydning på forurenede grunde /1/ givet nogle overslag over omfanget af de enkelte delaktiviteter på baggrund af oplysninger fra amterne. Det fremgår af denne opgørelse, at gennemsnitsprisen på de gennemførte offentlige afværgeprojekter er ca. 2,5 mill. kr. Prisen på afværgeforanstaltningerne vil dog kunne svinge meget, fra under 100.000 kr. for enkle olieforureninger til 40 mill. kr. i Mundelstrup og over 100 mill. kr. på de to største gasværker i Danmark.

Det er endvidere skønnet, at der på ca. 1/3 af depoterne skal laves længerevarende afværgeforanstaltninger, og at driften af dette vil beløbe sig til ca. 0,1 mill. kr. pr. år i 20 år.

Omkostningerne forbundet med afværgeforanstaltningerne udført alene af hensyn til grundvandet varierer meget. På nogle af de få afværgeprojekter, der er gennemført ene og alene af hensyn til grundvandet har omkostningerne været i størrelsesordenen 1,5 mill. kr. excl. moms for et areal på ca. 40.000 m².

Karakterisering

Indenfor de enkelte ressourcearealer kan de enkelte punktkilder karakteriseres ved:

- **Beliggenhed.** Den kystnære⁵ beliggenhed tillægges værdien 0, da den er uden betydning for påvirkningen af grundvandet det pågældende sted. Den ikke kystnære placering tillægges værdien 1, da den er af afgørende betydning for evt. påvirkning af grundvandsressourcen.
- **Beskyttelse.** Beskyttelsen af et givet område varierer jvf. notat vedr. ressourcearealer mellem 1 og 3, hvor den mindste værdi gives til områder med god beskyttelse af grundvandsreservoirer.
- **Forurenings art.** Den mobile forurening tillægges værdien 1 og den immobile forurening værdien 0.
- **Størrelse.** Udbredelse af forurening i m².

Brutto-, nettoliste

Udfra bruttolisten over punktkilder foretages der en sortering, således at alle punktkilder, der udfra beliggenhed eller forureningsart får værdien 0, udgår. De øvrige inddeles efter ressourcearealer, og man får herved en nettoliste som angivet i tabel C1.

Scoring

Udfra nettolisten gives hvert ressourceareal en punktkildescoring der beregnes som:

$$\text{Scoring} = \text{Beskyttelse} \times \text{Samlet areal}$$

⁵

Kystnær beliggenhed defineres som lokaliteter med grundvandsstrøm mod kysten og så tæt på kysten at der ikke er mulighed for placering af vandindvinding mellem lokaliteten og kysten.

Transformationen af effekterne af punktkildeforureningerne kan da foretages ved at den største scoring giver værdien (omkostningen) 100. I tabel C.1 er der til illustration af dette anført et eksempel på transformationen.

Tabel C.1: Eksempel på transformation

Ressourceareal Nr.	Beskyttelse (1-3)	Samlede areal m ²	Scoring	Transformeret værdi
1				
2				
3	2	120.000	240.000	80
4	1	60.000	60.000	20
5	2	150.000	300.000	100
6				

C.3 Kortlægning og beskrivelse af væsentlige punktkilder på Als

På baggrund af de indsamlede oplysninger fra de berørte kommuner på Als samt Sønderjyllands Amtkommune er der udarbejdet tabeller over hhv. affaldsdepoter (incl. lossepladser registreret som affaldsdepoter) (tabel 1), losse- og fyldpladser (tabel 2), tankstationer (tabel 3) samt arealerne af større nuværende industrianlæg (tabel 4) i undersøgelsesområdet. I tabel 1 til 3 er endvidere anført hvilke ressourcearealområde den pågældende lokalitet er beliggende i.

Der er for industriområderne regnet med det samlede areal uden hensyntagen til, om forureningen er mobil eller immobil, idet der ikke er indsamlet data om dette.

Der er for tankstationerne anvendt en gennemsnitsstørrelse på 2.000 m².

For losse- og fyldpladserne er der regnet med en gennemsnitsstørrelse på 15.000 m², idet der for størstedelen ikke foreligger oplysninger om størrelse.

Tabel C.2: Affaldsdepoter i undersøgelsesområdet

Affaldsdepot nr. / ressourceareal nr.	Navn	Type	Forureningskomponent	Omfang	Kystnær / ikke kystnær
Nordborg Kommune					
523-5702 / 1	Rødenæb	Nedlagt kommunal losseplads	Dagrenovation og fyld	1.000 m ²	+ /
523-5703 / 1	Vesterlund	Losseplads	Dagrenovation & metalhydroxidslam (Cr6+ og CN), chlorerede opløsningsmidler	84.000 m ²	/ +
523-5704 / 1	Skovvejen	Nedlagt kommunal losseplads	Dagrenovation & metalhydroxidslam (Cr6+, CN)	1.000 m ²	/ +
523-5705 / 3	Klingbjerg I	Nedlagt kommunal fyld- og losseplads	Dagrenovation & spildolie, slam fra Danfoss eller renseanlæg	6.000 m ²	/ +
523-5706 / 3	Egen Næs	Nedlagt kommunal losseplads	Blandet affald	1.000 m ²	+ /
523-5707 / 1	Ærvej	Nedlagt kommunal losseplads	Flydende affald, organiske opløsningsmidler og tungmetaller	13.000 m ²	/ +
523-6010 / 1	Danfoss A/S	Industrigrund, flere hotspots	Chrom, cadmium, opløsningsmidler, chlorerede opløsningsmidler, oliekomponenter, cyanid	Fleere delarealer	/ +
523-5722 / 1	Gammel Dam	Nedlagt kommunal losseplads	Dagrenovation, industriaffald	10.000 m ²	/ +
523-5725 / 2	Himmark Strand	Nedlagt privat losseplads	Byggeaffald, afbrændt flydende affald, olie, tri- og perchlorethylen	1.000 m ²	+ /
523-5726 / 1	Ruglække	Nedlagt kommunal losseplads	Fyldjord, dagrenovation, uorganisk affald, metal, opløsningsmidler	5.800 m ²	/ +

Affaldsdepot nr. / ressourceareal nr.	Navn	Type	Forureningskomponent	Omfang	Kystnær / ikke kystnær
Augustenborg Kommune					
501-5227 / 3	Almsted 1	Nedlagt losseplads	Affald fra slamsuger	1.000 m ²	/ +
501-5729 / 3	Almsted 2 + 3	Nedlagt losseplads	Affald fra slamsuger	5.000 m ²	/ +
Sønderborg Kommune					
537-5702 / 3	Skratmosen	Nedlagt kommunal losseplads	Organiske opløsningsmidler, kemikalieaffald. Methan-gas	97.800 m ²	+ / (+)
537-5704 / 4	Ragebøl	Nedlagt kommunal losseplads	Forefaldende affald næppe kemikalieaffald	10.000 m ²	/ +
537-5705 / 3	Spang Vade	Nedlagt losseplads	Forefaldende affald	5.900 m ²	/ +
537-0209 / 3	Stendrup Jensen	Asfaltværk	Olie og tjære	6.500 m ²	/ +
537-4201 / 3	Sønderborg Gasværk Ved stranden	Gasværk (nedlagt)	Tjære, cyanid, tungmetaller	4.300 m ²	+ /
537-4202 / 3	Sønderborg Gasværk Skovvej	Gasværk (nedlagt)	Tjære, opløsningsmidler, olie, tungmetaller, cyanid	20.000 m ²	+ /
537-0210 / 3	Rønhave Forsøgsstation	Opfyldt voldgrav	Rester fra brændtomt, tagpap	110 m ²	/ +
537-7 / 3	Sundgade		Oliekomponenter	2.000 m ²	+ /
537-0415 / 3	Lerbjerg	Lagertanke	Oliekomponenter	2.000 m ²	/ +
537-7107 / 3	Shell A/S Fynsgade 8	Lagertanke	Olie- og benzinkomponenter	4.000 m ²	/ +
537-7407 / 3	Tridan Fynsgade 14	Maskinfabrik	Chlorerede opløsningsmidler	5.500 m ²	/ +

Tabel C.3: Losse- og fyldpladser (ikke registrerede affaldsdepoter) i undersøgelsesområdet

Plads Nr. / Ressourceareal	Navn	Type	Forureningskomponenter	Omfang	Kystnær/ikke kystnær
Nordborg Kommune					
523-1 / 1	Jørgen Bladts Mose	Losseplads	Dagrenovation	-	/ +
523-9 / 1	Pøl Strand, Nordborg	Fyldplads?	Dagrenovation og fyld	-	/ +
523-12 / 1	Lønsømade	Fyldplads	?	-	+ /
Augustenborg Kommune					
501-1 / 2	Østerholm	Losseplads	Husholdningsaffald	-	/ +
501-2 / 3	Guderupvej	Losseplads	Husholdningsaffald	-	/ +
501-3 / 3	Padholm	Losseplads	Husholdningsaffald	-	/ +
501-4 / 2	Almstedskov	Losseplads	Husholdningsaffald	-	/ +
501-5 / 2	Høgebjerg, Asserballe	Fyldplads	Fyld	-	/ +
501-6 / 2	Tovrup, Kettingskov	Losseplads	Husholdningsaffald, jordfyld m.v.	-	/ +
501-7 / 2	Grammosevej, Asserballe-skov	Losseplads	Husholdningsaffald, jordfyld m.v.	-	/ +
501-8 / 3	Gammelgård	Losseplads	Dagrenovation	-	/ +
501-9 / 3	Landevejen, Kettinge	Fyldplads	Fyld	-	/ +
501-10 / 3	Bro	Losseplads	Affaldet er fjernet	-	+ /
501-11 / 3	Sebbelev Nor	Losseplads	Husholdningsaffald og jord- og bygningsaffald	-	+ /
501-12 / 3	Sebbelev (matr.nr. 17)	Losseplads	Husholdningsaffald, jord- og bygningsaffald	-	+ /
501-13 / 2	Helleved ?	?	Affaldet er fjernet	-	/ +
501-14 / 2	Asserballeskov ?	?	Jord- og bygningsaffald	-	/ +
501-15 / 2	Randsbjerg ?	?	Træaffald, dagrenovation og bilvrag	-	/ +
Sønderborg Kommune					
537-1 / 3	Ladegårdens Midtkobbel	Losseplads	? evt. kemikalieaffald	-	+ /
537-6 / 3	Spang Vade	Fyldplads	Fyld	-	+ /
537-7 / 3	Honninghul ?	Fyldplads	Jordaffald, murbrokker	-	/ +
537-8 / 4	Vemmingbund	Fyldplads	Træaffald	-	+ /

Plads Nr. / Ressourceareal	Navn	Type	Forureningskomponenter	Omfang	Kystnær/ikke kystnær
Sundeved Kommune					
533-2 / 4	Vester Sottrup	Losseplads	?	-	/ +
Sydals Kommune					
535-11 / 5	Sdr. Landevej	Losseplads	?	-	/ +
535-12 / 5	Lambjergsmed	Losseplads	?	-	/ +
535-13 / 5	Hyldestub	Losseplads	?	-	/ +
535-14 / 3	Lambjergvej	Losseplads	?	-	/ +
535-21 / 5	Ollundsbjerg ?	Losseplads	?	-	/ +
535-22 / 5	Ertebjergvej 16	Losseplads	?	-	/ +
535-23 / 2	Asserballevej	Losseplads	?	-	/ +
535-24 / 5	Fiskervej	Losseplads	?	-	+ /
535-25 / 2	Ertebjergvej (matr.nr. 144 og 296)	Losseplads	Fyld	-	/ +
535-31 / 5	Kegnesgård	Losseplads	?	-	+ /
535-32 / 5	Kobbertoft	Losseplads	?	-	+ /
535-33 / 5	Kegnesvej 140	Losseplads	?	-	+ /
535-41 / 6	Flejmose	Losseplads	?	-	+ /
535-42 / 6	Vestermark	Losseplads	?	-	+ /
535-43 / 6	Hagensig	Losseplads	Fyld	-	/ +
535-34 / 5	Skovbymark	Losseplads	?	-	/ +
535-44 / 6	Damkobbøl	Losseplads	?	-	/ +

Tabel C.4: Tankstationer i undersøgelsesområdet

Kommune / Ressourceareal	Adresse	Kystnær/ikke kystnær beliggenhed
Nordborg / 3	Kirkevej 2, Guderup, 6430 Nordborg	/ +
Nordborg / 1	Søndergade 22, 6430 Nordborg	/ +
Nordborg / 1	Søvej 1, 6430 Nordborg	+ /
Augustenborg / 3	Banegårdsgade 9, 6440 Augustenborg	+ /
Sønderborg / 3	Als-gade 2, 6400 Sønderborg	/ +
Sønderborg / 3	Alsvej 86, 6400 Sønderborg	/ +
Sønderborg / 4	Avnbølvej 2, Ullerup 6400 Sønderborg	/ +
Sønderborg / 3	Skolevænget 8A, 6400 Sønderborg	+ /
Sønderborg / 4	Slotsgade 26, 6300 Gråsten	+ /
Sønderborg / 4	Åbenråvej 1, 6400 Sønderborg	+ /
Sydals / 5	Sdr. Landevej 217, Høruphav, 6400 Sønderborg	+ /
Vester Sottrup / 4	Stationsgade 3, V. Sottrup 6400 Sønderborg	/ +

Tabel C.5: Industriområder

Ressourceareal nr.	Navn	Omfang, kystnær beliggenhed	Omfang, ikke kystnær beliggenhed
1	Nordals	0	1.390.000 m ²
2	Østals	0	0
3	Vestals	95.000 m ²	3.043.000 m ²
4	Sundeved	234.000 m ²	1.017.000 m ²
5	Sydals	0	272.000 m ²
6	Kegenæs	0	0

I tabellerne er så vidt muligt angivet oplysninger om de enkelte typer af forureningskomponenter, arealmæssige omfang af depotet/lokaliteten samt placering i forhold til kysten.

På baggrund af tabellerne samt oplysninger om beliggenhed af vandværker, indvindinger og industriområder er figurene 1-7 udarbejdet:

- Figur 1 Placering af affaldsdepoter
- Figur 2 Placering af industriområder
- Figur 3 Placering af tankstationer og losse- og fyldpladser
- Figur 4 Ressourcearealinddeling samt placering af vandværker og indvindinger
- Figur 5 Placering af affaldsdepoter, vandværker og indvindinger

Figur 6 Placering af industriområder, vandværker og indvindinger

Figur 7 Placering af tankstationer, losse- og fyldpladser, vandværker og indvindinger.

Med henblik på at vurdere risikoen for udslip af stoffer, der potentielt kan udgøre en risiko for grundvandsressourcen, er der foretaget en sortering af de i tabel 1 til 4 listede punktkilder.

Kystnær placering

Som det fremgår af både tabeller og kort, er nogle af lokaliteterne placeret kystnært. Således er nogle af de ialt 24 affaldsdepoter placeret kystnært, en del af de ialt 41 losse- og fyldpladser og få af de ialt 12 tankstationer. En beskedent del af industrivirksomhederne i Sønderborg By er placeret kystnært.

I den videre bearbejdning af materialet er det vurderet, at de kystnære punktkilder ikke udgør en trussel for grundvandsressourcen det pågældende sted.

Mobilitet af forurening

På baggrund af kendskabet til typen af forureningskomponenter på de enkelte grunde, foretages der en frasortering af grunde med lavmobile forureningskomponenter samt nogle af de gamle losse- og fyldpladser.

I forbindelse med nogle af lokaliteterne foreligger der p.t. ikke oplysninger om typen af forureningskomponenter. I det videre arbejde er der derfor taget udgangspunkt i, at der er tale om højmobile forureningskomponenter det pågældende sted. For industriområderne er der dog regnet med, at det kun er på ca. 10% af det samlede område anført i tabel 5, at der er forurenede med mobile forureningskomponenter.

C.4 Måling af effekten af punktkildeforureninger på Als

Med udgangspunkt i den i afsnit 2 valgte transformation af effekten af punktkildeforureninger på Als fås nedenstående værdier for de enkelte ressourcearealer (tabel C6).

Der er for hvert ressourceareal taget hensyn til de lokaliteter, hvor placering i forhold til kysten samt mobilitet af forureningskomponenter nødvendiggør at sårbarheden m.h.t. geologi og hydrogeologi inddrages med henblik på at give et samlet mål for effekten af punktkildeforureninger.

Tabel C.6: Transformeret værdi af punktforureningskilder

Ressourcereal	Beskyttelse	Areal (m ²)				Σ	Score	Transformeret værdi
		Affaldsdepoter	Fyld- og lossepladser	Tankstationer	Industriområder			
1	1	114.800	30.000	2.000	139.000	285.800	285.800	26,8
2	2	1.000	150.000	0	0	151.000	302.000	28,4
3	2	161.110	60.000	6.000	304.300	531.410	1.062.820	100
4	1	10.000	15.000	4.000	101.700	130.700	130.700	12,3
5	2	0	105.000	0	27.200	132.200	264.400	24,9
6	2	0	30.000	0	0	30.000	60.000	5,6

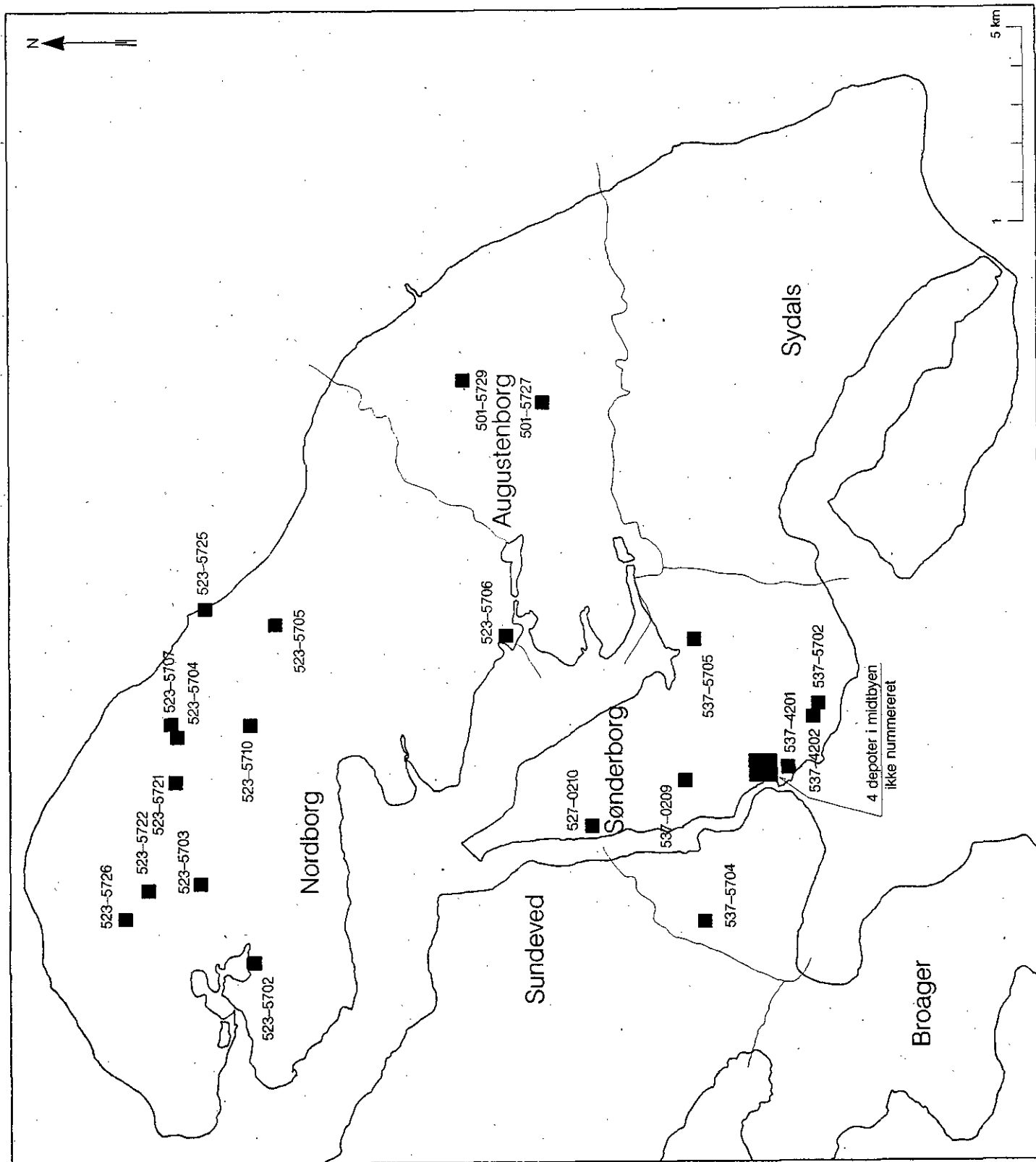
C.5 Baggrundsmateriale

- Miljøministeriet (1990): Lov nr 420 om affaldsdepoter, 13. juni 1990.
- Amtenes årlige indberetninger til Miljøstyrelsen vedrørende affaldsdepoter. Beskriver de aktuelle affaldsdepoter i de pågældende amt, beliggenhed, type af forurening om muligt, areal af forurenede område, hvad den pågældende forurening udgør en trussel imod (ex. grundvand), kortfattet beskrivelse af evt. gennemførte undersøgelser og afværgeforanstaltninger, tidsplan for det videre arbejde i forbindelse med de enkelte affaldsdepoter.
- Kommunernes tankregistre: Beliggenhed af både større og mindre nedgravede tanke - både olietanke samt tanke med organiske opløsningsmidler. Ikke fuldt opdateret i alle kommuner.
- Kommunernes bygningsinspektorater/bygningsafdelinger: Byggesagerne indeholder oplysninger om kloakledninger, olieanlæg og -ledninger på samtlige grunde.
- Kommunernes miljøafdelinger: Oplysninger om miljøforhold på både tidligere og nuværende industrigrunde, herunder om anvendelse af evt. kemikalier, opløsningsmidler, uheld/spild på ejendommene, nedslivningsanlæg, gylletanke og evt. specialdepoter. Oplysninger om fyld- og lossepladser og de forureningsbegrænsende foranstaltninger, der evt. er etableret i forbindelse hermed (membran, dræn m.m.).
- Amtenes oversigter over losse- og fyldpladser. Oplysninger om beliggenhed, typer af affald der er modtaget/modtages, areal, geologiske og hydrogeologiske forhold omkring pladsen.
- Amtenes miljøindustriafdelinger: Oplysninger om større industrivirksomheder.

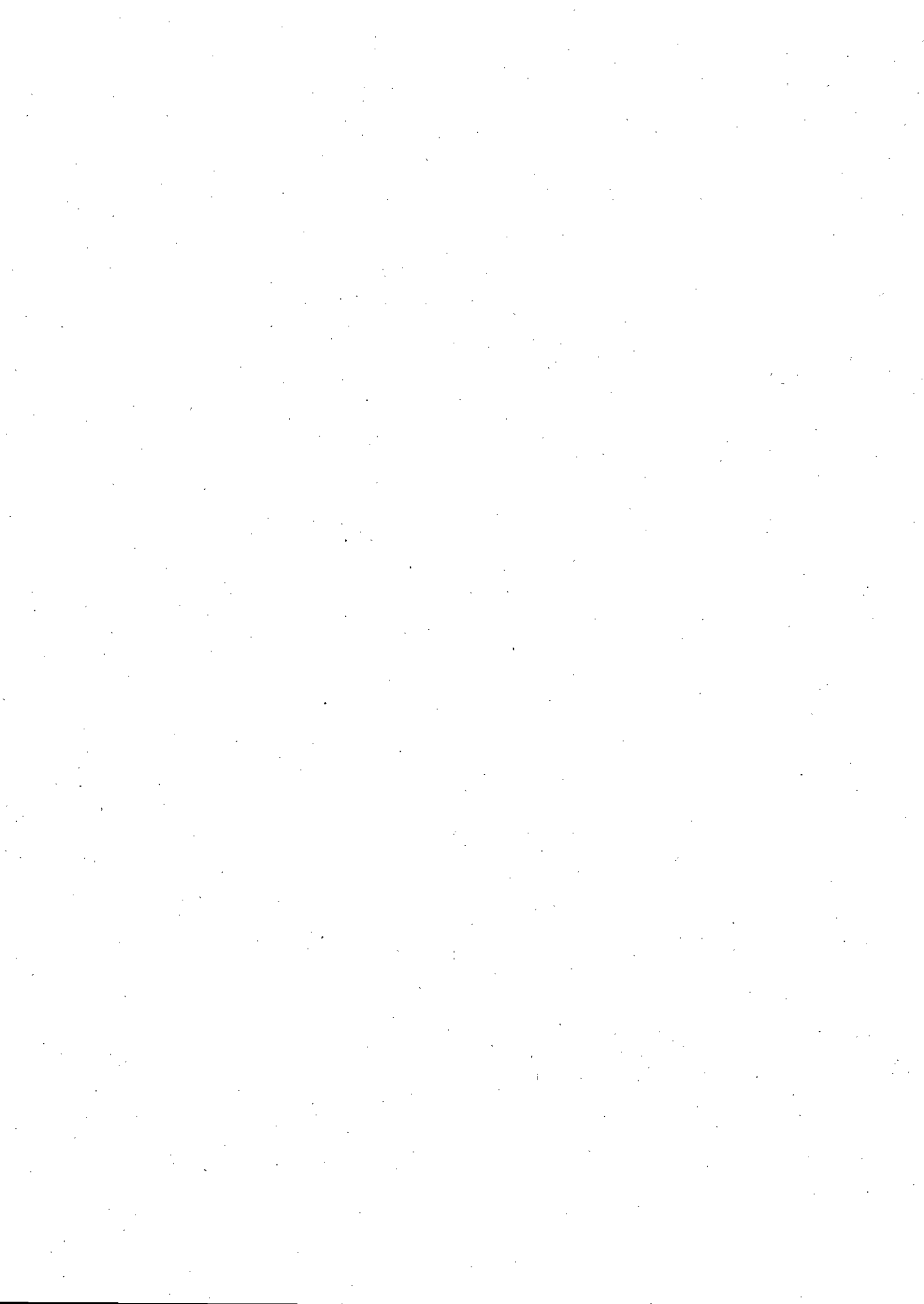
- Amternes grundvandsafdelinger: Oplysninger om vandværker og indvindinger.

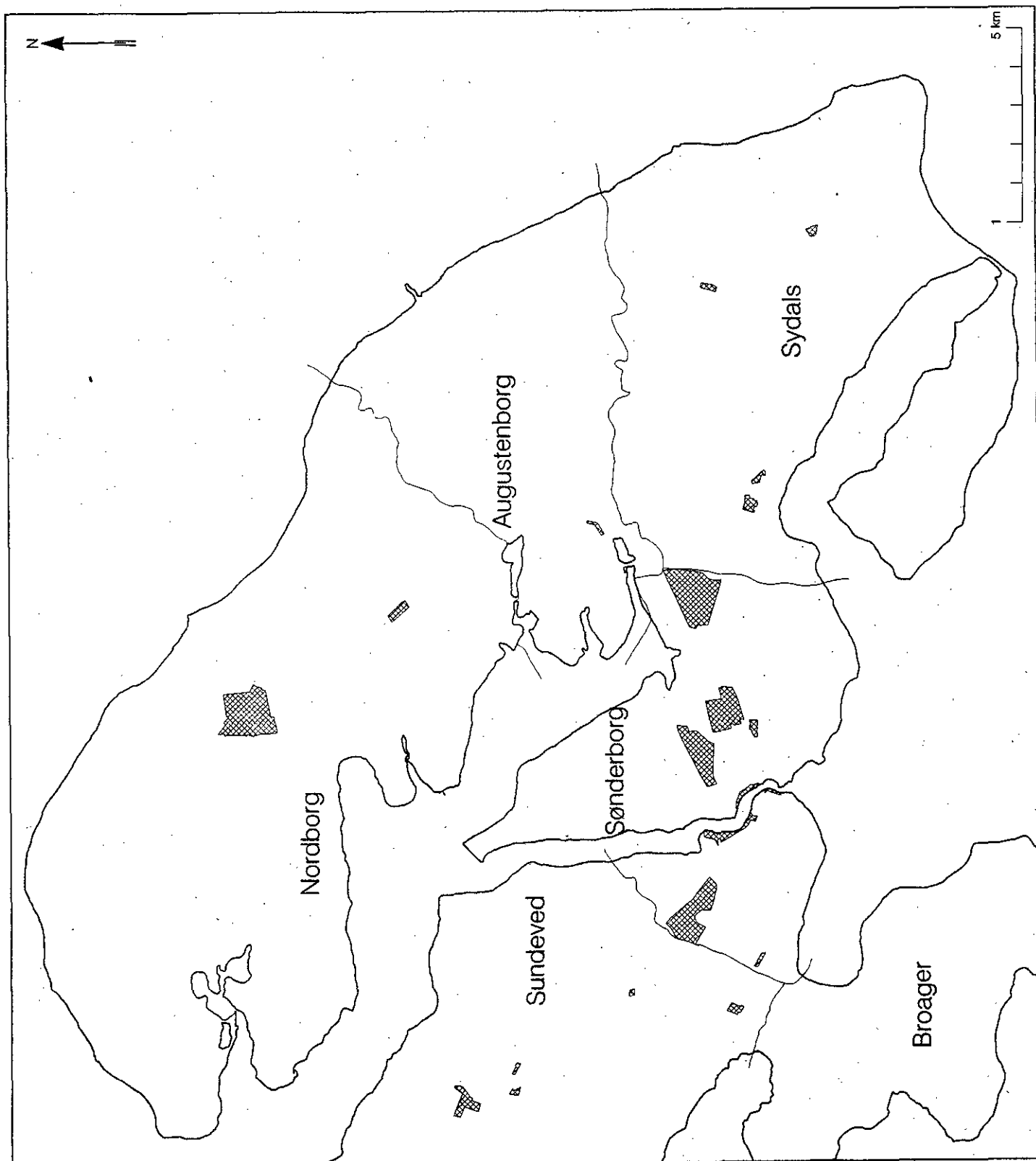
6. Referencer

/1/ Miljøministeriet (1993): Depotredegørelse 1993. Redegørelse nr. 1 1993 fra Miljøstyrelsen.



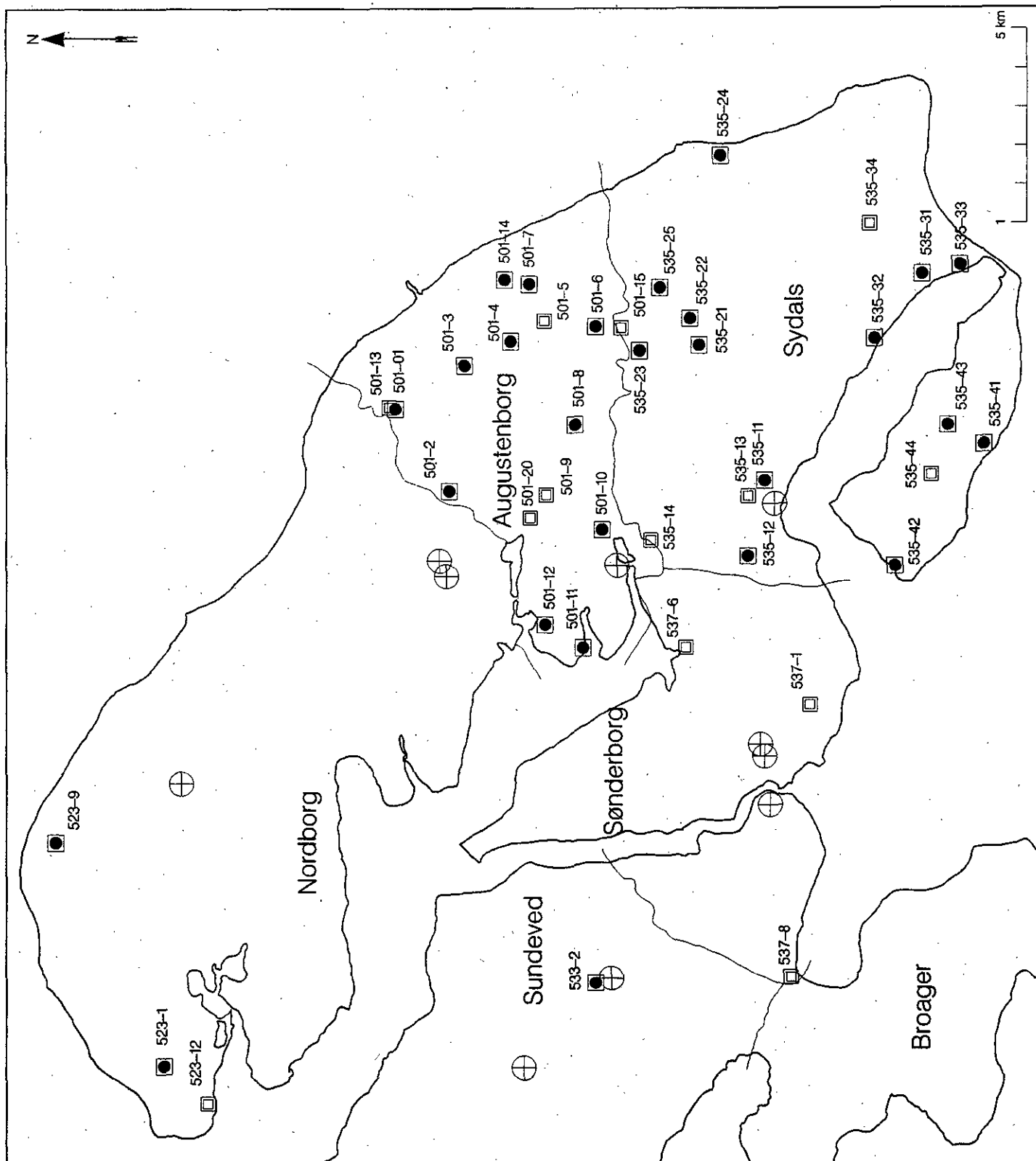
Figur 1
Placering af afaldsdepoter



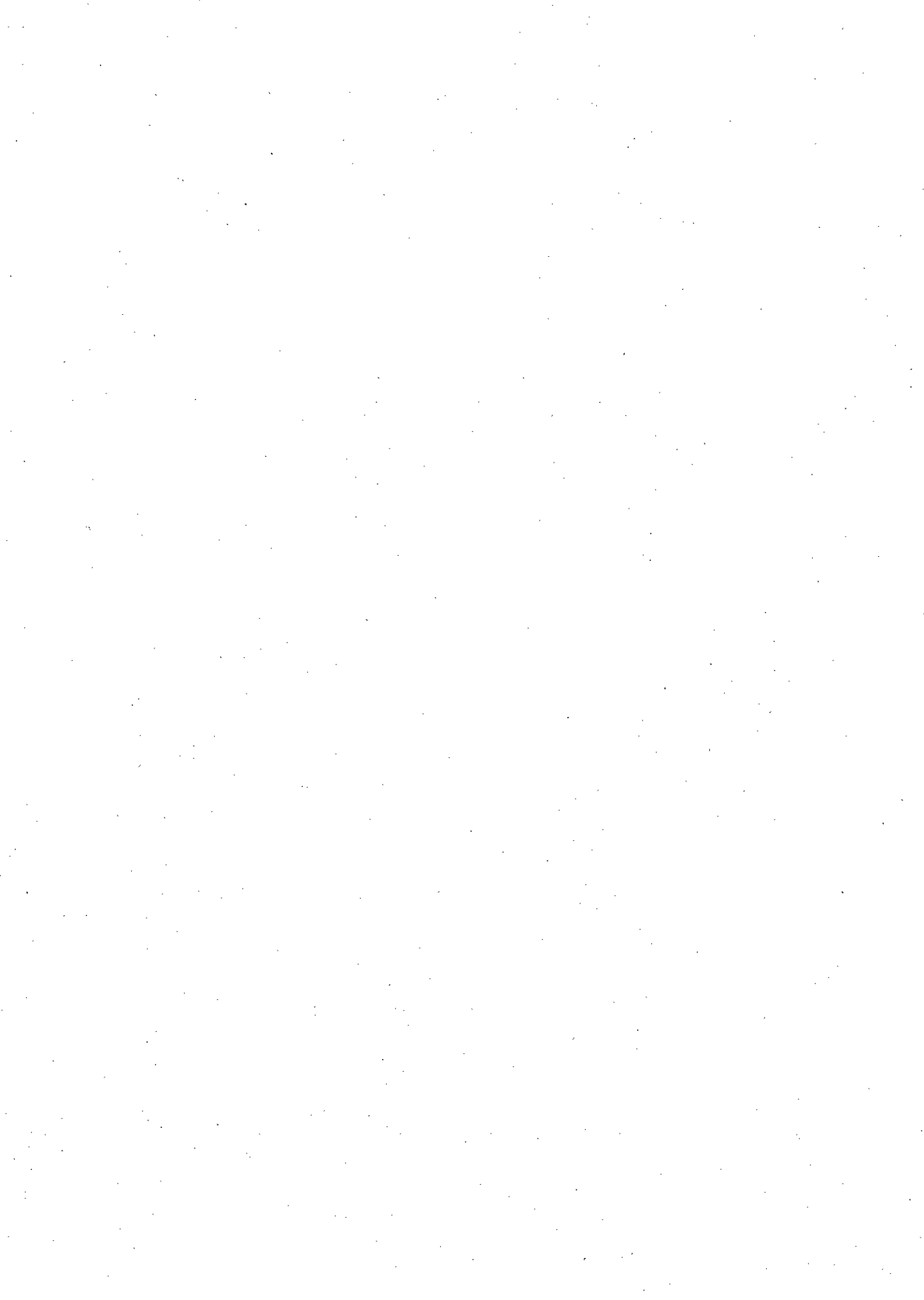


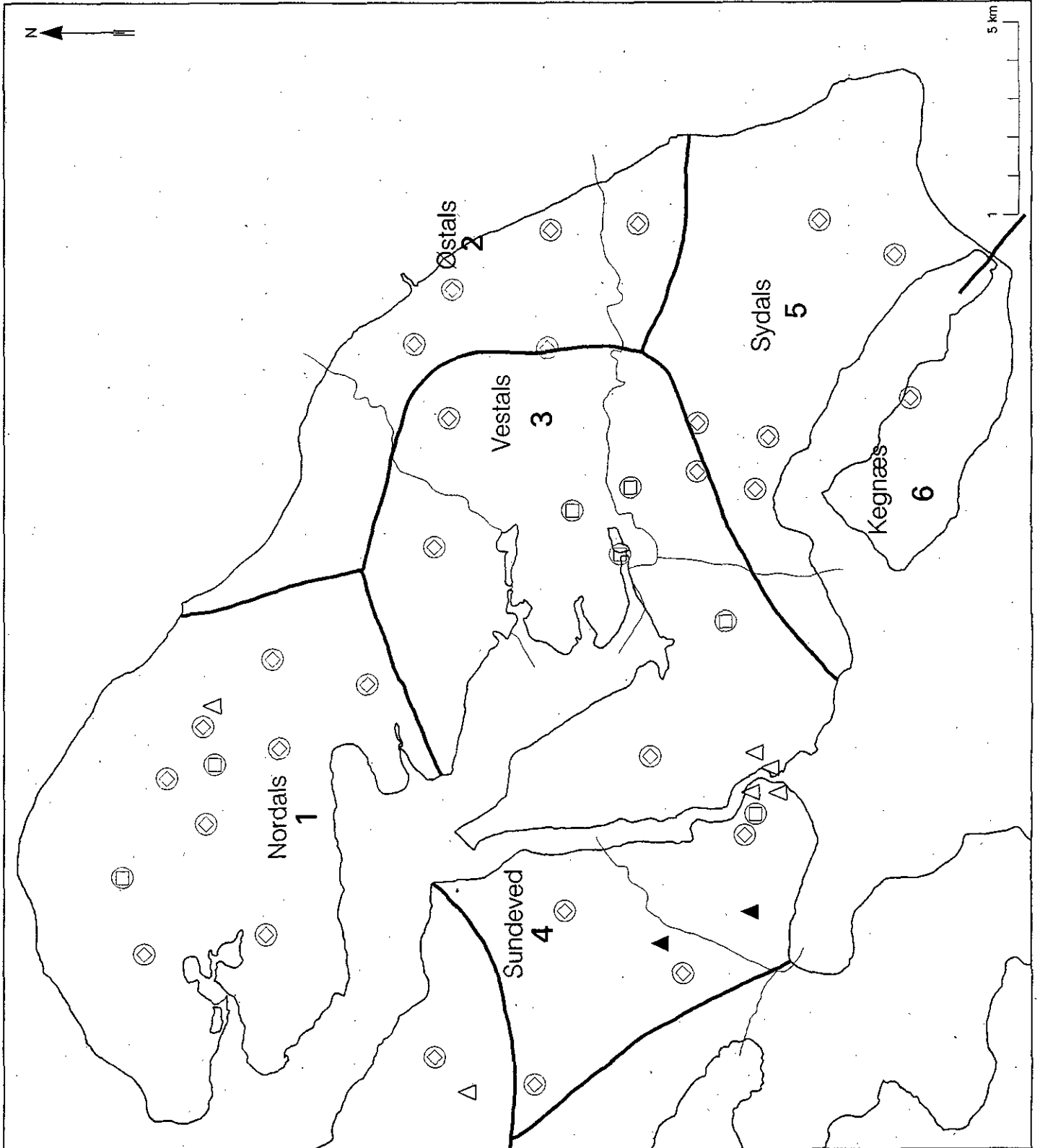
Figur 2
Placering af industriområder





Figur 3
Placering af tankstationer og
losse- og fyldpladser





Signaturer:



Ressourceafgrænsning



Kommunalt Vandværk



Planlagt ny indvinding



Privat Vandværk



Industri indvinding

Navn og

referencenummer til ressourceareal

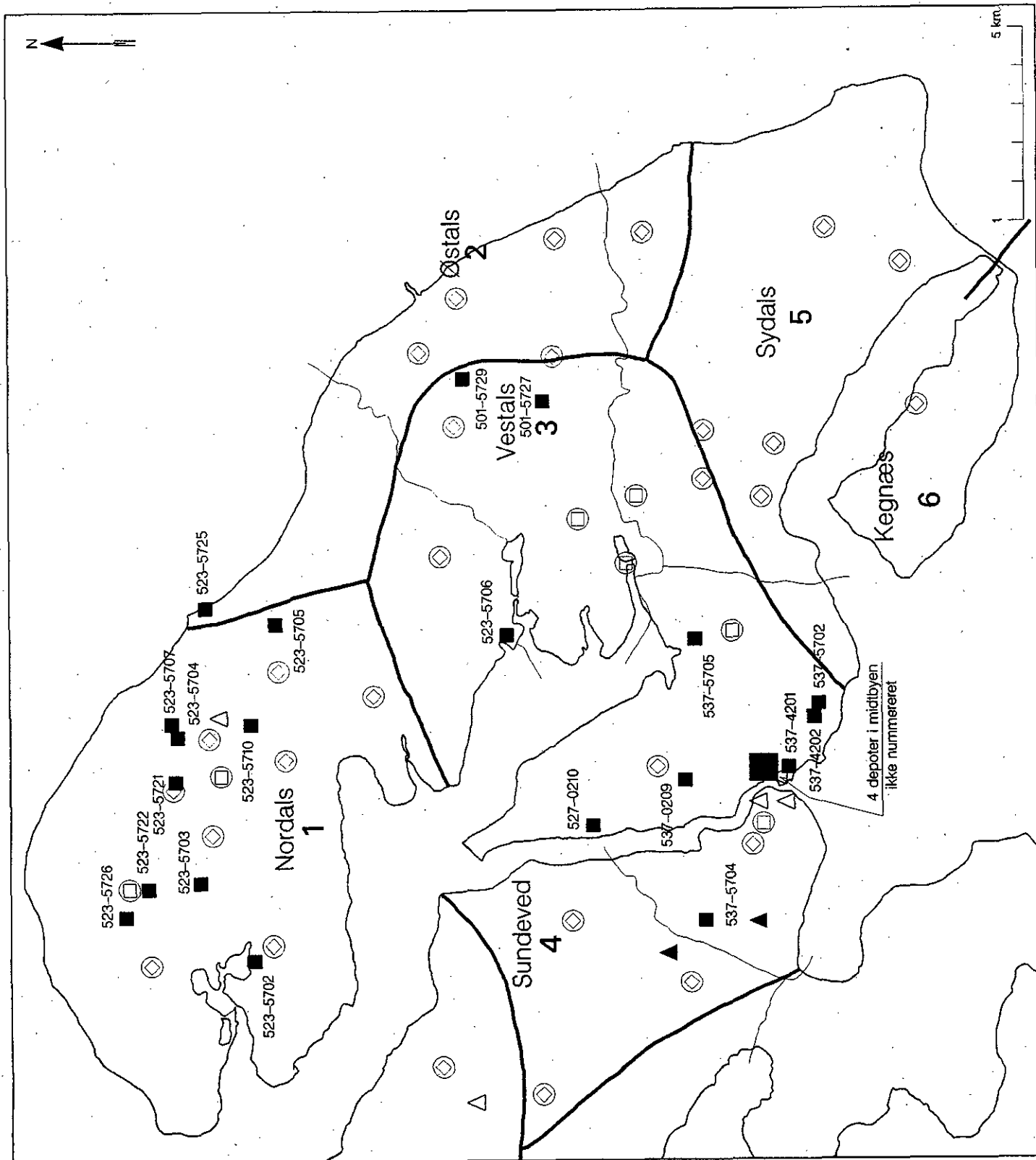
Østals

2

Figur 4

Ressourceområde inddeling samt
placering af vandværk og indvinding





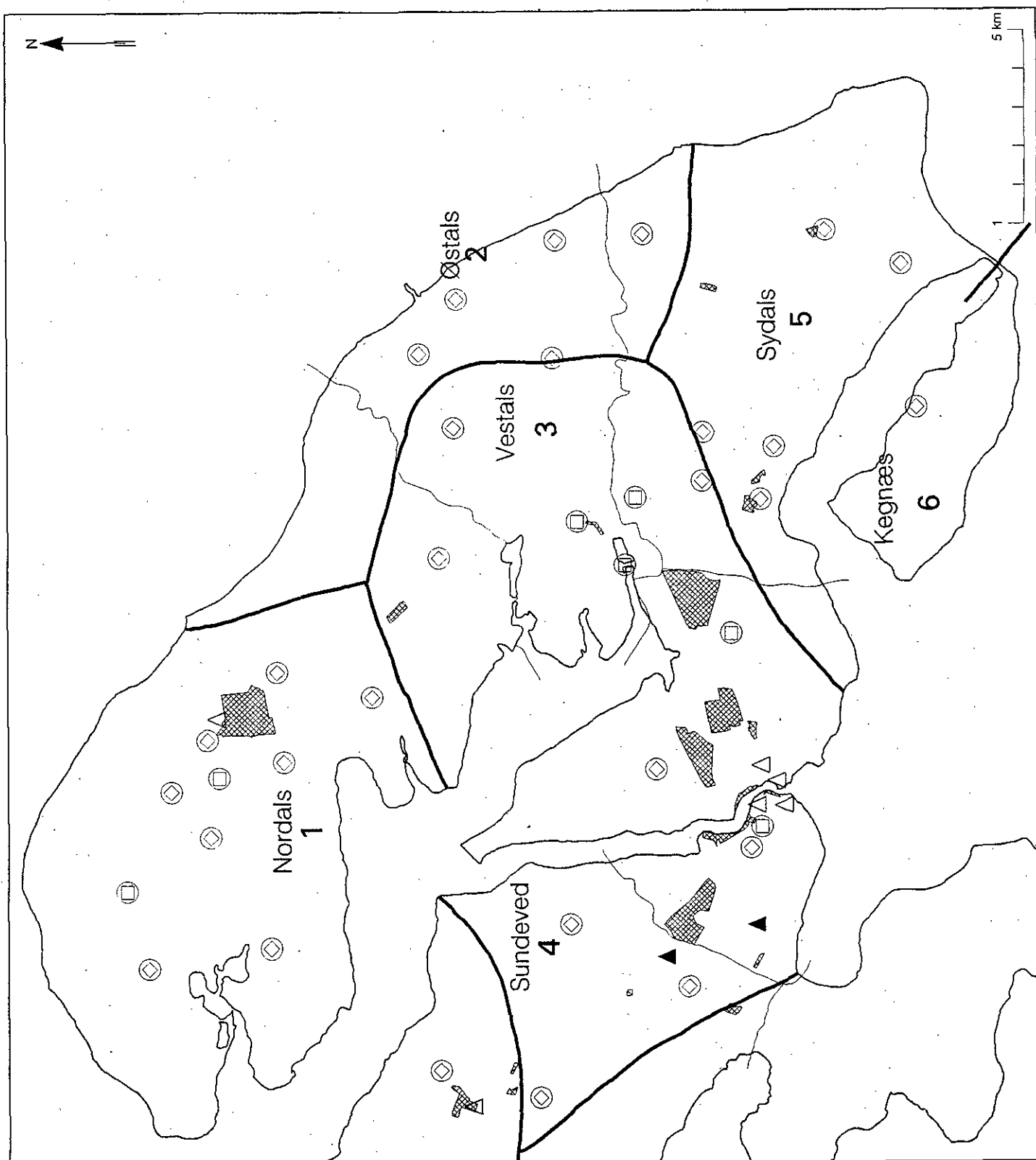
Signaturer:

- Affaldsdepot
- 501-5729 Affaldsdepotnummer
- Ressourceafgrænsning
- Kommunalt Vandværk
- ▲ Planlagt ny indvinding
- ◇ Privat Vandværk
- △ Industri indvinding
- Østals Navn og referencenummer til ressourceareal
- 2

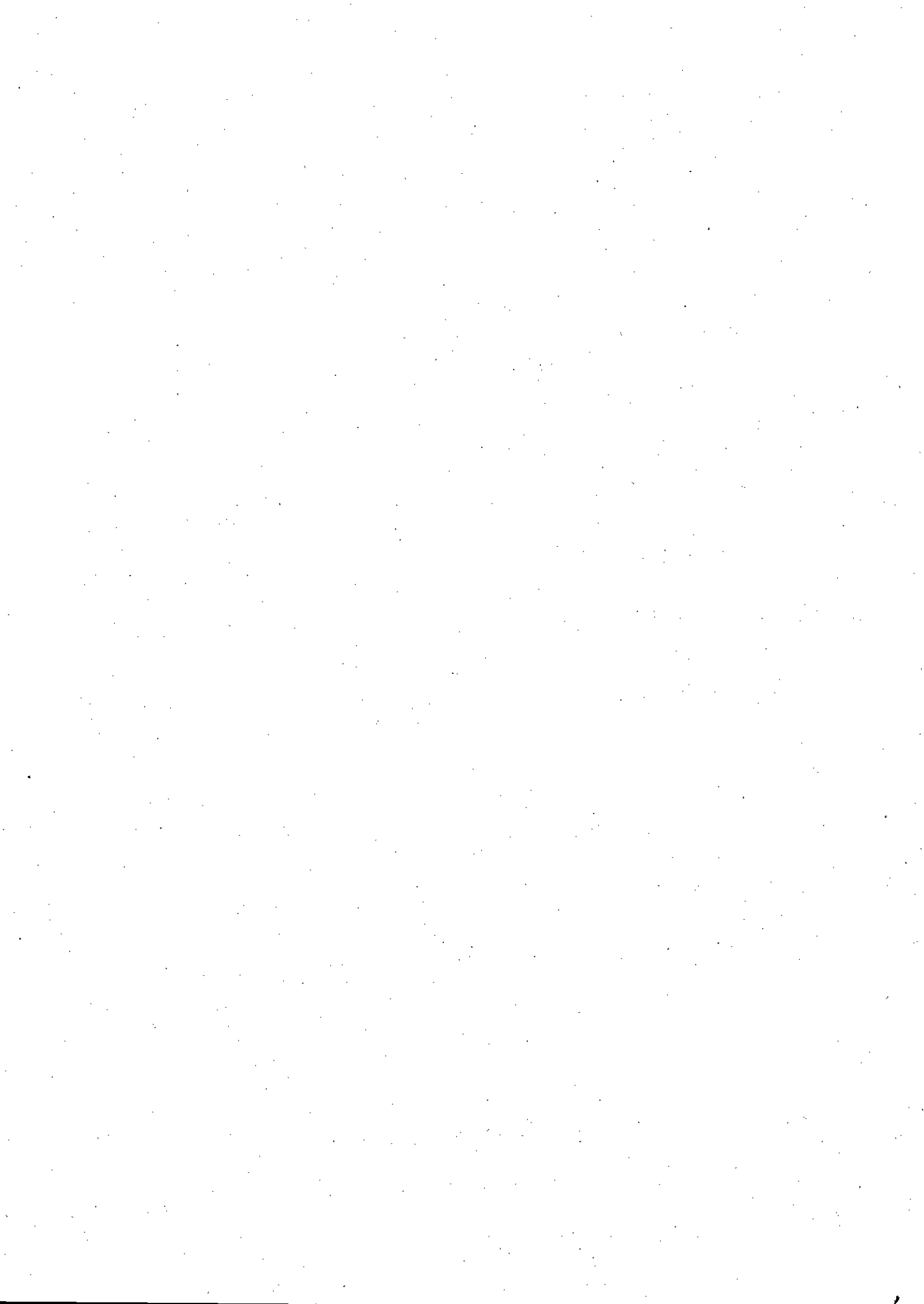
Kortbilag

Figur 5
Placering af affaldsdepot, vandværk og indvinding

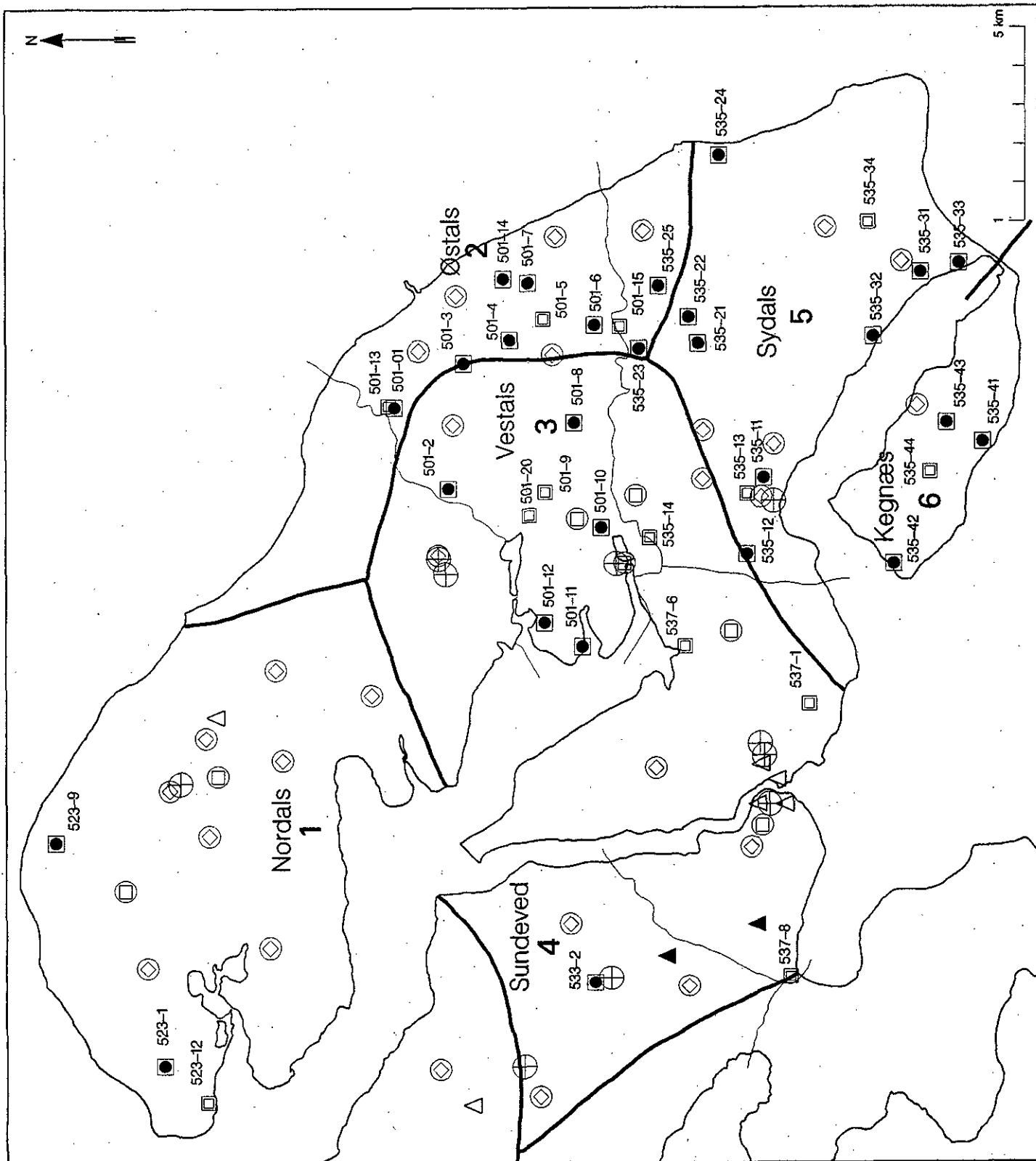
5 km.



Figur 6
Placering af industriområder,
vandværk og indvinding



Figur 7
Placering af tankstationer,
losse- og fyldpladser, vandværk
og indvinding



Signaturer:

Ressourceafgrænsning



Kommunalt Vandværk

Planlagt ny indvinding



Privat Vandværk

Industri indvinding



Fyldplads



Losseplads

Tankstation

Østals

Navn og
referencenummer til ressourceareal

2

5 km

D Baggrundsnotat vedr. fladekilder

D.1 Fladekildeforurening generelt

Belastning fra fladekilder indgår som ét af kriterierne i modellen for prioriteringen af ressourcearealer og baggrunden for det opstillede indeks gennemgås i det følgende.

Fladebelastning kan defineres som den påvirkning af grundvandets kvalitet, der kan forårsages af landbrugets arealanvendelse og atmosfærisk deposition.

Nitrat

Fladebelastning fra landbrugsarealer er især knyttet til udvaskning af kvælstof fra rodzonen og nedsivning af nitratformig kvælstof til grundvandsmagasinerne. Nitratbelastning af grundvandet med koncentrationer over grænseværdien på 50 mg NO₃/l har været et stigende problem gennem de sidste 30 år. Årsagen til dette skal findes i landbrugets stigende anvendelse af handelsgødning og en stigende koncentration af dyrehold på mindre arealer. Sidstnævnte er især af betydning i det vestjydske område.

Pesticid

Foruden nitrat falder den potentielle belastning af grundvandsreservoirerne med pesticider også ind under fladebelastning fra landbrugsarealer.

Ud fra en mængdemæssig betragtning udgør sprøjtning med pesticider kun en brøkdel i forhold til mængden af kunstgødning anvendt pr. hektar. Eksempelvis var det gennemsnitligt forbrug af pesticider i 1991 på 1,85 kg stof/ha, mens belastningen med kvælstof lå på ca. 200 kg N/ha. Imidlertid er pesticider langt mere toksiske overfor mennesker, hvilket afspejles i grænseværdien for pesticider på 0,1 ug/l, altså mere end en faktor 10000 mindre end den velkendte grænseværdi for nitrat på 50 mg/l. Spor af pesticider, der er fundet i grundvand inden for de sidste par år, er bekymrende med udgangspunkt i disse stoffers toksicitet selv ved lave koncentrationer.

Deposition

Fladebelastning af grundvand med kvælstof fra atmosfærisk deposition udgør gennemsnitlig 10 - 15% af den totale kvælstofbelastning, typisk mindre end 25 kg N/ha/år.

Som udgangspunkt for opstilling af et simplificeret indeks for fladebelastning, er der fokuseret alene på landbrugsarealer, dvs. der er set bort fra eventuelle arealmæssige variationer i atmosfærisk deposition. Dette vurderes som rimeligt indenfor det relative begrænsede areal en planlægningsenhed udgør.

Udvaskning

Udvaskning af nitratformig kvælstof fra en rodzone afhænger af gødnings-tilførsel, halmedmuldning, jordbund og vejrforhold. Den udvaskede nitrat, der når grundvandsspejlet i et frit magasin vil afhænge af koncentration og strømningsforhold i magasinet kunne udgøre en trussel mod reservoirets vandkvalitet. Derimod vil risikoen for nitratforurening af et artesisk magasin potentielt være noget mindre p.g.a. de overliggende jord-

lags reduktionskapacitet og forekomsten af sekundære grundvandsmagasi-
ner.

Kriterierne for udvaskning af pesticider fra rodzonen er ikke særligt vel-
dokumenterede, men sprøjtemængden, pesticidtype, nedbørs- og jord-
bundsfoholdene må antages at være nøgleparametre.

Et pesticides videre skæbne under grundvandsspejlet vil overordnet være
afhængig af jordlagenes sammensætning, lækageforhold, dybde til ind-
vindingsreservoir etc., men i modsætning til nitrat er flere af pesticiderne
"levedygtige" i iltfattige/frie miljøer. Disse stoffers nedbrydningshastighed
og omsætning er således ikke klarlagt i detaljer, og der hersker et betyde-
ligt element af usikkerhed i vurderingen af de faktorer, der kan udtrykke et
reservoirs beskyttelse overfor påvirkning med pesticider.

Baggrundsmateriale

Til grund for udvælgelsen af hvilke parametre, der skal indgå i et fladebe-
lastningsindeks er anvendt baggrundsmateriale fra DGU /1/, Miljøstyrelsen
/2/, DMU /3/, Danmarks statistik /4/, Landskontoret for driftsøkonomi
(1989) /5/, og Franche-Larsen (1992) /6/.

D.2 Generelt om måling af effekten fladekildeforurening

D.2.1 Kompensation for indkomsttab i landbruget

Omkostningerne ved at reducere fladekildeforureningen (læs: nitratbelas-
tingen fra landbruget) ved kilden bør i princippet kunne opgøres som det
indkomsttab landmanden lider som følge af omlægning fra dyrkning af
salgsafgrøder til ekstensiv afgræsning på de arealer, der skønnes at være
årsag til nedsivningen af nitrat til grundvandet. Dette rejser imidlertid en
række praktiske problemer, dels vedr. bestemmelse af det grundvands-
følsomme areal, dels vedr. beregning af en kompensation til landmanden.

Miljøfølsomme områder

Som grundlag for bestemmelsen af det areal, der ønskes omlagt af hensyn
til grundvandsressourcen, kunne man tage udgangspunkt i regionplanens
udpegning af miljøfølsomme områder og herudfra udvælge de landbrugs-
arealer, der ligger over særligt sårbare grundvandsressourcer. De miljøføl-
somme områder er bestemt som tilhørende en af følgende 5 kategorier, jvf.
§5 i Bekendtgørelsen om tilskud til jordbrugsdrift i miljøfølsomme om-
råder (MFO ordningen) /7/:

- 1) Strandenge, overdrev og ferske enge.
- 2) Vandløbs- og sønære arealer, som er oplande til særligt følsomme
recipienter.
- 3) EF fuglebeskyttelsesområder og andre fredningsmæssigt højt priori-
terede områder.
- 4) Arealer over særligt sårbare grundvandsressourcer.
- 5) Andre områder, der er særligt følsomme over for intensiv landbrugs-
drift.

Bekendtgørelsen udstikker også retningslinier for den økonomiske kompensation, der kan ydes i forbindelse med indgåelse af frivillige dyrkningskontrakter med landmændene. Fra statens side kan der maksimalt ydes et tilskud på 900 kr./ha, men der er næppe tvivl om, at et kompensationsbeløb på max. 900 kr./ha er helt utilstrækkeligt på de intensivt dyrkede arealer, hvis der skal opnås en effektiv reduktion af kvælstofudvaskningen fra rodzonen. Der er da heller ikke noget til hinder for, at amterne eller kommunerne yder supplerende bidrag udover de 900 kr./ha.

I rapporten Marginaljorder og miljøinteresser - drifts- og samfundsøkonomiske analyser /8/ gives et bud på, hvor stort tilskudsbehovet vil være i gennemsnit pr. ha i Danmark, hvis man i det miljømæssige interesseområde ønsker omlagt fra intensiv til ekstensiv produktion. Beløbet ligger i størrelsesordenen 2500 kr. pr. ha i gennemsnit pr. år for en 5-års periode.

Braklægning

Dette beløb stemmer meget godt overens med den hektarstøtte, der kan opnås via EF's braklægningsordning /9/. Ifølge braklægningsordningen kan der ydes følgende støttebeløb til producenter af markafgrøder for høsten 1993:

Tabel D.1: Støttebeløb ifølge EF's braklægningsordning (kr./ha. med nuværende landbrugskurs)

	1993	1994	1995 og derefter
Korn	1.172	1.641	2.109
Oliefrø	3.688	3.688	3.688
Bælgsæd	3.047	3.047	3.047
Braklagte arealer	2.109	2.109	2.109

Det er dog sandsynligt, at et kompensationsbeløb i størrelsesordenen 2.500 kr./ha vil overkompensere nogle landmænd og underkompensere andre, som derfor ikke frivilligt vil være med. Da MFO ordningen er frivillig, og da EF's braklægningsordning ikke tager specielt hensyn til beskyttelse af grundvandet, er denne metode til måling af effekten af fladekildeforurening behæftet med stor usikkerhed.

D.2.2 Alternativt effektmål

Pga. vanskelighederne med at opgøre en relevant kompensation til landmændene for beskyttelse af grundvandsressourcerne er et alternativt mål for omkostningerne ved fladekildebelastning af et ressourceareal foreslået - i det mindste indtil resultaterne foreligger fra andre Gummistøvleprojekter med relation til måling af omkostningerne ved kvælstofforurening fra landbruget, jvf. afsnit D.5.

Sårbarhedsindeks

Det foreslåede mål eller indeks er fokuseret på udvaskning af kvælstof.

Beskyttelsesindekset for fladbelastning er sammensat af to underindeks:

- Beskyttelsesindekset for geologiske og hydrogeologiske forhold (værdi 1-3), jvf. Baggrundsnotat A.
- Den beregnede udvaskning af kg N/ha for det undersøgte ressourceareal (værdi 15 - 95).

Dette effektmål er nærmere beskrevet og illustreret i afsnit D.4 med Als som case.

D.3 Beskrivelse af arealanvendelsen og fladebelastningen på Als

Arealanvendelsen i de seks ressourcearealer er vist i tabel D.2.

Tabel D.2: Arealfordelingen inden for ressourcearealer på Als

	1. Nordals	2. Østals	3. Vestals	4. Sundeved	5. Sydals	6. Kegnæs
Potentiel landbrugsjord	7977 ha	3368 ha	7413 ha	3619 ha	5264 ha	1608 ha
% af total areal	86%	77%	75%	83%	88%	95%
heraf sandjord	2441 ha	178 ha	1051 ha	328 ha	172 ha	214 ha
% af landbrugsjord	31%	5%	14%	9%	3%	13%
heraf lerjord	5536 ha	3190 ha	6362 ha	3291 ha	5092 ha	1394 ha
% af landbrugsjord	69%	95%	86%	91%	97%	87%
By	787 ha	40 ha	1673 ha	509 ha	287 ha	9 ha
% af total areal	9%	1%	17%	12%	5%	1%
Skov og vand	356 ha	938 ha	692 ha	190 ha	314 ha	16 ha
% af total areal	4%	21%	7%	4%	5%	1%
Restområder samt ikke klassificerede områder	98 ha	46 ha	107 ha	40 ha	146 ha	47 ha
% af total areal	1%	1%	1%	1%	2%	3%
Total areal	9218 ha	4392 ha	9885 ha	4358	6011 ha	1680 ha
%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Kilde: Landbrugsministeriet - Statens Planteavlsforsøg, Afdelingen for arealdata og kortlægning

Det ses, at bortset fra Nordals udgør lerjorden over 85% af den samlede landbrugsjord. Tilmed ligger en stor del af sandjorden i de kystnære områder, hvor der ikke umiddelbart er fare for nedsivning til grundvandsmagasinerne.

Der er da heller ikke p.t. de store problemer med nitratforurennet grundvand på Als, pga. de udbredte lerdæklag, der kan reducere nitraten til

luftformig kvælstof. Da de fleste boringer er filtersat under 20-40 meter ler, vil dette tillige mindske risikoen for at nitratproblemer skal opstå i fremtiden.

Kun 2 af 36 råvandsanalyser fra 1985 fra drikkevandsboringer /10/ udviser et nævneværdigt nitratindhold. Disse har en værdi på hhv. 18 og 28 mg NO₃/l. Herudover er der tre mindre boringer med et nitratindhold på mellem 5-50 mg NO₃/l. I kvalitetskravene til drikkevand er der angivet en vejledende grænseværdi på 25 mg NO₃/l, og som nævnt tidligere en maksimal tilladelig værdi på 50 mg NO₃/l.

D.4 Måling af effekten fladekildeforurening på Als

Arealanvendelse

Udvaskning af kvælstof fra de seks ressourcearealer er beregnet med udgangspunkt i arealanvendelsen på landbrugsjorde og det gennemsnitlige antal dyrenheder pr. ressourceareal. Tabeller over arealanvendelse i kommuner og omregning til arealanvendelse i ressourcearealer er samlet i tabel D3-D5. Udregning af antal dyrenheder pr. ressourceareal som fordelingen på kommunebasis er samlet i tabel D6-D8.

Princippet i beregningen, som er baseret på /6/, er at variationen i kvælstof udvaskning afhænger af arealanvendelsen. Der er således efterhånden udført dels egentlige udvaskningsforsøg, men også indsamlet erfaringstal fra forskellige typer af arealer, ud fra hvilke typiske udvaskningstal kan opstilles (tabel D9). Som det fremgår af tabellen tages der her hensyn til jordbundsforholdene, lerjord eller sandjord.

Udvaskning

Udvaskningstallene for de forskellige typer arealanvendelse (tabel D9) sammenstilles med den procentvise fordeling af arealanvendelsen i de forskellige ressourcearealer (tabel D10). Herudfra kan udvaskning fra det enkelte ressourceareal beregnes med et vægtet gennemsnit (tabel D11).

Dette tal multipliceres med landbrugsarealets størrelse og det tidligere udarbejdede beskyttelsesindeks af grundvandsreservoiret, som et forenklet udtryk/indikator for ressourcearealets beskyttelse overfor fladebelastning (tabel D12). Den heraf beregnede score transformeres til en skala fra 0-100, som vist i sidste kolonne i tabel D12. Vestals skiller sig ud med den største effekt, mens Sundeved og Kegnæs ligger i bunden af indekset med transformerede scoreværdier på 25.

Tabel D.3: Fordeling af afgrøder på kommuner (1984)

Kommune	Landbrugsjord	Ager i omdrift				Ialt ha %	Græs udenfor omdrift ha %
		Korn ha %	Rodfrugt ha %	Græs ha %	Frø og andet ha %		
Nordborg	9.158	6.402 69,9	202 2,2	435 4,7	1340 14,6	8.379 91,4	779 8,6
Augustenborg	3.169	2.365 65,3	153 4,2	257 7,1	486 13,4	3.261 90,1	358 9,9
Sønderborg	2.554	1.690 66,2	61 2,4	81 3,2	452 17,7	2.284 89,4	270 10,6
Sydals	7.630	5.248 68,8	173 2,3	350 4,6	1139 14,9	6.910 90,6	720 9,4
Sundeved	5.603	3.899 69,6	121 2,2	246 4,4	858 15,3	5.124 91,5	479 8,5

Kilde /7/.

Tabel D.4: Skønnet fordeling af landbrugsarealer (ager i omdrift og vedvarende græs) på ressourcearealer beregnet ud fra fordelingen på kommunebasis (tabel D3) og vægningstabellen i tabel D5. Eks. Nordals: Ager i omdrift = $0.914 \cdot 1 \cdot 7.977 = 7.290$ ha.

Ressourcearealer	Potentiel landbrugsareal (ha)	Ager i omdrift: (% ialt) • landbrugsareal (ha)	Vedvarende græs: (%) • landbrugsareal
1. Nordals	7977	7290	467
2. Østals	3368	3056	312
3. Vestals	7413	6682	731
4. Sundeved	3619	3283	337
5. Sydals	5264	4768	496
6. Kegnæs	1608	1457	151

Tabel D.5: Omregningstabel fra arealmæssig fordeling på kommunebasis til samme fordeling på ressourceareal¹⁾

Ressourceareal	Vægtning
1. Nordals	1 x værdi(Nbg)
2. Østals	0,5 x værdi(Aug) + 0,4 x værdi(Nbg) + 0,1(Syd)
3. Vestals	0,4 x værdi(Søn) + 0,3 x værdi(Aug) + 0,2 x værdi(Nbg) + 0,1 x værdi(Syd)
4. Sundeved	0,6 x værdi(Sund) + 0,4 x værdi(Søn)
5. Sydals	1 x værdi(Syd)
6. Kegnæs	1 x værdi(Syd)

¹⁾ Forkortelser: Nordborg(Nbg), Augustenborg(Aug), Sønderborg(Søn), Sydals(Syd), Sundeved(Sund).

Tabel D.6: Fordeling af husdyr på kommuner

Kommune	Landbrugsareal ha	Køer i alt	Kvæg i alt	Svin ialt	Høns ialt
Nordborg	9.158	1531	4620	89374	221.485
Augustenborg	3.619	1122	2981	31217	15.381
Sønderborg	2.554	332	886	20097	87.615
Sydals	7.630	1297	3623	70229	181.243
Sundeved	5.603	910	2782	48284	193.243

Kilde /7/.

Tabel D.7: Antal dyreenheder pr.ha landbrugsjord i de enkelte kommuner

Kommune	Dyreenheder (DE) ($x_{\text{køer}} \cdot 0,95 + x_{\text{kvæg}} \cdot 0,35 + x_{\text{svin}}/2,5 \cdot 0,22 + x_{\text{høns}}/6 \cdot 0,0004$)	DE ialt	DE pr. ha (DE/areal)
Nordborg	$(1531 \cdot 0,95 + 4620 \cdot 0,35 + 89374/2,5 \cdot 0,22 + 221485/6 \cdot 0,0004)$	10949	1,2
Augustenborg	$(1122 \cdot 0,95 + 2981 \cdot 0,35 + 31217/2,5 \cdot 0,22 + 15381/6 \cdot 0,0004)$	4857	1,3
Sønderborg	$(332 \cdot 0,95 + 886 \cdot 0,35 + 20097/2,5 \cdot 0,22 + 87615/6 \cdot 0,0004)$	2390	0,9
Sydals	$(1297 \cdot 0,95 + 3623 \cdot 0,35 + 70229/2,5 \cdot 0,22 + 181243/6 \cdot 0,0004)$	8692	1,1
Sundeved	$(910 \cdot 0,95 + 2782 \cdot 0,35 + 48284/2,5 \cdot 0,22 + 193243/6 \cdot 0,0004)$	6100	1,1

Tabel D.8: Vægtet fordeling af dyreenheder(DE) på landbrugsjord i ressourcearealer ud fra de enkelte kommuners arealmæssige andel af ressourcearealerne. Kommunenaevne er givet ved forkortelser i parentes bagved DE-værdien

Ressourceareal	Vægtning (0,5 • DE(kommune) + 0,4 • etc.)	DE/ha
1. Nordals	1 • 1,2(Nbg)	1,2
2. Østals	0,5 • 1,3(Aug) + 0,4 • 1,2(Nbg) + 0,1 • 1,1(Syd)	1,2
3. Vestals	0,4 • 0,9(Søn) + 0,3 • 1,3(Aug) + 0,2 • 1,2(Nbg) + 0,1 • 1,1(Syd)	1,1
4. Sundeved	0,6 • 1,1(Sund) + 0,4 • 0,9(Søn)	1,0
5. Sydals	1 • 1,1(Syd)	1,1
6. Kegnæs	1 • 1,1(Syd)	1,1

Tabel D.9: Udvaskningstabel for kvælstof fra sandjord og benyttede udvaskningstal på basis af tabel D8.

Arealtype		Udvaskning lerjord (0,66 • udv,sand)	Udvaskning Sandjord	Benyttede udvasknings- tal
Ager i omdrift	< 0,5 DE/ha	34 kg/N/ha	50 kg/N/ha	
Ager i omdrift	0,5-1 DE/ha	53 kg/N/ha	80 kg/N/ha	
Ager i omdrift	1-2 DE/ha	66 kg/N/ha	100 kg/N/ha	x
Ager i omdrift	> 2 DE/ha	100 kg/N/ha	150 kg/N/ha	
Ager i omdrift valgt		valgfri	valgfri	
Vedvarende græs	< 1 DE/ha	16 kg/N/ha	25 kg/N/ha	
Vedvarende græs	> 1 DE/ha	26 kg/N/ha	40 kg/N/ha	x
Vedvarende græs		valgfri	valgfri	
Skov		10 kg/N/ha	15 kg/N/ha	x
Gødet skov (juletræer)		20 kg/N/ha	30 kg/N/ha	
Natur/hede/Udyrket		2 kg/N/ha	5 kg/N/ha	
Råstof		Valgfri	Valgfri	
Ferskvandsområde		0 kg/N/ha	0 kg/N/ha	x
Byområde		Valgfri	Valgfri	x (5 kg/ha)
Punktkilder		Valgfri	Valgfri	
Andet		Valgfri	Valgfri	x (5 kg/ha)

Kilde /9/.

Tabel D.10: Arealmæssige fordeling af udvaskningskomponenter i de enkelte ressourcearealer baseret på fordelingen af arealanvendelsen (tabel D2) og afgrødetyper (tabel D4)

	Udvaskning kg/N/ha	1. Nordals arealandel (%)	2. Østals arealandel (%)	3. Vestals arealandel (%)	4. Sundeved arealandel (%)	5. Sydals arealandel (%)	6. Kegnæs arealandel (%)
Ager i omdr. 1-2 DE/ha, lerjord	66	52,3	64,3	56,0	67,0	76,2	74,5
Ager i omdr. 1-2 DE/ha, sandjord	100	24,1	3,4	9,1	6,6	2,4	11,1
Vedv.græs > 1 DE/ha lerjord	26	5,9	8,8	8,5	8,5	9,4	8,2
Vedv.græs > 1 DE/ha sandjord	40	2,7	0,5	1,4	0,8	0	1,2
Landbrug ialt		86	77	75	83	88	95
Skov og vand	5	4	21	7	4	5	1
By	5	9	1	17	12	5	1
Restomr. + ikke klas. områder	5	1	1	1	1	2	3

Tabel D.11: Vægtet gennemsnit af udvaskningsdata i tabel D.10

Ressourceareal	Vægtning (arealandel (%) • udvaskningstal + ...)/100	Udvasket kg/N/ha
1. Nordals	$52,3 \bullet 66 + 24,1 \bullet 100 + 5,9 \bullet 26 + 2,7 \bullet 40 + 4 \bullet 5 + 9 \bullet 5 + 1 \bullet 5$	62
2. Østals	$64,3 \bullet 66 + 3,4 \bullet 100 + 8,8 \bullet 26 + 0,5 \bullet 40 + 21 \bullet 5 + 1 \bullet 5 + 1 \bullet 5$	49
3. Vestals	$56,0 \bullet 66 + 9,1 \bullet 100 + 8,5 \bullet 26 + 1,4 \bullet 40 + 7 \bullet 5 + 17 \bullet 5 + 1 \bullet 5$	50
4. Sundeved	$67 \bullet 66 + 6,6 \bullet 100 + 8,5 \bullet 26 + 0,8 \bullet 40 + 4 \bullet 5 + 5 \bullet 5 + 1 \bullet 5$	54
5. Sydals	$76,2 \bullet 66 + 2,4 \bullet 100 + 9,4 \bullet 26 + 0 \bullet 40 + 5 \bullet 5 + 5 \bullet 5 + 2 \bullet 5$	56
6. Kegnæs	$74,5 \bullet 66 + 11,1 \bullet 100 + 8,2 \bullet 26 + 1,2 \bullet 40 + 1 \bullet 5 + 1 \bullet 5 + 3 \bullet 5$	63

Tabel D.12: Beskyttelsesindeks for fladebelastning

Ressourceareal	Beskyttelsesindeks for grundvandsreservoir	Kvælstof udvaskning	Landbrugsareal	Score	Transformeret værdi
1. Nordals	1	62	7977	495	63
2. Østals	2	49	3368	330	42
3. Vestals	2	50	7913	791	100
4. Sundeved	1	54	3619	195	25
5. Sydals	2	56	5264	558	71
6. Kegnæs	2	63	1608	203	25

D.5 Referencer/Baggrundsmateriale

- /1/ Miljøministeriet, 1991. Danmarks Geologiske Undersøgelser: Grundvand - Overvågning og problemer. DGU Serie D, Nr. 8.
- /2/ Miljøstyrelsen, 1990: Nitratreduktion i Moræneler. Nr. B2.
- /3/ Miljøministeriet, 1991. Danmarks Miljøundersøgelser: Landovervågningsoplande. Faglig rapport nr. 64.
- /4/ Danmarks Statistik, 1989.
- /5/ Landskontoret for driftsøkonomi, 1989.
- /6/ Francke-Larsen, P. 1992: Udlægning af beskyttelsesområder i vandindvindingsområder. Kursus i Vandforsyningsteknik nr. 41, DVF. s. 229-254.
- /7/ Landbrugsministeriet: Bekendtgørelse om tilskud til jordbrugsdrift i miljøfølsomme områder, Nr. 564 af 21. august, 1989.
- /8/ Skov- og Naturstyrelsen: Marginaljorder og miljøinteresser - Drifts- og samfundsøkonomiske analyser. Samlerapport Nr. II, 1987.
- /9/ Landbrugsministeriet. Statens planteavlfsforsøg: Braklægning. Plan-teproduktion og miljø. Landbrugscentrets planteavliskonference 1992. Redaktion Søren A. Mikklesen. Tidsskrift for planteavlfs specialservice. Beretning nr. 2224 - 1992.
- /10/ Tage Sørensen, Rådgivende Ingeniører A/S, 1986: Als undersøgelsen. Udarbejdet for Sønderjyllands Amtskommune, Augustenborg Kommune, Nordborg Kommune og Sydals Kommune.

Andre Gummistøvle projekter med særlig relevans for måling af omkostningerne ved fladekildeforurening af grundvand:

- Kvælstofudvaskning ved forskellig landbrugspraksis og arealanvendelse.
- Metoder og principper til fastlæggelse af max. udvaskning af kvælstof.
- Økonomiske konsekvenser for landmanden ved grundvandsprioritering.
- Grundvandsbeskyttelse af vandindvindingsområder.

E Baggrundsnotat vedr. naturherligheder

E.1 Beskyttelse af naturherligheder generelt

Hydrologisk kredsløb

Vandindvinding bryder ind i det hydrologiske kredsløb og afskærer en del af den vandstrøm, der konstant cirkulerer i vore omgivelser. Når grundvand indvindes, reduceres den grundvandsstrøm, der er rettet mod en recipient. Recipienter for grundvandsafstrømning er vandløb, søer og havet, det afhænger helt af stedet dvs. topografi, geologi mm., hvor grundvandet kommer frem til en overfladerecipient.

Vandindvinding medfører endvidere, at der sker en sænkning af grundvandsspejlet omkring indvindingsstedet, hvilket kan være årsag til en sænkning af vandstanden i søer og vådområder.

Recipientkvalitet

En reduktion af grundvandstilstrømningen har i nogle vandløb en væsentlig negativ miljøeffekt, fordi der især om sommeren bliver en meget lav vandføring. I recipientkvalitetsplanen er det for vandløbsstrækninger angivet, hvilken recipientkvalitetsmålsætning der er for de enkelte vandløbsstrækninger. Opfyldelse af dette recipientkvalitetsmål er blandt andet afhængig af vandføringen på den pågældende vandløbsstrækning, men der er også andre faktorer som vandløbets fysiske udformning og spildevandsudledninger, der påvirker recipientkvaliteten.

Det er kun i de færreste tilfælde opgjort/kortlagt, hvilket vandføringskrav der skal stilles i forbindelse med recipientkvalitetsplanen. Recipientkvalitetsplanlægning er først og fremmest udarbejdet til styring af udledninger, men vekselvirkningen med andre sektorplaner som f.eks. vandindvindingsplanen har været erkendt under udarbejdelsen af recipientkvalitetsplanerne.

I nogle tilfælde kan grundvandstilstrømningen også have afgørende betydning for søers vandkvalitet. På grund af søernes store vandvolumen er en reduktion i afstrømningen forårsaget af vandindvinding som regel af mindre betydning. Det er primært i vandløb, at problemerne forekommer, fordi reduktionen i afstrømning udgør en væsentlig andel af minimumsvandføringen. Det som kan være af væsentlig betydning for søer og vådområder er en sænkning af grundvandsspejlet, som kan medføre, at søens vandspejl sænkes, eller at et/dele af et vådområde tørlægges.

Naturbeskyttelse

Naturbeskyttelsesloven indeholder i §3 en bestemmelse om generel beskyttelse af naturtyper som søer, moser og ferske enge. Der må ikke foretages ændringer i tilstanden af disse naturområder, hvilket også kan omfatte en reduktion af vandstanden. Fra 1. juli 1992 omfatter §3 i naturbeskyttelsesloven beskyttelse af søer, der er større end 100 m² og vådområder, der er større end 2500 m².

Fuglebeskyttelse er en anden årsag, der kan have betydning i forbindelse med påvirkning af vådområder. Langt de fleste fuglebeskyttelsesområder ligger dog i kystnære områder og vil derfor kun i få tilfælde blive påvirket af vandindvinding.

Recipientkvalitetsplanlægning

Ved recipientkvalitetsplanlægning har amterne fastlagt kvalitets- og anvendelsesmålsætninger for de enkelte vandområder, hvilket omfatter vandløb, søer og kystvande. Målsætningen er opdelt i 3 hovedgrupper og nogle undergrupper, for vandløb og søer angives en målsætning som anført i nedenstående tabel.

Tabel E.1: Recipientkvalitetsmålsætninger

Målsætning	Søer	Vandløb
Skærpede krav	A1 Særlig naturvidenskabeligt interesseområde A2 Badevand A3 Råvand til vandforsyning	A Særlige naturvidenskabelige interesseområde
Basis	B Naturligt og alsidigt dyre- og planteliv	B1 Gyde- og yngelopvækstområde for laksefisk B2 Laksefiskevand B3 Karpefiskevand
Lempede krav	C1 Sø påvirket af spildevand, vandindvinding eller andre fysiske indgreb C2 Dyrkningsbelastet sø	C Vandløb, der alene skal anvendes til afledning af vand D Vandløb, påvirket af spildevand E Vandløb påvirket af grundvandsindvinding F Vandløb, påvirket af okker

E.2 Måling af effekter af grundvandsindvinding på naturen

Vandløb

Inden for et ressourceareal karakteriseres afstrømningen ofte ved årsmiddel og medianminimum målt i l/s/km². Recipientkvalitetsmålet vil i de fleste tilfælde være knyttet til medianminimumsvandføringen, idet denne vandføring antages at være et udtryk for vandløbets basisvandføring, der skyldes tilstrømning til vandløbet fra grundvandsmagasiner. I sommermånederne hvor fordampningen er høj sker der ingen afstrømning til vandløbene fra højt liggende grundvandsmagasiner, fordi der ikke er nogen nedsivning, men der kan fortsat ske afstrømning fra primære grundvandsmagasi-

ner, den såkaldte basisvandføring. Det er ved de lave vandføringer, at forholdene er mest kritiske, idet det er under de betingelser at krav til vandkvaliteten er vanskeligst at opfylde.

Den aktuelle basisvandføring eller medianminimumsvandføringen kan opskrives som en funktion på flg. måde:

$$(1) VF = VFNAT - P * Q$$

VF er den aktuelle basisvandføring

VFNAT er basisvandføringen i naturtilstanden uden påvirkning fra vandindvinding og spildevandsudledning altså den naturbetingede vandføring.

P er en faktor for vandindvindingens påvirkning af basisvandføringen. P er 1 i områder, hvor der er direkte hydraulisk kontakt mellem grundvandsmagasinet og vandløbet f.eks. i hedesletteområder. I områder med artesiske grundvandsmagasiner er P af størrelsesordenen 0.25 - 0.5.

Q er vandindvindingen

Effekter

De naturmæssige effekter ved vandindvinding kan betragtes ud fra to forskellige udgangspunkter:

1. Vandindvinding medfører en reduktion af minimumsafstrømningen inden for ressourcearealet, og dette har nogle konsekvenser for overfladerecipienterne og deres flora og fauna.
2. Ud fra recipientkvalitetsmålene fastsættes et krav til vandføring, som minimumsvandføringen ikke må komme under, hvis recipientkvalitetsmålene skal nås.

Tages udgangspunkt i 1 kan effekterne bestemmes ud fra følgende:

Effektfunktion 1

Inden for hvert ressourceareal bestemmes den naturlige median-minimumsafstrømning, påvirkningsfaktoren fra vandindvinding og returprocenten for spildevand. Herefter findes reduktionen af følgende ligning:

$$\text{Reduktion} = \frac{P * Q_{indv}}{VFNAT}$$

$$\text{Reduktion} = 1 \text{ for } P * Q_{indv} \geq VFNAT$$

Funktionen giver en reduktion mellem 0 og 1, hvor 1 svarer til udtørring af vandløbet i en periode gennemsnitligt hvert andet år (medianminimum) og hvor 0 svarer til ingen reduktion.

Ud fra denne reduktionsfakta kan effekten af vandindvindingen bestemmes.

Med udgangspunkt i 2 er i det følgende givet tre forslag (A, B og C) til effektfunktioner.

Når minimumsvandføringen er højere end krav vandføringen, er effekten 0, hvilket er gældende i alle tilfælde. Den øvrige del af effektfunktionen kan fastlægges på flere måder f.eks. flg.:

A.

Effekten fastsættes til 100 når minimumsvandføringen er 0 dvs. vandløbet er tørlagt i en periode af året. Vandindvindingen kan muligvis øges yderligere, men det antages ikke at forøge omkostningerne. Når vandløbet udtørres i perioder af året, giver det begrænsninger i den fauna, der kan leve der, og det er ikke afgørende om vandløbet er tørt i 1 uge eller 1 måned.

$$\text{OMK} = 0, \quad \text{VF} \geq \text{VFKRAV}$$

$$\text{OMK} = -100/\text{VFKRAV} * (\text{VF} - \text{VFKRAV}) \quad \text{VFKRAV} \geq \text{VF} \geq 0$$

$$\text{OMK} = 100 \quad \text{VF} = 0$$

B.

Der opstilles en sammenhæng mellem vandføring og recipientkvalitetsplanens forskellige kategorier. Der foretages derefter en forøgelse af effekt-målet med 20, hver gang vandindvindingen medfører, at man ryger en kategori ned. I forhold til den lineære funktion beskrevet under A vil denne funktion kunne beskrives ved en trappe kurve.

$$\text{OMK} = 0, \quad \text{VF} \geq \text{VFKRAV} \text{ (mål A)}$$

$$\text{OMK} = 20, \quad \text{VF} \geq \text{VFKRAV} \text{ (mål B1)}$$

$$\text{OMK} = 40, \quad \text{VF} \geq \text{VFKRAV} \text{ (mål B2)}$$

$$\text{OMK} = 60, \quad \text{VF} \geq \text{VFKRAV} \text{ (mål B3)}$$

$$\text{OMK} = 80, \quad \text{VF} \geq \text{VFKRAV} \text{ (mål B4)}$$

$$\text{OMK} = 100, \quad \text{VF} \geq \text{VFKRAV} \text{ (mål C)}$$

C.

Endelig er der den mulighed at fastsætte effekter til 100, hvis ikke målsætningen for vandløbenes minimumsvandføring kan overholdes.

E.3 Naturområder på Als

På Als er i forbindelse med Regionplan 2000 identificeret naturområder og jordbrugsområder med naturinteresse. Det er fortrinsvis langs kysterne, disse områder er udpeget. Fra et grundvandsmæssigt synspunkt er det faktisk interessant, at hele den centrale del af øen er udlagt til jordbrug, det er de samme områder, hvor en væsentlig del af nedsivningen til grundvandsmagasinerne foregår. Grundvandsmagasinerne sårbarhed er generelt meget lille på Als, men alligevel viser eksemplet, hvordan det kan være vanskeligt at få alle interesser til at mødes ved udpegnings af områder, hvor man muligvis skulle tage særlige hensyn til grundvandsdannelsen.

Vandindvindingens påvirkningsgrad bestemmes ud fra de foreliggende hydrogeologiske data.

For Als og Sundved er med støtte i /1/ angivet parametre i tabel E.2.

Tabel E.2: Parametre for ressource på Als

Ressourcearealet	Medianminimum (VFNAT)		Påvirkningsgrad P
	l/s km ²	mm/år	
1	0,5	16	0,3
2	0,1	3	0,3
3	0,3	10	0,3
4	0,9	28	0,3
5	0,4	13	0,3
6	0,1	3	0,3

Effekten skal bestemmes ud fra den totale naturressource således at det ikke har samme effekt at udtørre et mindre ressourceareal som et stort ressourceareal.

Derfor beregnes den samlede naturressource (\approx basisvandføring) i hvert ressourceareal og i det ressourceareal, hvor naturressourcen er størst sættes effekten til 100.

Effekterne ved 100% reduktion fastsættes forholdsmæssigt hertil i de øvrige ressourcearealer, som vist i tabel E.3.

Tabel E3. Beregning af normaliseret naturressource

Ressourceareal	Medianmin. mm/år	Areal km ²	Naturressourcer 10 ³ • m ³ /år	Transformeret effektværdi
1	16	90	1.440	100
2	3	45	135	10
3	10	100	1.000	67
4	28	45	1.260	90
5	13	60	780	53
6	3	15	45	3

Af tabellen fremgår at den maksimale natureffekt kan opnås ved udtørring af ressourceareal 1, samtidig kan det ses at en indvinding der tørlægger vandløbene på Kegnæs (ressourceareal 6) har en effekt på 3, hvilket altså afspejler at naturressourcerne er 30 gange større i ressourceareal 1.

Herefter kan den maksimale effekt indenfor hvert ressourceareal beregnes som vist i tabel E.4. Max. effekten fremkommer altså som den andel vandføringsreduktionen udgør af naturressourcen ved maksimal vandindvin-

ding. I nogle tilfælde er dette over 100% og man må da sætte max. effekt til 100.

En vandplans natureffekt indenfor hvert ressourceareal kan nu beregnes som:

$$\begin{aligned} \text{NATUR} &= (Q_{\text{indvundet}} * P) / (\text{VFNAT} * \text{Areal}) * \text{"Transformeret effektværdi"} \\ &\text{for } (Q_{\text{indvundet}} * P) < (\text{VFNAT} * \text{Areal}) \\ &= \text{"Transformeret effektværdi"}, \\ &\text{for } (Q_{\text{indvundet}} * P) > (\text{VFNAT} * \text{Areal}) \end{aligned}$$

Tabel E.4 Beregning af maksimal effekt

Ressour- ceareal	Q _{max} • 10 ³ m ³ /år	P	Max. reduk- tion (P x Q _{max})	Max. reduk- tions%	Max. effekt
1	3.440	0,3	1.032	73	73
2	1.100	0,3	330	229	10
3	3.435	0,3	1.031	108	67
4	2.145	0,3	644	50	45
5	1.535	0,3	461	61	33
6	150	0,3	50	104	3

E.4 Referencer/Baggrundsmateriale

/1/ Vandføringsmålinger foretaget af Sønderjyllands Amt.

F Baggrundsnotat vedr. vandforsyning til andre områder

F.1 Vandforsyning mellem ressourcearealer/kommuner generelt

Karakteristisk for den danske vandforsyning er den udprægede decentrale vandforsyningsstruktur. Trods et indbyggertal på kun 5,1 millioner leveres der vand fra omkring 3200 almene vandforsyningsanlæg. Af disse er ca. 180 kommunale og ca. 3000 private. Herudover findes et stort antal mindre anlæg og enkeltvandforsyningsanlæg i landområderne (ialt ca. 140.000). De kommunale vandforsyninger bidrager med omkring 60% af den samlede indvinding i Danmark, mens de private anlæg tegner sig for de resterende ca. 40%. I udpumpet vandmængde til drikkevandsformål bidrager den sidstnævnte kategori kun i meget begrænset omfang.

Den decentrale vandforsyningsstruktur indebærer, at vand normalt ikke transporteres over lange afstande i Danmark. Dog forsynes hovedstadsområdet med vand fra det øvrige Sjælland, idet der er mangel på rent vand i kort afstand fra København. I resten af landet er der som oftest rigelige ressourcer inden for begrænsede afstande fra forbrugscentrene. Dette er søgt illustreret ved hjælp af tabel F.1, som viser den samlede vandindvinding i de enkelte amter samt den mængde vand, der transporteres på tværs af kommuner enten inden for amtet eller mellem en kommune i amtet og en kommune i et andet amt.

Det ses, at transporten af vand i forhold til den samlede indvinding er høj (over 25%) i Københavns og Frederiksbergs kommune og i Københavns og Roskilde amt. Desuden er der mangel på vand i visse kommuner på Bornholm og i Frederiksborg og Storstrøms amt, mens transporten af vand mellem kommuner er yderst begrænset i den øvrige del af landet. I Danmark i dag transporteres drikkevand maksimalt over en afstand på 60 km fra kildeplads til forbrugscenter.

Som eksempel på, hvor stor en afstand det overhovedet kan svare sig, at transportere vand over, har Vandrådet vurderet, hvor langt væk man kan flytte en kildeplads fra et vandværk med en given kapacitet, førend udgifterne til at iværksætte en avanceret vandbehandling er mindre end udgifterne til etablering af nye borer og en ledning til fjerntransport. For nitratbelastet vand viser beregningerne, at for et vandværk med en kapacitet på 200 m³/h kan det svare sig, at flytte kildepladsen mellem 50 og 80 km væk (afhængig af rensningsmetode) i stedet for at etablere et avanceret vandbehandlingsanlæg (jvf. ref. 2). Selv for mindre vandværker (ned til 25 m³/h) vil det kunne svare sig, at flytte kildepladsen mellem 5 og 15 km væk i stedet for at etablere et avanceret vandbehandlingsanlæg.

Tabel F.1: Vandindvinding og transport af vand i Danmark, 1992

	Samlet indvinding	Transport til/fra andre kommuner	Transport i % af samlet indvinding
Amt	1000 m ³	1000 m ³	
København	74853	33860	45%
Frederiksberg	1959	5959	304%
København	28112	30364	108%
Frederiksborg	23153	3304	14%
Roskilde	19402	7191	37%
Vestsjælland	37043	22	0%
Storstrøms	25546	3439	13%
Bornholm	5309	924	17%
Fyn	22760	734	3%
Sønderjylland	29728	2	0%
Ribe	27517	0	0%
Vejle	39926	0	0%
Ringkøbing	22265	79	4%
Århus	74714	69	0%
Viborg	34840	0	0%
Nordjylland	67296	234	0%
Total	534423	86181	16%

Kilde: Vandforsyningsstatistik 1992 (ref 1).

Note: Det skal bemærkes, at transporten til/fra andre kommuner går på, om en amtskommune forsyner eller modtager vand fra en anden amtskommune. Hermed er der ikke nødvendigvis sagt noget om den fysiske placering af vandforsyningen. Således er Københavns kommune netto eksportør til andre kommuner, men dens primære vandforsyning er placeret i Regnemark på midt Sjælland. Tabellen er derfor kun indikativ for den fysiske transport af vand.

F.2 Generelt om omkostninger ved at få vand fra andre områder

Omkostningerne til etablering af vandtransportledninger afhænger først og fremmest af kapaciteten af vandledningen, samt af det område hvorigennem ledningen skal gå. Det er selvsagt væsentligt dyrere at lægge en ledning i befæstede områder end i områder, der ikke er befæstet, og i ubefæstede områder afhænger ledningsomkostningerne af antallet af vej- og vandløbskrydsninger.

I forbindelse med transport over større afstande, f.eks. mellem ressourcearealer vil der typisk være tale om rør af en vis dimension - 200 mm og derover. tabel F.2 viser enhedspriserne for udvalgte ledningsnet:

Tabel F.2: Omkostninger til etablering af transportledninger - enhedspriser, april 1992

Beskrivelse	Enhedspris ialt
1. Ledningsgrav i ubefæstet område for \varnothing 160-225 mm rør, jordklasse 3 (svær råjord)	83 kr. pr. lbm
2. Ledningsgrav i ubefæstet område for \varnothing 250-315 mm rør, jordklasse 3 (svær råjord)	100 kr. pr. lbm
3. Ledningsgrav i let befæstet område for \varnothing 250-315 mm rør, jordklasse 4 (svær råjord)	404 kr. pr. lbm
4. Krydsning af veje \varnothing 250 mm	38.555 pr. stk
5. Krydsning af vandløb \varnothing 250 mm	88.370 pr. stk
6. PVC rør, PN 6 \varnothing 200 mm	174 kr. pr. lbm
7. PVC rør, PN 6 \varnothing 250 mm	271 kr. pr. lbm

Kilde: Prishåndbog for vandforsyningsanlæg, afsnit 4 (ref. 3).

Eventuelle transportledninger mellem ressourcearealerne på Als vil typisk gå gennem ubefæstede områder. For en ledning af dimension 250 mm bliver den samlede etableringsomkostning således 371 kr. pr. lbm svarende til 371.000 kr. for 1 km ledning plus evt. krydsninger af veje, vandløb mv.

Levetiden for transportledninger er i det følgende ansat til 50 år, men ofte vil renovering medføre, at ledningerne i praksis kan ligge endnu længere - op mod 100 år. Med en real rentefod på 5% bliver den annualiserede etableringsomkostning lig med 21.000 kr. pr. km pr. år (inkl. 1 krydsning for hver 5 km). Den annualiserede etableringsomkostning er beregnet som:

$$\text{Etableringsomkostningen (385.000 kr. pr. km)} * \frac{0,05}{1 - [1/(1+0,05)]^{50}}$$

Hertil skal lægges omkostningerne til drift og vedligeholdelse af ledningen. På basis af erfaringstal er disse groft ansat til 4 kr. pr. lbm, svarende til 4.000 kr. pr. km pr. år. 4 kr. pr. lbm er lidt lavere end de 5 kr. pr. lbm, der blev regnet med i distributionen af vand (se bilag B). Det skyldes at der her er tale om transportledninger i overvejende ubefæstede områder. Den samlede omkostning ved at få vand fra andre områder er således skønnet til 25.000 kr. pr. km pr. år.

F.3 Den eksisterende forsyningsituation på Als

Som ressourcearealerne er defineret på Als sker der i dag kun en udveksling af vand mellem Sundeved og Vestals, idet boringer i Skovby medvirker til drikkevandsforsyningen af Sønderborg. Den nuværende forsyningsituation er vist i tabel F.3.

Tabel F.3: Den nuværende (1993) vandforsyningsplan på Als (1000 m³)

Forbrug Forsyning	1. Nordals	2. Østals	3. Vestals	4. Sundeved	5. Sydals	6. Kegnæs
1. Nordals	1712					
2. Østals		573				
3. Vestals			2591			
4. Sundeved			300	824		
5. Sydals					938	
6. Kegnæs						128

F.4 Måling af omkostningerne ved transport af vand mellem ressourcearealerne på Als

Til måling af omkostningerne ved transport af vand fra et ressourceareal til et andet er der på Als taget udgangspunkt i de eksisterende vandværker samt en kortlægning af forbrugscentrene (byområder). Disse er vist på figur F.1. Herefter er det i regneeksemplet for Als antaget, at hvis der skal etableres en transportledning mellem to ressourcearealer, vil denne komme til at gå fra det største vandværk i det eksporterende ressourceareal til det største forbrugscenter i det importerende ressourceareal. Ved brug af modellen som planlægningsværktøj bør man imidlertid gå ind i en nøjere vurdering af, hvor i et givet ressourceareal vandmanglen er størst, og hvilke vandværker i andre ressourcearealer, der bedst vil kunne dække denne mangel (det er ikke nødvendigvis det største vandværk). Tabel F.4 viser afstandene mellem ressourcearealerne på Als målt fra de største vandværker til de største forbrugscentre.

Tabel F.4: Fugleflugtsafstande (km) fra største vandværk i ressourceareal j til største forbrugsområde i ressourceareal k

		Største forbrugsområde					
		1. Nordals	2. Østals	3. Vestals	4. Sundeved	5. Sydals	6. Kegnæs
Ressourceareal	Vandværk	Nordborg	Fynshav	Sønderborg	Sønderborg/Dybbøl	Lysabild	Sønderby
1. Nordals	Havnbjerg	-	14	21	22	22	34
2. Østals	Fynshav	18	-	16	18	10	22
3. Vestals	Mjang Dam	17	9	-	9	9	21
4. Sundeved	Stenderup	30	22	6	-	20	32
5. Sydals	Skovby	27	12	16	18	-	10
6. Kegnæs	Kegnæs	34	19	23	25	9	-

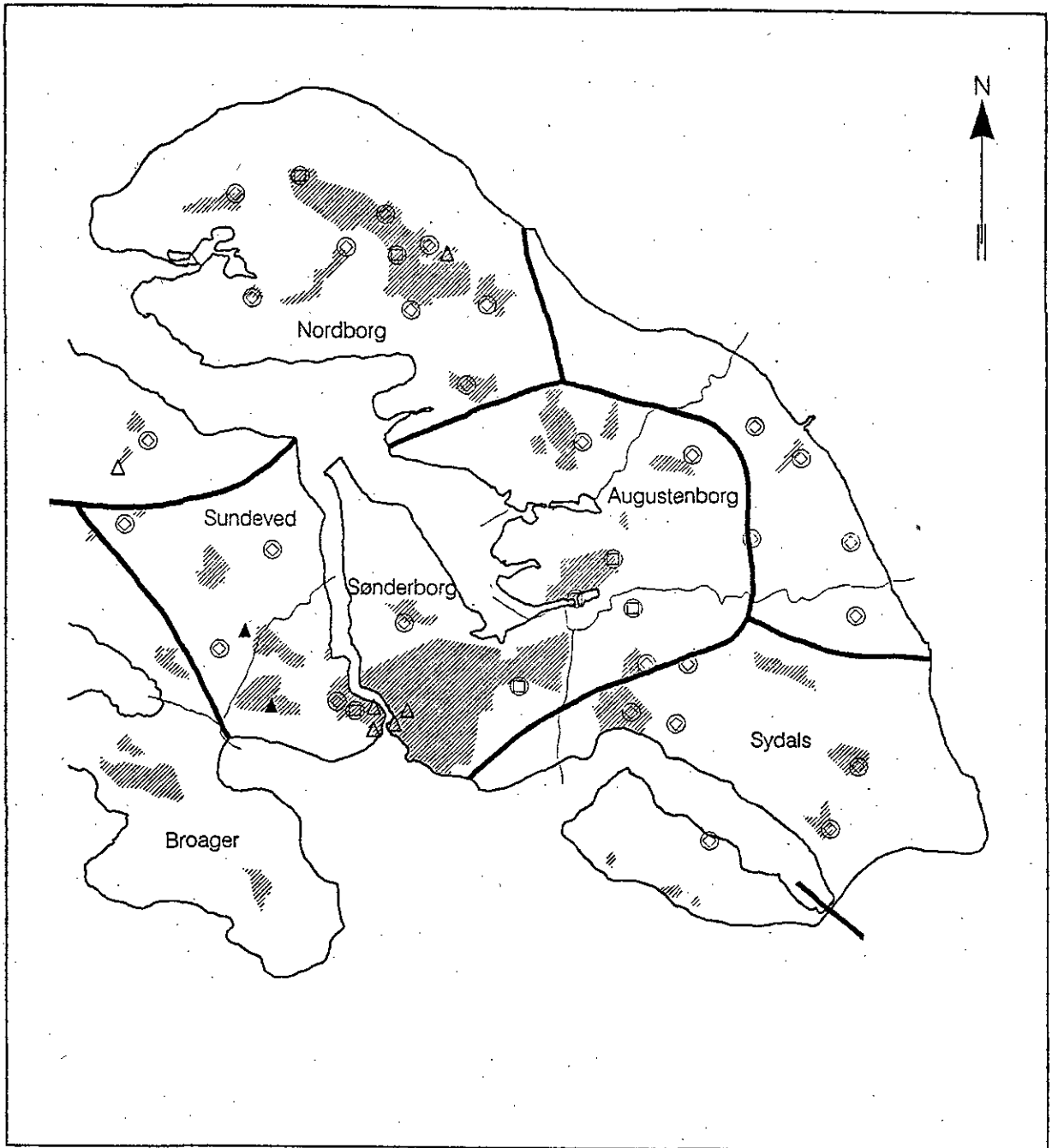
I tabel F.5 nedenfor er afstandene mellem ressourcearealerne multipliceret med omkostningerne ved at etablere og vedligeholde en transportledning, jvf. afsnit F.2.

Tabel F.5: Omkostninger ved transport af vand mellem ressourcearealer (1000 kr.)







		1. Nordals	2. Østals	3. Vestals	4. Sundeved	5. Sydals	6. Kegnæs
		Nordborg	Fynshav	Sønderborg	Sønderborg/-Dybbøl	Lysabild	Sønderby
1. Nordals	Havnbjerg	0	350	525	550	550	850
2. Østals	Fynshav	450	0	400	450	250	550
3. Vestals	Mjang Dam	425	225	0	225	225	525
4. Sundeved	Stenderup	750	550	150	0	500	800
5. Sydals	Skovby	675	300	400	450	0	250
6. Kegnæs	Kegnæs	850	475	575	625	225	0

F.5 Referencer/Baggrundsmateriale

- /1/ Vandforsyningsstatistik, 1992
- /2/ Betænkning fra Miljøstyrelsen, Nr. 1 1992: Danmarks fremtidige vandforsyning. Vandrådets betænkning.
- /3/ Dafolo Lovservice: Håndbog til vandforsyning.



Signaturer:

-  Ressourceafgrænsning
-  Kommunalt Vandværk
-  Planlagt ny indvinding
-  Privat Vandværk
-  Industri indvinding
-  Byområde

0 5 10 km

Figur F.1: Vandværker, byområder og ressourcearealgrænser på Als

Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

Serietitel, nr.: Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen, nr. 15.

Udgivelsesår: 1995.

Titel: Værdimåler for grundvandsressourcen

Undertitel:

Forfatter(e):

Udførende institution(er):
COWIconsult A/S

Resumé

I rapporten beskrives en metode til værdimåling af grundvandsressourcen, således at der kan ske en synliggørelse og prioritering. For at håndtere de mange aspekter, der har indvirkning på værdifastsættelsen, er der opbygget en »multikriterie model«. Med den kan foretages en sammenvejning af de meget forskellige kriterier som f.eks. kroner/øre, km vandløb, vandkvalitet m.v., som indgår i en værdifastsættelse. Modellen er en støtte til beslutningstagere, der skal prioritere mellem forskellige vandindvindingsområder.

Emneord:

Prioritering; grundvand; beslutningsstøttesystem; værdifastsættelse; vandressourcer; vandindvinding

ISBN: 87-7810-430-0

Pris (inkl. moms): kr. 145,-

Format: A4

Sideantal: 122

Måned for redaktionens afslutning: juli 1995

Oplag: 700

Andre oplysninger:

Rapport fra Depot- og Grundvandsprioriteringsprojektet, Faggruppen for Grundvandsressourcer

Tryk: Special-Trykkeriet Viborg a-s

Trykt på 100% genbrugspapir, Cyclus.

Projekt om jord og grundvand fra Miljøstyrelsen

Rapporter fra Depot- og Grundvandsprioriteringsprojektet:

Nr.

- 1 : Design, indkøring og drift af afværgepumpning
- 2 : Udnyttelse og rensning af forurenede grundvand
- 3 : Kvælstofudvaskning ved forskellig landbrugspraksis
- 4 : Barrierer mod udvikling og anvendelse af nye afværgeteknologier
- 5 : Projektstyringshåndbog for jord- og grundvandsforureninger
- 6 : Klassificering af grundvandsressourcen
- 7 : Erfaringer med in-situ afværgeforanstaltninger
- 8 : Metoder til udpegning af indvindingsoplande
- 9 : Erfaringsopsamling på amternes registreringsundersøgelser
- 10 : Kortlægning af den maksimalt tilladelige nitratudvaskning
- 11 : Overvågning af grundvandet baseret på nye geofysiske målemetoder
- 12 : Toksikologiske kvalitetskriterier for jord og drikkevand
- 13 : Økotoksikologiske jordkvalitetskriterier
- 14 : Zoneopdelt grundvandsbeskyttelse
- 15 : Værdimåler for grundvandsressourcen

Værdimåler for grundvands- ressourcen

I rapporten beskrives en metode til værdimåling af grundvandsressourcen, således at der kan ske en synliggørelse og prioritering. For at håndtere de mange aspekter, der har indvirkning på værdifastsættelsen, er der opbygget en »multikriterie model«. Med den kan foretages en sammenvejning af de meget forskellige kriterier som f.eks. kroner/øre, km vandrør, vandkvalitet m.v., som indgår i en værdifastsættelse. Modellen er en støtte til beslutningstagere, der skal prioritere mellem forskellige vandindvindingsområder.



Pris kr. 145,- (inkl. 25% moms)

ISBN: nr. 87-7810-430-0

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**
Strandgade 29 · 1401 København K · Telefon 32 66 01 00