

## Ferskvandets kredsløb

Hans Jørgen Henriksen og  
Alex Sonnenborg, GEUS (Eds)

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse  
Miljøministeriet

Danmarks Miljøundersøgelser  
Miljøministeriet

Danmarks JordbrugsForskning  
Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Danmarks Meteorologiske Institut  
Trafikministeriet

# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>Forord</b>	<b>Side 1-3</b>
<b>Kapitel 1 - Sammendrag</b>	<b>Side 1-7</b>
<b>Kapitel 2 - Summary</b>	<b>Side 1-7</b>
<b>Kapitel 3 - Opgørelse af den udnyttelige ferskvandsressource</b>	<b>Side 1-29</b>
3.1 Kapitel sammenfatning	2
3.2 Metodik til vurdering af udnyttelig vandressource	3
3.2.1 Teknisk indgangsvinkel	3
3.2.2 Valg af reference scenarie for simuleringskørsler	5
3.2.3 Definition af udnyttelig grundvandsressource	6
3.2.4 Metodik for opgørelse af udnyttelig ressource i relation til grundvandsdannelse (Indikator 1 og 2)	7
3.2.5 Metodik for opgørelse af udnyttelig ressource i relation til vandløbspåvirkning (Indikator 3 og 4)	10
3.3 Resultater af ressourceopgørelsen	13
3.3.1 Simuleret nettonedbør og grundvandsdannelse	13
3.3.2 Ressourceopgørelse for hele landet	18
3.3.3 Ressourcesituation i OSD områder	21
3.3.4 Ressourcesituation i 50 underområder	21
3.3.5 Bemærkninger til opgjort ressource	24
3.4 Usikkerheder på opgørelsen af udnyttelig ressource og yderligere vidensbehov	26
3.5 Vandrådets metodik og resultater	27
3.6 Referencer	29
<b>Kapitel 4 - Sammenfatning af behov for viden, overvågning og dataadgang</b>	<b>Side 1-11</b>
4.1 Kapitel sammenfatning	2
4.2 Vidensbehov i forbindelse med landsdækkende ressourceopgørelse	3
4.3 Vidensbehov i forbindelse med overvågning	6
4.3.1 Vandbalanceproblemer	6
4.3.2 Nye krav fra Vandrammedirektivet	7
4.3.3 Behov for bedre integration af modellering og monitorering	8
4.4 Behov for dataadgang	10
<b>Kapitel 5. Vandkvalitet og kvantitet hænger sammen</b>	<b>Side 1-20</b>
5.1 Kapitel sammenfatning	2
5.2 Formålet med NOVA	3
5.3 Kortfattet beskrivelse af vandkredsløbet og elementer i opgørelsen af den udnyttelige vandressources størrelse	6
5.3.1 Begrænsninger i ressourcen som følge af påvirkning af vandkvalitet fra terræn (bl.a. arealanvendelse)	6
5.3.2 Begrænsninger i grundvandsressourcen som følge af intensiv vandindvinding / overudnyttelse	10
5.3.3 Begrænsninger i ressourcen som følge af maksimal påvirkning af vandløb, søer og vådområder	12
5.3.4 Vandrådets opgørelse af udnyttelig grundvandsressource	13
5.3.5 Skalaeffekter	15
5.4 Vandrammedirektivet	18
5.5 Forudsætninger for nye opgørelse af vandressourcen	19
5.6 Referencer	20

<b>Kapitel 6. Ferskvandets kredsløb og tidlige variationer</b>	<b>Side 1-48</b>
6.1 Kapitel sammenfatning	2
6.2 Nettonedbør og vandbalance	4
6.2.1 Vandets kredsløb	4
6.2.2 Processer og definitioner - vandbevægelse over jorden	5
6.2.3 Processer og definitioner - umættet zone	6
6.2.4 Processer og definitioner - mættet zone	7
6.2.5 Udveksling mellem grundvand og vandløb	8
6.2.6 Vandbalanceligningen	8
6.2.7 Tidligere opgørelser af vandbalancen	9
6.2.8 Usikkerheder på de enkelte komponenter i vandbalancen	11
6.3 Nedbør	13
6.3.1 Metoder til måling af nedbør	13
6.3.2 Nedbørkorrektion (læforhold, wetting, flydende/fast nedbør mv.)	14
6.3.3 Tidslig variation i nedbør 1991-2000 / 1961-1990	17
6.3.4 Usikkerhed på nedbør.	20
6.4 Fordampning	21
6.4.1 Måling af fordampning	21
6.4.2 Måling af klimaparametre til beregning af reference fordampning efter Penman	21
6.4.3 Bestemmelse af referencefordampning (ET <sub>0</sub> ) og afgrødekoefficienter	22
6.4.4 Fordampning fra mark, skov og vådområder	24
6.4.5 Tidslig variation i reference fordampning 1991-2000 / 1961-1990	28
6.4.6 Usikkerhed på fordampning	28
6.5 Afstrømningsdata	31
6.5.1 Måling af afstrømning	31
6.5.2 Karakteristiske størrelser for afstrømningen	31
6.5.3 Betydning af medianminimumafstrømning og variation for økologiske forhold	32
6.5.4 Tidslige variationer i afstrømning for 1991-2000 / 1961-1990	32
6.5.5 Usikkerhed på afstrømningsmålinger	34
6.6 Vandspejlsvariationer i grundvand	36
6.6.1 Måling af grundvandstand i det nationale pejlestationsnet	36
6.6.2 Tidslig variation i grundvandsstand	36
6.6.3 Usikkerhed på pejledata	37
6.7 Vandindvinding	39
6.7.1 Måling af oppumpede vandmængder og fordeling på enkeltboringer	39
6.7.2 Vandindvindingsstatistik og fordeling på forbrugskategorier	39
6.7.3 Den tidslige udvikling i vandforbrug til markvanding, vandværker og industri	40
6.7.4 Usikkerhed på vandindvindingsdata	42
6.8 Vurdering af perioden 1991-2000 i forhold til længere tidsserier	43
6.9 Referencer	46

<b>Kapitel 7. Vandkredsløbets og vandressourcens regionale variationer og klimainput til den nationale vandressourcemodel</b>	<b>Side 1-19</b>
7.1 Kapitel sammenfatning	2
7.2 DMI's klimagrid (40x40 km)	2
7.3 Regionale variationer i nedbør	4
7.3.1 Regionale variationer i årsnedbør 1991-2000	7
7.3.2 Regionale forskelle i vinternedbør	9
7.4 Regionale forskelle i reference fordampning	10
7.5.1 Årsafstrømning	11
7.5.2 Hydrologiske regimer	12
7.5.2 Medianminimumsafstrømning	14
7.6 Korrektionsfaktorer på nettonedbør bestemt ud fra DK-model	15
7.7 Betydning af forskellige antagelser vedr. nedbørskorrektion og fordampning, for vandbalancen.	18
7.8 Skalaforhold og opgradering af inddata til DK-model	18
7.9 Referencer	19

<b>Kapitel 8. Konstruktion, kalibrering og validering af den nationale vandressourcemodel (DK-model)</b>	<b>Side 1-57</b>
8.1 Kapitel sammenfatning	2
8.2 Formål og succeskriterier for den Nationale Vandressource Model (DK-model)	3
8.2.1 Formål med den nationale vandressource model	3
8.2.2 Succeskriterier for den nationale vandressourcemodel	4
8.2.3 Øvrige anvendelser af DK-model i vandressourceforvaltningen	6
8.3 Metodik for konstruktion af national vandressourcemodel	7
8.3.1 Udfordringer ved opstilling af storskala model for hele landet	7
8.4 Tolkningsmetodik	8
8.4.1 Øerne (Fyn, Sjælland mm.)	8
8.4.2 Jylland	15
8.4.3 Bornholm	20
8.4.4 Diskussion af hvordan forskellige metoder forventes at påvirke slutresultatet i modellering	21
8.5 Sammenfatning vedr. konceptuel model for hele landet	24
8.6 Modelkode	25
8.6.1 DK-modellens rodzonemodul	27
8.7 Modelopstilling og parameterfastsættelse	30
8.8 Fastlæggelse af nøjagtighedskriterier	30
8.9 Kalibrerings- og valideringsmetodik for Sjælland og Fyn	34
8.10 Kalibrerings- og valideringsmetodik for Jylland	43
8.10.1 Observationsdata og kalibreringsmetodik for Jylland	43
8.10.2 Kalibrerings- og valideringsresultat for Jylland	47
8.11 Sammenligning af DK-model med Suså model	52
8.12 Validering i forhold til ældre data for Hovedstadsregionen	54
8.13 Betydning af konceptuel model for indvindingsoplande og opholdstider	55
8.14 Referencer	56

<b>Kapitel 9. Bedre overvågning af ferskvandskredsløbet i NOVANA og i relation til Vandrammedirektivet</b>	<b>Side 1-15</b>
9.1 Kapitel sammenfatning	2
9.2 Vandmiljøplanens overvågningsprogram	3
9.2.1 Indledning	3
9.2.2 Om at forstå tingene hver for sig og i sammenhæng	3
9.3 Hvad er NOVANA?	5
9.4 Forudsætninger for NOVANA	6
9.4.1 NOVA 2003	7
9.4.2 Vilhjelmudvalget	7
9.4.3 Den videre process i NOVANA's endelige udformning	7
9.4.4 Behovsopgørelsen	7
9.4.5 Vandrammedirektivet	7
9.5 Hovedprincipper i NOVANA	9
9.5.1 Landovervågning i NOVANA	10
9.5.2 Vandløb i NOVANA	11
9.5.3 Grundvandsovervågning i NOVANA	12
9.5.4 Arter og terrestriske naturtyper - en nyhed i NOVANA	13
9.5.5 Klimatiske og meteorologiske data og landbrugspraksis og arealanvendelse	13
9.5.6 Overvågning af ferskvandskredsløb og vandbalance i forbindelse NOVANA	13
9.6 Referencer	15

**Bilag 1: Sammenstilling af simuleringer for 10 DK-model deloplande**

- 1 Fyn
- 2 Vestsjælland
- 3 Sydsjælland
- 4 Nordsjælland
- 5 Sydjylland
- 6 Sydvestjylland
- 7 Sydøstjylland
- 8 Vestjylland
- 9 Østjylland
- 10 Nordjylland
- 11 Bornholm (mangler)

**Bilag 2: Ordliste**