

10. Naturlig dræning og grundvandsdannelse

Bjarne Hansen (DJF), Svend Elsnab Olesen (DJF) og Vibeke Ernstsen (GEUS)

10.1 Baggrund og formål

Mulighederne for nedsivning af overskudsnedbør og dermed grundvandsdannelse er en vigtig parameter i alle vandtransport- og vandbalancebetragtninger. Manglende nedsivning kan medføre, at der i forbindelse med overskudsnedbør, primært i vinterhalvåret, opstår temporær vandmætning enten i vækstlaget eller dybere i jordprofilen over dybereliggende grundvandsmagasiner. Det betyder, at der er mulighed for præferentiel strømning med risiko for udvaskning af bl.a. pesticider.

Mulighederne for nedsivning afhænger bl.a. af geologisk oprindelse, jordens lerindhold og den opsprækning af de øvre jordlag, der er sket siden den geologiske dannelse. Opsprækningen skyldes dels pedologiske processer som kalkudvaskning og udtørring/opfugtning i de øverste jordlag, dels geologiske forhold og geokemiske processer i dybere jordlag. Som resultat af bl.a. disse processer er jordlagenes hydrauliske ledningsevne ofte størst i vækstlaget hvorefter den reduceres med tiltagende dybde.

Dræning af dyrkede arealer er en indikator for utilstrækkelig nedsivning af overskudsnedbør og at der i kortere eller længere perioder opstår vandstuvning i de øverste jordlag. Formålet med dette projekt var at finde relationer mellem allerede kortlagte jordbundsparametre og omfanget af dræning for dermed at kunne udpege områder med utilstrækkelig nedsivning.

10.2 Tidligere undersøgelser

Der er tidligere udviklet en metode til udpegning af områder med større eller mindre afvandingsbehov på grundlag af kortlagte jordbundsparametre og oplysninger om dræningens omfang (Arealdatakontoret, 1985). Det tekstur- og strukturbetingede afvandingsbehov var baseret på kort over landskabselementer, sandet/leret undergrund og farvekoder i Den Danske Jordklassificering, der angiver tekturen i pløjelaget. Oplysninger om drænedes arealer var hovedsagelig baseret på en landsdækkende undersøgelse udført af Landskontoret for Planteavl 1972-73 (Skriver & Hedegård, 1973). Gennem de lokale planteavlskon-sulenter blev der for ca. 920 landbrug indsamlet oplysninger om det samlede areal, hvor stor en del, der er drænet, og arealer med behov for omdræning, supplerende dræning og nydræning for henholdsvis mineraljord og lavbundsjord. De enkelte landbrug blev markeret på kort 1:50.000 hvor størstedelen af ejendommens areal var placeret. På kommuneniveau blev der beregnet areal, fordelt på afvandingsklasserne 1 til 4 med et afvandingsbehov på henholdsvis 75-100 %, 50-75 %, 25-50 % og 0-25 % af arealet.

10.3 Nye data

Ovennævnte metode har den svaghed, at den ikke inddrager viden om geologiske og geo-kemiske forhold for jordlagene i og under 1 m dybde som på daværende tidspunkt ikke var tilgængelige på digital form. Der foreligger nu geologiske oplysninger på digital form, hvor ca. 82 % af landet findes kortlagt og vist på en skala 1:25.000 (Hermansen og Jakobsen, 2000) og for hele landet 1:200.000 (Hermansen et al., 1999). Desuden findes oplysninger i boringsdatabasen Jupiter (GEUS), hvorfra data om tykkelse af lerlag, mægtigheden af den kalkfri zone og skiftet fra iltede til ikke iltede jordarter kan hentes frem. Der er udviklet bedre GIS værktøjer og der foreligger flere georelaterede oplysninger om drænedede arealer indsamlet ved interviewundersøgelser udført af Hedeselskabet 1983-89 (Kelstrup & Hansen, 1986, Hansen, 1990). Fra disse undersøgelser foreligger oplysninger om bl.a. arealanvendelse og dræning på markniveau for 17 oplande svarende til ca. 1300 marker. De enkelte marker er markeret på kort 1:10.000. Placeringen af arealerne og detaljeringsgraden er derfor væsentlig bedre end i Landskontorets undersøgelse. De fleste oplande er beliggende i Jylland. Desuden var det planlagt at inddrage oplysninger om drænklasser for de enkelte profiler i DJF's landsdækkende Profildatabase.

10.4 Beregning af grundvandskoter

Behovet for dræning af dyrkede arealer under givne klimatiske betingelser kan normalt henføres til to hovedårsager:

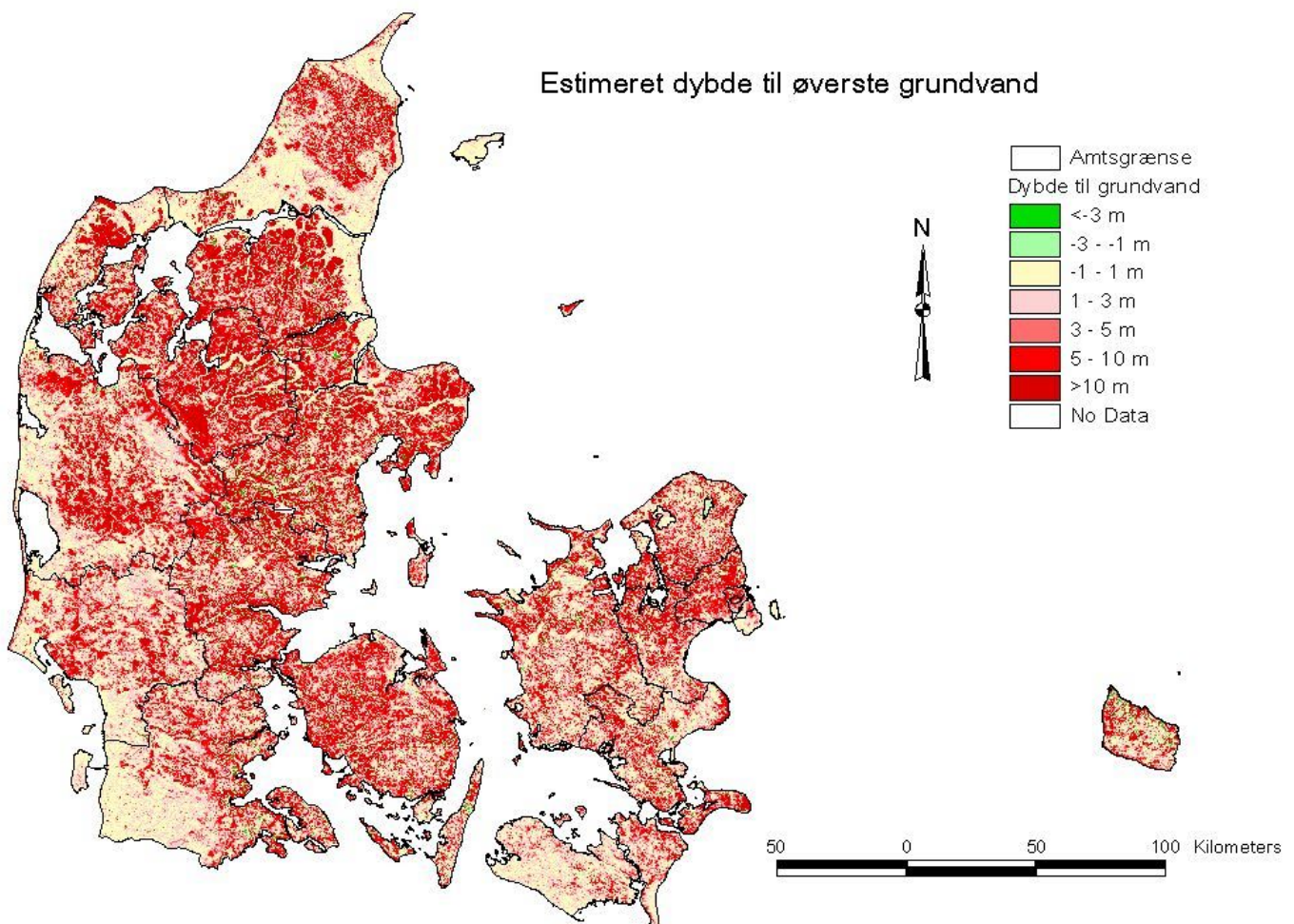
1. recipientafhængigt afvandingsbehov, der skyldes et højtliggende primært grundvandspejl på grund af arealets niveau i forhold til recipienten.
2. tekstur- og strukturbetinget afvandingsbehov på grund af lille hydraulisk ledningsevne i eller under rodzonen og manglende muligheder for nedsivning og grundvandsdannelse.

En vurdering af de teksturbetingede muligheder for nedsivning og grundvandsdannelse på grundlag af dræningsaktiviteten må derfor baseres på arealer der ikke har et recipientafhængigt afvandingsbehov.

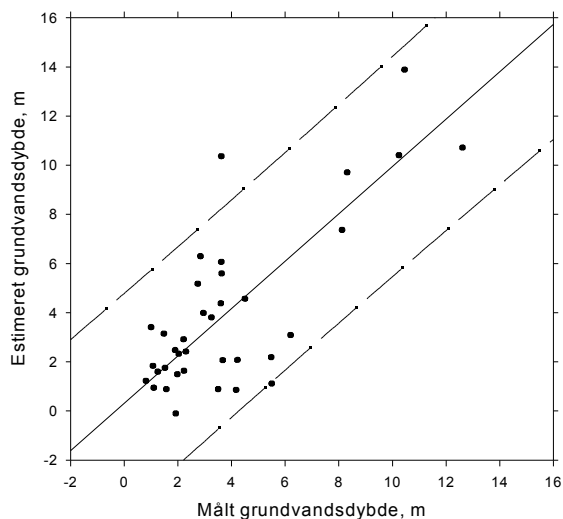
De fleste amtskommuner har kortlagt grundvandspotentialerne baseret på vandstandsmålinger i boringer, brønde mv. Denne kortlægning er imidlertid ikke landsdækkende og nogle steder er der tilsyneladende ikke skelnet mellem primære og sekundære grundvandsmagasiner. Desuden er det ved pesticidzonerings vigtigt at kende tykkelsen af den umættede zone. Derfor er det forsøgt at foretage en landsdækkende kortlægning af det øverste grundvandsspejl på grundlag af oplysninger om grundvandspejlinger i boringer, dybde af gravede brønde og vandstandskoter i vandløb, grøfter og søer. Oplysninger om grundvandspejlinger i boringer samt dybde af gravede brønde stammer fra GEUS's databaser og oplysninger om vandstandskoter i vandløb, grøfter og søer er udtrukket fra TOP10DK datasættet hos GEUS. Dette datamateriale er meget omfattende og indeholder vandstandskoter i ca. 4.500.000 punkter. Grundvandspejlinger i boringer samt brønde, der på grundlag af vandstandskoten og omkringliggende pejlinger skønnes at repræsentere dybereliggende reservoirer, er sorteret fra. Derefter er estimerede grundvandskoter beregnet i et landsdækkende gridnet ved brug af programmet Surfer. Det bør bemærkes, at det således

beregnete grundvandsspejl nogle steder kan være temporært. Dybden til grundvandsspejlet kan derefter beregnes som difference mellem terrænkoter og estimerede grundvandskoter. Der er anvendt terrænkoter fra den digitale højdemodel med 25 m gridstørrelse fra TOP10DK. Den estimerede dybde til øverste grundvand er vist i figur 10.1.

Beregningsmetoderne og usikkerhed ved datamaterialet medfører naturligvis nogen usikkerhed på de estimerede grundvandsdybder. Usikkerheden på terrænkoterne i højdemodelen er ifølge Kort- og Matrikelstyrelsen <0.9 m i fladt terræn og <2 m i kuperet terræn. Usikkerheden på de estimerede grundvandskoter kendes ikke, men varierer antagelig med terrænform, jordtype mv. Desuden har det ikke været muligt at tage hensyn til årstidsvariationen i grundvandsstanden. Der er i KUPA-projekterne på sandjordsarealer målt dybde til grundvand på nogle lokaliteter. Målte og estimerede værdier er vist i figur 10.2. Regressionsberegningerne viser en standardafvigelse på ca. 1 m for disse målesteder. Der foreligger ikke tilsvarende data fra lerjordsarealer i KUPA sammenhæng.



Figur 10.1. Estimeret dybde til det øverste grundvand.



Figur 10.2. Sammenligning af målt og estimeret grundvandsdybde på sandjordsarealer. Stiplede linier viser 95% prediktionsintervallet, dvs. regressionslinien ± 2 gange standardafvigelsen.

10.4.1 Dræningsintensitet og jordbundsparametre

Relationer mellem kortlagte jordbundsparametre og dræningsintensitet er bestemt på grundlag af datamateriale fra undersøgelsen udført af Landskontoret for Planteavl 1972-73 og interviewundersøgelserne udført af Hedeselskabet i perioden 1983-89. Arealer med en estimeret grundvandsdybde mindre end 5 m er udeladt for at undgå dræninger, der skyldes et recipientbetinget afvandingsbehov. For områder med oplysninger om dybereliggende grundvandsstand er der set bort fra dette krav. Derved er ca. halvdelen af arealerne omfattende såvel sand- som lerjorde udeladt.

For at undersøge hvilke jordbundsparametre, der er korreleret med drænprocenten, er korrelationen mellem de enkelte jordbundsparametre og drænprocenten analyseret. Analyserne er udført med GLM-proceduren i SAS. En sådan analyse forudsætter bl.a., at datamaterialet er normalfordelt. Da drænprocenten ikke er normalfordelt, hovedsagelig på grund af et stort antal arealer med drænprocent på 0 eller 100, er drænprocenten transformeret efter følgende formel

$$D = 1/\log((\text{drænprocent} + 0.5)/(100 - \text{drænprocent} + 0.5))$$

Der er generelt fundet langt bedre korrelation mellem de enkelte jordbundsparametre og drænprocenten for data fra interviewundersøgelserne foretaget af Hedeselskabet end for data fra Landskontorets undersøgelse, tabel 10.1. Det skyldes formodentlig, at der i Landskontorets undersøgelse kun er oplyst drænprocent og geografisk placering på ejendomsni-

veau. En drænprocent på 50 kan således f.eks. dække over en drænprocent på 100 for halvdelen af markerne og 0 og for den anden halvdel på grund af forskellig jordtype mv. Desuden er den geografiske placering af arealerne mere usikker med deraf følgende usikkerhed ved bestemmelse af de enkelte jordbundsparametre. Det gælder især parametre, der er bestemt med stor detaljeringsgrad og kortlagt i f.eks. 1:25.000 og i mindre grad for parametre, der er bestemt med mindre detaljeringsgrad og kortlagt i f.eks. 1:200.000 eller 1:500.000.

Tabel 10.1. Korrelationer mellem transformeret dræningsprocent (D) og jordbundsparametre for datamaterialet fra interviewundersøgelser gennemført af Hedeselskabet og drænundersøgelsen udført af Landskontoret for Planteavl.

Jordbundsparametre	Korrelation med data fra interviewundersøgelser, udført af Hedeselskabet		Korrelation med data fra undersøgelse gennemført af Landskontoret	
	Antal	Korrelation, r^2	Antal	Korrelation, r^2
Farvekode (tekstur i pløjelag)	726	0,36	433	0,23
Landskabselement	726	0,44	433	0,17
Forenkl. landskabselement	726	0,42	433	0,15
Geologi, 1:200.000	726	0,46	433	0,21
Forenkl. geologi, 1:200.000	726	0,43	429	0,16
Geologi, 1:25.000	469	0,67	310	0,28
Forenkl. geologi, 1:25.000	469	0,63	310	0,26
Leret/sandet undergrund	726	0,48	433	0,17
Kalkudvaskningsdybde	699	0,29	433	0,11
Lertykkelse	726	0,19	433	0,05

Da der er et stort antal jordarter på de geologiske kort, er de geologiske symboler forenklet til grusede, sandede, lerede og organiske aflejringer hvor sidstnævnte kategori er udeladt af korrelationen. Tilsvarende er der et stort antal landskabselementer, hvoraf nogle altid har et recipientafhængig afvandingsbehov, som f.eks. marsk eller littorina. Landskabselementerne er derfor reduceret til hedeslette, bakkeø og moræneaflejringer. Forenklingerne er nødvendige, fordi der i datamaterialet ikke findes data for mange af de øvrige jordarter eller landskabselementer. Som det fremgår af tabel 1 medfører forenklingerne mindre reduktioner i de fundne korrelationer.

Af tabel 10.1 fremgår, at korrelationen som forventet er størst for parametre, der repræsenterer dybere jordlag og mindre for landskabselementer og tekstur i pløjelaget. Korrelationen mellem tekstur i pløjelaget og drænprocenten skyldes hovedsagelig en korrelation mellem tekstur i pløjelag og dybere jordlag. Den i særklasse bedste parameter er jordart fra Geologiske kort 1:25.000, især for data fra interviewoplandene fra Hedeselskabets undersøgelser, hvor oplysningerne om dræning foreligger på markniveau. Korrelationen for jordarter på en skala 1:200.000 er væsentlig dårligere og sammenlignelige med korrelationen for de gamle kort over leret/sandet undergrund i 1:500.000.

Baseres beregningerne på lerjordsarealer alene, er de undersøgte jordbundsparametre generelt dårlig korrelerede med drænprocenten. Korrelationerne er især overraskende små for kalkudvaskningsdybde og tykkelse af lerlag. Det kan skyldes en relativ lille variation i drænprocent på lerjordsarealer. For ca. halvdelen af lerjordsarealerne i interviewundersøgelserne var dræningsprocenten >80 % og for kun 15-20 % af arealerne var dræningsprocenten <50 %. For de relativ få lerjordsarealer med lille dræningsprocent kan der være lokale forhold der spiller ind og som derfor ikke vil afspejle sig i lertykkelse eller i dybden af den kalkfri zone. Desuden kan der være arealer med et potentielt dræningsbehov, som af driftsmæssige eller økonomiske årsager ikke er drænet.

Resultaterne tyder på, at landskabselement, farvekode og en parameter for dybere jordlag bør indgå i en model til estimering af drænbehov og muligheder for nedsivning. Modeller til beregning af dræningsprocent på grundlag af disse parametre er opbygget ved hjælp af GLM-proceduren i SAS. Multiple korrelationer for disse modeller er vist i tabel 2. Der synes at være mulighed for at estimere drænbehov og muligheder for nedsivning rimelig sikkert for områder, hvor geologiske kort 1:25.000 foreligger og med nogen større usikkerhed, hvor de geologiske oplysninger stammer fra kort 1:200.000.

Tabel 10.2. Multiple korrelationer mellem transformeret dræningsprocent og jordbundsparametre.

Jordbundsparametre	Korrelation med data fra Hedeselskabets interviewundersøgelse		Korrelation med data fra Landskontorets undersøgelse	
	antal	Korrelation, r^2	Antal	Korrelation, r^2
Landskabselement + Farvekode + Leret/sandet undergrund	726	0,55	433	0,27
Landskabselement + Farvekode + Geologisk symbol, 1:200.000	726	0,54	433	0,30
Landskabselement + Farvekode + Geologisk symbol, 1:25.000	699	0,75	310	0,29
Landskabselement + Farvekode + Forenkl. geologisk symbol, 1:200.000	726	0,49	433	0,28
Landskabselement + Farvekode + Forenkl. geologisk symbol, 1:25.000	699	0,70	433	0,27

I DJF's Profildatabase med ca. 2200 jordbundsprofiler er de enkelte profiler inddelt i 5 dræningsklasser, hvor dræningsklasse 1 er meget veldrænet jord og dræningsklasse 5 er meget dårlig drænet jord. Analyser af disse data viste dårligere korrelation mellem drænklasser og jordbundsparametre end fundet for data fra Landskontorets undersøgelse. Årsagen er ikke nærmere undersøgt, men kan være, at mange arealer med drænbehov er drænet for en år-række siden og at gleypræg mv., som er anvendt ved vurdering af drænklasser, derved er ændret.

I tabel 10.3 er vist estimerede dræningsprocenter beregnet på grundlag af data fra Hedeselskabets interviewundersøgelser og modellen med farvekode, forenklet landskabselement og

forenklet geologi 1:25.000. Værdierne er tilbagetransformeret fra variabelen D, der er defineret tidligere.

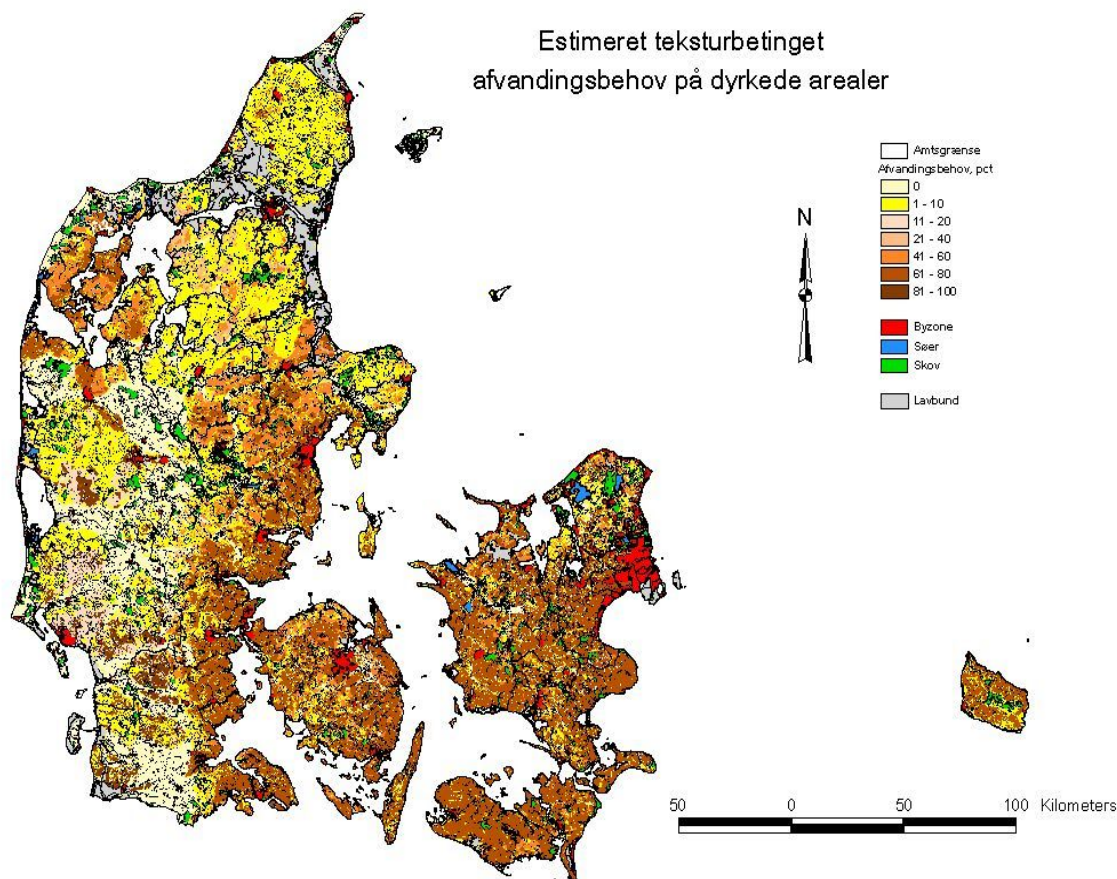
Tablet 10.3. Estimerede teksturbetingede dræningsprocenter ved forskellige kombinationer af farvekode (tekstur i pløjelag), forenklet geologi 1:25.000 og forenklete landskabselementer.

	Forenklet geologi		
	Grus	Sand	Ler
Farvekode 1-2 Hedeslette	0	0	-
Bakkeø	0	5	79
Moræne	0	1	38
Farvekode 3 Hedeslette	0	0	-
Bakkeø	6	15	84
Moræne	1	3	56
Farvekode 4-6 Hedeslette	0	2	-
Bakkeø	25	37	88
Moræne	4	7	77

Der er ikke estimeret drænbehov for hedeslette med leret undergrund på grund af manglende data. Desuden forekommer denne kombination sjældent. De estimerede teksturbetingede dræningsprocenter for bakkeø er overraskende store, hvor der er grus eller sand i ca. 1 m dybde. Det skyldes antagelig, at der på bakkeøer ofte i begrænset dybde er ler overlejret af grus eller sand. Dræningsbehovet skyldes i disse tilfælde de dybereliggende lerlag. Det skal dog også tages i betragtning, at datamaterialet har været begrænset for landskabselementet bakkeø.

Anvendes geologisk kortlægning 1:200.000, hvor den mere detaljerede kortlægning 1:25.000 mangler, fås en gennemsnitlig teksturbetinget dræningsprocent for hele landet på 39 % for ikke lavbundsarealer med farvekode 1-6. De således estimerede dræningsprocenter er vist i figur 3. På grundlag af data fra den tidligere undersøgelse (Arealdatakontoret, 1985) kan forskellen mellem teksturbetinget og total dræningsbehov skønnes til ca. 9 % af de dyrkede arealer. Ifølge Aslyng (1980) er ca. 49 % af landbrugsarealet drænet. Der er således god overensstemmelse mellem estimeret afvandingsbehov og aktuelle drænedes arealer på landsplan.

I forbindelse med Suså-undersøgelserne 1978-81 blev der indsamlet oplysninger om drænedes arealer i Susåens opland. Der blev udsendt spørgeskemaer til 800 landbrug. Ca. halvdelen af spørgeskemaerne blev returneret. I tabel 4 er vist estimeret teksturbetinget dræningsbehov og drænedes arealer beregnet på grundlag af besvarelserne. De drænedes arealer omfatter her både teksturbetingede og recipientbetingede dræninger. Tages dette i betragtning er der rimelig overensstemmelse mellem estimeret dræningsbehov og drænedes arealer.



Figur 10.3. Estimeret tekstur- og strukturbetinget afvandingsbehov på dyrkede arealer.

Tabel 10.4. Estimeret teksturbetinget dræningsbehov og drænedede arealer på ikke-lavbundsområder i 7 kommuner i Susåens opland.

Kommune	Estimeret dræningsbehov (%)	Registrerede dræninger (%)
Fuglebjerg	67	66
Ringsted	66	72
Næstved	60	62
Rønnede	74	83
Holmegård	62	72
Haslev	68	90
Suså	68	76

Hedeselskabets oversigtskort over arealer, hvor der er projekteret eller udført dræning, er digitaliseret for 4 områder ved Grundfør, Mammen, Bjerringbro og på Stevns. Estimeret dræningsbehov og aktuel dræning på ikke lavbundsarealer er vist i tabel 10.5. Det fremgår heraf, at der for Stevns er rimelig overensstemmelse mellem estimeret dræningsbehov og aktuel dræning. For de øvrige områder er den registrerede aktuelle dræning langt mindre

end det estimerede behov. Det kan skyldes en overvurdering af dræningsbehovet i disse områder. Den væsentligste årsag er dog sandsynligvis, at en stor del af dræningerne ikke er registreret, enten fordi de er udført af andre end Hedeselskabet eller fordi ældre dræninger ikke er registreret. En stor del af lerjordsarealerne var således ifølge Aslyng (1980) drænet allerede før år 1900.

Tabel 10.5. Estimeret teksturbetinget dræningsbehov og drænedede arealer på ikke lavbundsområder registreret i Hedeselskabets arkiver for 4 områder.

	Total areal, ha	Estimeret dræningsbehov, %	Registrerede dræninger, %
Stevns	11000	76	70
Grundfør	15000	54	15
Bjerringbro	39000	37	6
Mammen	15000	40	4

10.5 Konklusion

Sammenfattende kan konkluderes, at det estimerede teksturbetingede drænbehov synes at være i rimelig overensstemmelse med kendte aktuelle dræninger. Verifikation af modellen kræver indsamling af oplysninger om drænedede arealer ved interview, spørgeskemaer eller lignende. I nogle områder er en stor del af de drænedede arealer således tilsyneladende ikke registreret i Hedeselskabets arkiver.

10.6 Litteratur

Arealdatakontoret. 1985. Afvandingsundersøgelsen i Danmark. Landbrugsministeriets Arealdatakontor.

Aslyng, H.C. 1980. Afvanding i jordbruget. Kulturteknik III. 3. Udg. DSR-forlag. 228 sider.

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Boringsdatabasen, Jupiter.

Hansen, B. 1981. Drænvandskvantitet og -kvalitet i Susåens opland. Suså-projekt. Rapport H19.

Hansen, B. 1990. Landbrugets gødnings- og arealanvendelse i 1983 og 1989. Interviewundersøgelser i syv mindre landbrugsområder. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. A21.

Hermansen, B. og P.R. Jakobsen. 2000. Danmarks digitale jordartskort 1:25 000. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, version 2,0, GEUS rapport nr. 81, 2000.

Hermansen, B., S.A.S. Petersen og C. Bjerregaard. 1999. Digital kort over Danmarks jordarter 1:200 000. Geologisk kort over de overfladenære jordarter i Danmark. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, version 1.0, GEUS rapport nr. 47, 1999.

Kelstrup, N. og B. Hansen. 1986. Arealanvendelse og geologi – nitrat i grundvand. Miljøprojekt nr. 73. Miljøstyrelsen.

Skriver, K. og J. Hedegård. 1973. Undersøgelser over danske jorders dræningstilstand. Planteavlssarbejdet i Landbo- og Husmandsforeningerne, 2055-59.