

Grundvandsspejlets højde og fluktuationer i et hedesletteområde 1969–81

Fluctuations of groundwater level in a heath area 1969–81

V. Jørgensen

Resumé

I årene 1968–81 blev der gennemført månedlige grundvandspejlinger i et typisk dansk hedesletteområde med højtliggende frit grundvandsspejl. Der fandtes et ensartet variationsmønster i alle pejlepunkter med maximum grundvandshøjde i januar–februar og minimum i juli–september. Årsvariationerne i forskel mellem højeste og laveste grundvandsspejl var 40–175 cm afhængig af nedbør, nedbørsfordeling og afstand fra vandløb. Der fandtes en høj korrelation mellem grundvandsspejlets maximumhøjde og nedbørssummen i de foregående måneder.

I perioden 1976–79 skete der en betydelig stigning i vandindvindingstilladelserne til markvanding i pejleområdet. Det var ikke muligt at påvise indflydelse på grundvandsbevægelserne fra øget markvanding.

Nøgleord: Fluktuationer i grundvandspejlet.

Summary

Measurements of the fluctuation of groundwater levels have been carried out in a Danish area of coarse sand and high groundwater level.

Similar fluctuations of groundwater levels were found in all observation wells, and maximum groundwater level was found in January–February and minimum in July–September. The fluctuation of groundwater level within years varied from 40 to 175 cm depending on precipitation, distribution of precipitation and distance from streams. A close correlation was found between the maximum groundwater level and precipitation during the previous months. A great increase in the permission to establish pumping wells for field irrigation took place during the years 1976–79.

It was not possible to prove any correlation between the fluctuation of the ground water level and the increase of field irrigation.

Key words: Fluctuations of ground water level.

Indledning

Fra 1969 er der på Jynde vad forsøgsstations arealer gennemført systematiske månedlige grundvandspejlinger. Målingerne, som startede med tre pejlepositioner, blev senere udvidet til et større

areal og 6 pejlepositioner. På grund af god korrelation mellem resultater fra forskellige målepunkter blev målepunkternes antal indskrænket til fire i 1978. Målingerne blev startet på grund af

øget almeninteresse for grundvandsressourcerne og forskellige faktors indflydelse på disse. Endvidere var der en naturlig interesse i at registrere grundvandsdybde og bevægelse under forsøgsstationens arealer, som primært udnyttes til forskning og forsøg vedrørende planternes vandforsyning samt vanding. Vandbalanceligningen kan udtrykkes således:

- $N = A_o + A_u + E_a + \Delta R$
 $N = \text{nedbør, mm}$
 $A_o = \text{overjordisk afstrømning, mm}$
 $A_u = \text{underjordisk afstrømning, mm}$
 $E_a = \text{aktuel fordampning, mm}$
 $\Delta R = \text{ændringer i magasinet, mm}$

Nettonedbøren (N_N) udgør en teoretisk øverste grænse for mulig vandindvinding:

$$N_N = N \div E_a$$

Det ses af disse ligninger, at grundvandsdannelsen kan være påvirket af flere faktorer. Den årlige størrelse af E_a ligger oftest mellem 300 og 500 mm med et gennemsnit omkring 400 mm pr. år.

Under ensartede nedbørsforhold vil E_a være lavere på jorde med lille vandkapacitet end fra jorde med stor vandkapacitet. Dette betyder, alt andet lige, større nettonedbør i områder med jordtyper med lav vandkapacitet.

Forureningsrådet (*Anonym*, 1971) har vurderet N_N til 440 mm i Ribe Amt, som havde den højeste værdi. Lolland-Falster havde den laveste værdi på 160 mm.

De primære effekter af markvanding er øgning af E_a og forbrug af vand fra grundvandsreserverne. Det gennemsnitlige årlige vandbehov i områder med en »normal« blandet plantedyrkning er ofte anslået til ca. 100 mm (*Aslyng*, 1978; *Gregersen & Knudsen*, 1981; *Jørgensen*, 1976).

Nyere beregninger anslår dog, at gennemsnitlig 30% (med store variationer) af de vandmængder, der tilføres ved markvanding, strømmer af til grundvandet (*Gregersen & Knudsen*, 1981; *Høgh Jensen*, 1981).

Der findes dog en stor årsvariation (*Bennetzen*, 1978; *Jørgensen*, 1975).

Vandindvinding kan have stor indflydelse på vandløbenes vandføring, hvilket især kan være uheldigt ved minimumsvandføringen, som ofte findes midt på sommeren. Endvidere vil en ny vandindvinding medføre en permanent sænkning af grundvandsstanden (*Anonym*, 1978).

Disse betragtninger samt den kendsgerning, at vandindvindingen er stærkt stigende, aktualiserer målinger af grundvandsstand og grundvandsspejlets bevægelser.

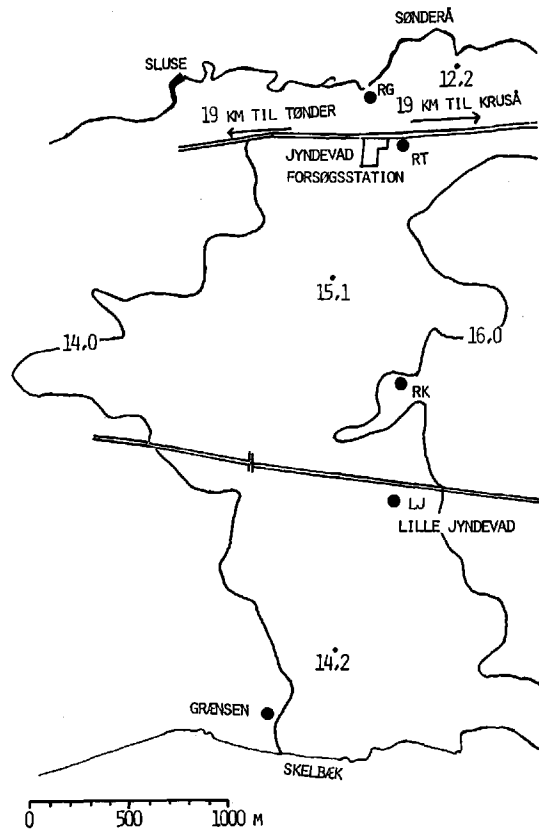


Fig. 1. Placering af pejlepunkter. ●
Placing of the measuring points. ●

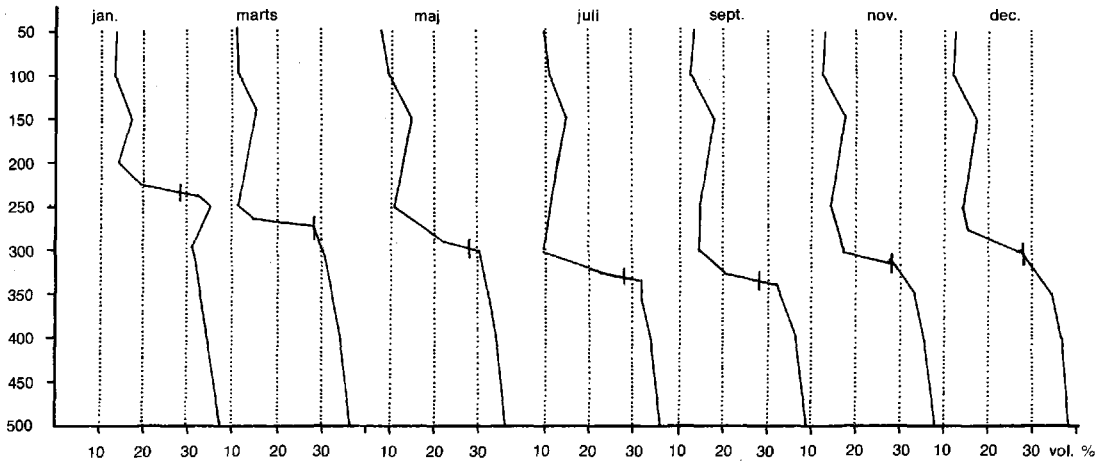


Fig. 2. Eksempler på måleprofiler.
Examples of measured soil water content.

Metodik

Fig. 1 viser, at de fleste pejlepunkter er placeret på en linie mellem to vandløb og parallelt med højdekurverne.

Pejlingerne blev gennemført en gang månedligt i aluminiumsrør, som var placeret permanent i målepunktet til en dybde af 2–3 m under grundvandsspejlet. Der målt med neutronmoderationsudstyr (Ølgård, 1965) i rør, som var lukkede i bunden for at hindre vandindtrængning. I kort afstand fra rørene blev den frie grundvandsstand målt i andre rør med pejlesnor.

Fig. 2 viser et eksempel på pejleprofiler. Vandindholdet blev målt med 50 cm interval fra jordoverfladen og ca. 2 meter ned i grundvandet.

I den kapillære zone blev der foretaget yderligere målinger med det formål at kunne foretage en mere nøjagtig interpolering til 28 vol. % vand, der blev defineret som grundvandsspejlet. Det kan diskuteres, hvorvidt grundvandsstanden virkelig findes ved dette niveau, hvor alle porer endnu ikke er vandfyldte. Forløbet i fig. 2 viser også, at 28 vol. % er et punkt i den kapillære zone. De nævnte sammenlignende pejlinger i åbne rør viste, at grundvandsstanden i det åbne rør oftest kun afveg få cm fra niveauet ved 28 vol. % jord-

vand. I enkelte ekstreme tilfælde var der afvigelser op til 25 cm. Når et vandindhold, lavere end vandmætning, fandtes hensigtsmæssigt til at definere grundvandsstanden, kan en del af forklaringen være, at neutronmoderationsmetoden henter informationer fra en radius på 25–30 cm fra målepunktet. Når sonden er placeret i grundvandsspejlet, vil der således modtages informationer fra den kapillære zone over målesonden.

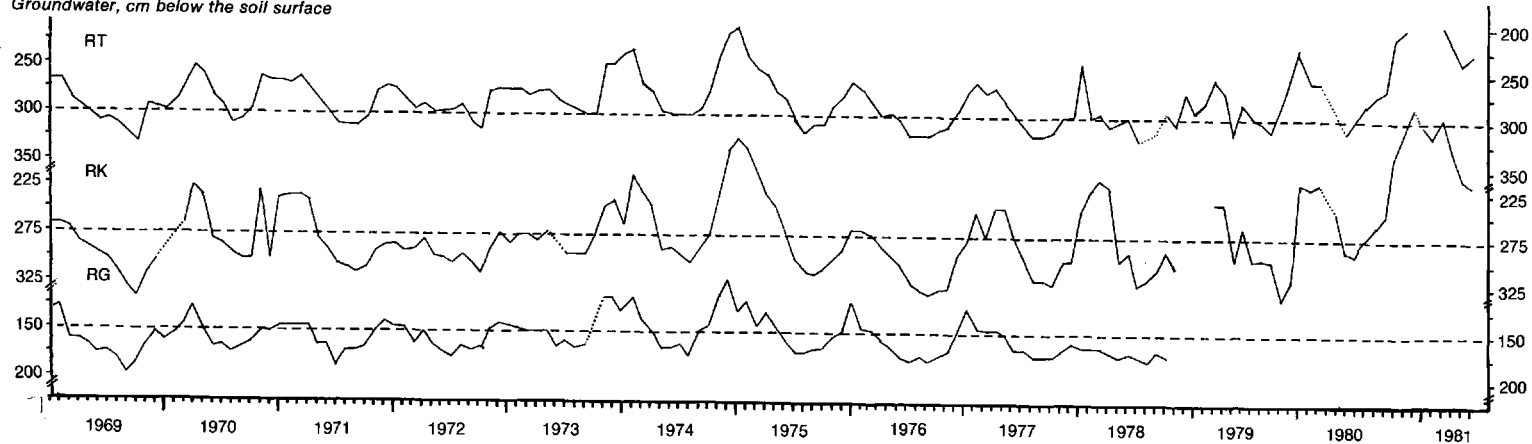
I det følgende er primært anvendt resultater fra neutronmoderationsmetoden. I enkelte tilfælde er disse erstattet af resultater fra pejlinger i de »åbne« rør.

Resultater

Pejleresultater fra 3 målepunkter for perioden 1969–81 er vist i fig. 3 som afstanden fra jordoverfladen til grundvandsspejlet.

Variationsmønstrer er ensartet med den højeste grundvandsstand i januar–februar og den laveste i perioden juli–september. Forskellen mellem højeste og laveste grundvandsspejl var mindst i 1972–73 og størst i 1974–75 henholdsvis 40 cm og 130 cm for punktet RK. Nedbørshistogrammerne viser, at denne forskel sandsynligvis

Grundvandspejl, cm under jordoverfladen
Groundwater, cm below the soil surface



Nedbør, mm
Precipitation, mm

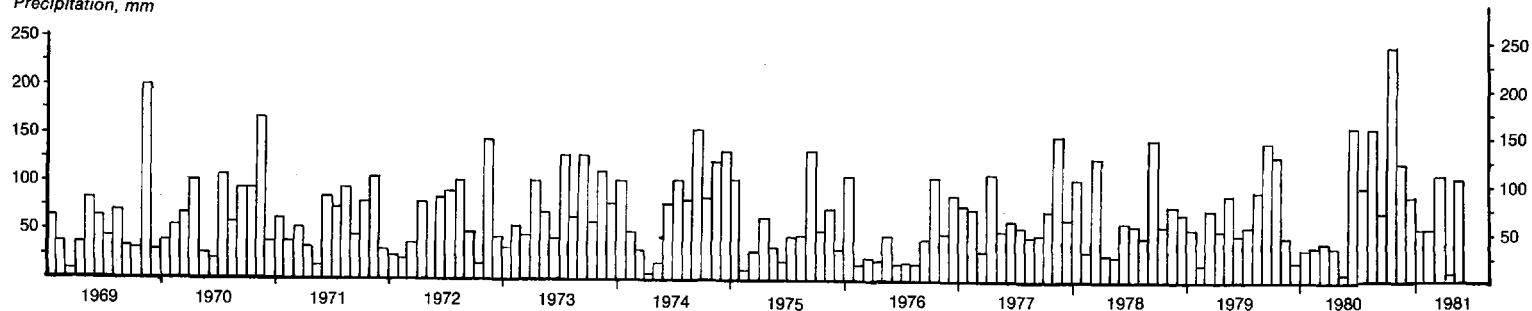


Fig. 3. Grundvandsbevægelser og nedbør.
Fluctuation of groundwater levels and precipitation.

kan forklares med nedbørsforskelle i månederne før, den højeste grundvandsstand blev fundet.

Sammenligning af resultaterne fra pejlepunkterne RK og RT viser, at det højeste grundvandspejl i de fleste år blev fundet i samme måned uanset afstanden til vandløb, hvorimod den laveste værdi fandtes lidt senere med større afstand til vandløb (RK).

Fig. 2 viser grundvandsspejlets variation og pejleprofilens vandindhold i et af målepunkterne gennem 1975, som havde en nedbørsfattig vækstsæson.

Grundvandsspejlet viser det typiske variationsmønster med højeste grundvandsspejl i januar og laveste sidst på sommeren. Fra 100–200 cm dybde findes kun små variationer i vandindholdet primært forårsaget af varierende perkolation (nedsivning af vand under rodzonen). Jordoverfladen var græsbevokset og planternes vandoptagelse ses af måleresultaterne fra 50 cm dybde og i maj og juli i 100 cm dybde.

Da markvanding kræver store vandmængder, kan der være grund til at sammenholde bevægelserne i grundvandsspejlet med udviklingen i markvandingen i området. Fig. 4 viser vandindvindingstilladelserne omregnet til mm vand, der pr. år kan tilføres hele landbrugsarealet i Tinglev Kommune. Figuren viser en voldsom stigning i

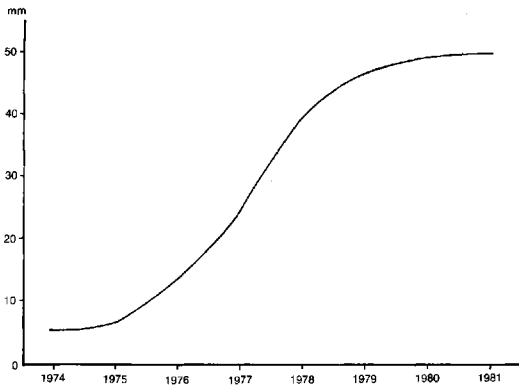


Fig. 4. Tilladelser til indvinding af grundvand til markvanding, mm på landbrugsarealet i Tinglev kommune (25.000 ha).

Permission to utilize groundwater for field irrigation, mm on the agricultural area in Tinglev community (25,000 ha).

tilladelser fra 1975 til 1979, men kan ikke tages som udtryk for den faktiske stigning i vandforbruget i perioden bl.a. fordi årene 1977–79 var forholdsvis nedbørsrige. Det må derfor formodes, at det egentlige vandforbrugs stigning i perioden har været svagere end forløbet i fig. 4.

Regressionsanalyser på resultaterne fra hele pejleperioden viste ikke trend, som var forskellige fra nul.

Fig. 3 viser fald i grundvandsstanden i de tørre år 1975 og 1976, hvorefter der fandtes et stigende forløb af især maximumværdierne i de følgende år.

Regressionsanalyser på såvel maximum som minimum værdier af grundvandsspejlet i perioden 1975–81 for RT og RK viste signifikant stigende maximum værdier, medens minimum værdierne ikke udviste trend, som var signifikante fra nul.

Variationsmønstret, som er vist i fig. 3 tyder ikke på, at der var en sammenhæng mellem årets højeste grundvandsstand og den følgende sommers minimum værdi. For at undersøge dette nærmere gennemførtes en regressionsanalyse af en eventuel sammenhæng mellem maximumværdierne og den efterfølgende sommers minimumværdi for målepunktet RK. Fig. 5 viser, at der ikke var tale om en sådan sammenhæng.

Endvidere gennemførtes en række analyser på sammenhængen mellem nedbørsmængden i forskellige perioder og grundvandsspejlets maximumhøjde. Den bedste sammenhæng fandtes ved at anvende nedbørssummen for perioden september–januar.

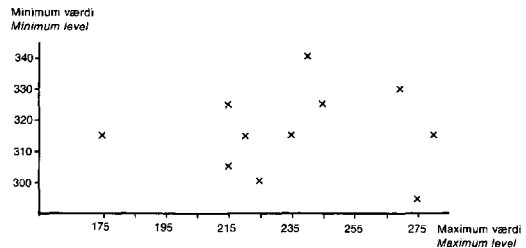


Fig. 5. Sammenhæng mellem grundvandsspejlets maximum værdi og den følgende sommers minimum værdi, målene er cm under jordoverfladen.

Correlation between the maximum groundwater level and the minimum level of the following summer, cm below the soil surface.

Grundvandsspejlets maximumværdi,
cm under jordoverfladen
Maximum groundwater level,
cm below the soil surface

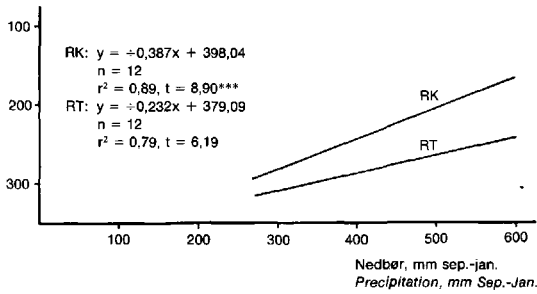


Fig. 6. Sammenhæng mellem grundvandsspejlets maximumhøjde og nedbørssummen i september-januar.

Correlation between the maximum groundwater level and the precipitation of the period September-January.

Fig. 6 viser, at i målepunktet RK kunne 89% af variationerne i grundvandsspejlets maximumhøjde forklares ved variationer i nedbørssummen i perioden september-januar. I målepunktet RT var den tilsvarende værdi kun 79%. Der blev foretaget en analyse af grundvandsspejlets maksimumudsving som funktion af afstanden til vandløb i år med små, mellem og store udsving (1976, 1974 og 1975).

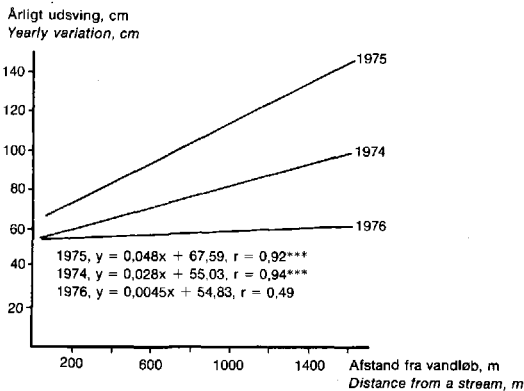


Fig. 7. Grundvandsspejlets udsving som funktion af målepunktets afstand fra vandløb.

The variation of the groundwater level as a function of the distance of the measuring point from a stream.

Fig. 7 viser, at der i 1976, hvor der generelt var små udsving, ingen forskel fandtes som funktion af afstanden til vandløb. Hvorimod der i 1974 og især i 1975, som havde de største variationer i grundvandsspejlet i hele måleperioden, fandtes signifikant stigende forskelle mellem maximum og minimum grundvandsspejl med stigende afstand fra vandløb.

Diskussion

Grundvandsspejlets variationsmønster var relativt ensartet i de forskellige målepunkter, da pejlingerne blev gennemført i ensartede profiler. Endvidere er pejlerørene tilnærmet placeret på en linie parallelt med højdekurverne. Grundvandsspejlets variationsmønster lignede delvis nedbørsvariationerne, dog således, at minimumsværdierne for grundvandsspejlet var forskudt til et lidt senere tidspunkt.

Wraase (1973) har publiceret resultater fra et omfattende pejleprogram i Schleswig-Holstein og fandt lignende forskydninger mellem nedbørsforløb og grundvandsbevægelse.

Wraase fandt endvidere stigende tidsmæssig forskydning mellem nedbørs- og grundvandsminima samt aftagende svingninger i grundvandsspejlet med stigende grundvandsdybde.

Selv om nedbørens variationsmønster i nogen grad kunne genfindes i grundvandsspejlets variationsmønster, kunne der forekomme afvigelser fra denne sammenhæng. I sommeren og efter-sommeren 1974 faldt der en stor nedbørsmængde i de fleste måneder. Alligevel havde grundvandskurvens faldende gren lige så stor en numerisk hældning som i meget tørre år, idet det meste af nedbøren er afgivet som aktuel fordamning. Dog indtrådte stigningen i grundvandsspejlet tidligere i 1974 end i de fleste andre år, nemlig i august måned, hvor den potentielle fordamning var aftagende.

Anonym (1978) anfører vedrørende markvanding, at ud over den påvirkning, der mærkes samme år som indvindingen, bevirker grundvandsindvindingen en mindre sænkning af grundvandsstanden over en årrække indtil en ny ligevægt nås. Dette er også vist af Hansen og Andersson (1973).

Dyhr-Nielsen (1977) anfører, at perioden for indvinding af grundvand til markvanding er uheldig, idet det må forventes, at vandløbene undrages vand, som følge af indvinding til markvanding, netop i den periode, hvor der er minimumvandføring i vandløbene. *Dyhr-Nielsen* (1977) understreger også, at vandindvindingen vil medføre en permanent sænkning af grundvandsstanden.

Når en grundvandssænkning ikke har kunnet påvises i nærværende undersøgelse, men at der tværtimod kunne findes stigende grundvandspejl i den periode, hvor der var en eksplosiv stigning i vandindvindingstilladelserne til markvanding, kan det skyldes flere forhold. Den aktuelle fordampning og vandingsbehovet har i den analyserede årrække været lidt mindre end normalt, hvorfor den fulde påvirkning evt. ikke er opnået endnu. Endvidere er pejeområdet ikke centralt placeret eller spredt ud over det areal, som udviklingen i fig. 4 refererer til, men de hydrauliske forhold og dermed transmissiviteten i dette hedesletteområde anses for at være således, at resultaterne fra pejeområdet kan illustrere forholdene i hele hedesletteområdet.

Resultaterne viste, at grundvandsspejlets udsving var stærkt stigende med stigende afstand fra vandløb, især i år med store udsving. Dette er i overensstemmelse med resultater publiceret af *Bauman* (1964) og *Wraase* (1973).

Konklusion

I det hedesletteområde, hvor grundvandspejlingerne blev foretaget, fandtes grundvandspejlet i 1,0–3,5 m dybde.

Et frit grundvandspejl og høj hydraulisk ledningsevne medførte et ensartet variationsmønster i alle pejepunkter.

Det højeste grundvandspejl fandtes næsten altid i januar–februar og det laveste i perioden juli–september.

Grundvandspejlets variationsmønster afspejlede i nogen grad variationsmønstret i nedbøren, og der fandtes en høj korrelation mellem nedbørssummen i perioden september–januar og grundvandspejlets maximum højde.

Grundvandspejlets udsving var mindst (ca. 40 cm) i år med lav nedbørsmængde i efterårs- og vintermånederne efterfulgt af en relativ nedbørrig sommerperiode (1971–72). De største udsving (150–175 cm) fandtes omvendt i år med store nedbørsmængder i efterår og vinter efterfulgt af en tør vækstperiode.

Den hurtigere afstrømning fra områder nær vandløb medførte, at udsvingene var stigende med stigende afstand fra vandløb.

Der fandtes en betydelig stigning i vandindvindingstilladelser til markvanding i perioden 1975–79. I samme periode fandtes en signifikant svagt stigende grundvandsstand.

Dette kan dog ikke tages som udtryk for, at vandindvinding til markvanding ikke vil sænke grundvandsstanden. Nedbørsmængder og fordeling samt en relativ lav aktuel fordampning i den pågældende periode kan have bevirket, at effekten af markvanding er tilsløret i den forholdsvis korte periode.

Litteratur

- Anonym* (1971): Vandressource. Forureningsrådet, publikation nr. 14, 91 s.
- Anonym* (1978): Vanding i jordbruget. Betænkning nr. 841. Betænkning fra udvalget vedrørende kunstig vanding i jordbruget, 159 s.
- Ashlyng, H. C.* (1978): Vanding i jordbruget. DSR forlag. Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 167 s.
- Bauman, H.* (1964): Verhalten Oberflächennahen Grundwasser. Mitt. der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 2, 85–93.
- Bennetzen, F.* (1978): Vandbalance og kvælstofbalance ved optimal planteproduktion. Tidsskr. Planteavl 82, 191–220.
- Dyhr-Nielsen, M.* (1977): Grundvandsindvindingens konsekvenser. Hedeselskabets Tidsskrift 98, 136–140.
- Gregersen, A. & Knudsen, H.* (1981): Normalværdier for vandingsbehov, afstrømning og nettovandbehov ved forskellig rodzonekapacitet. Beretning S 1537. Tidsskr. Planteavl 85, 72.
- Hansen, E. & Andersson, Sv. Aa.* (1973): Groundwater development and its influence on the water balance. Nordic Hydrology 4, 28–40.
- Høgh Jensen, K.* (1981): Modelberegning af markvandingens indvirkning på fordampning og grundvandsdannelse. Nordisk Symposium over hydrologiske problemer vedr. kunstig vanding. Dansk komité for hydrologi, 19 s.

- Jørgensen, V.* (1975): Vand, klima, jord og planter. Vanding og vandingssystemer, 2. udgave. Udgivet af »Landsudvalget for Bygninger og Maskiner«, 4-11.
- Jørgensen, V.* (1976): Vandforbrug, styring og udnyttelse af vandingssystemer. Ugeskrift for agronomer, hortonomer, forstkandidater og licentiater 121, 277-281.
- Wraase, K. F.* (1973): Über den Grundwasserhaushalt im Norddeutschen Flachland. Besondere Mitteilungen zum Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch Nr. 37, 166 s.
- Ølgård, P. L.* (1965): On the theory of the neutronic method for measuring the water content in soil. Risø Report No. 98, 44 s.

Manuskript modtaget den 2. november 1981.