

Statens Marskforsøg, Højer (Lorens Hansen)

## Drænvandsundersøgelser 1971-74

*Losses of nutrient by leaching in agricultural plant production*

Lorens Hansen og E. Frimodt Pedersen

### Resume

Siden efteråret 1971 er gennemført systematiske undersøgelser over drænvandsmængder og drænvandskvalitet i Danmark. De første 2 år er afstrømningsmængden målt systematisk hver uge i perioder med afstrømning. Fra efteråret 1973 er afstrømningen målt kontinuerligt, ved at vandmængden pumpes gennem et vandur. Prøver til kvalitetsbestemmelse udtages een gang ugentlig.

Der foreligger 3 års resultater fra ialt 15 morænelerjordsarealer, der er systematisk drænet, og med arealstørrelse 3,0-22,5 ha. Resultaterne er opgjort som total udvaskning i kg pr. ha pr. år, og der er opstillet en total ionbalance.

Nedbørsforholdene og dermed afstrømningsforholdene har været meget forskellig de 3 år. Trods dette er der meget lille forskel i udvaskningen af plantenæringsstoffer. I gennemsnit af 3 år er der målt en afstrømning på 117 mm fordelt over 195 dage. For de enkelte lokaliteter varierende fra 65 mm til 215 mm.

Udvaskning af P udgør 40 g pr. ha pr. år og  $\text{NH}_4\text{-N}$  udgør 57 g pr. ha pr. år. Disse to størrelser er således af ganske underordnet betydning for vandforurening. I gennemsnit er der udvasket 21,1 kg  $\text{NO}_3\text{-N}$  pr. ha pr. år med en stedvariation fra 9,1 kg til 36,5 kg pr. ha. Koncentrationen af  $\text{NO}_3\text{-N}$  er i gennemsnit 18 ppm med en stedvariation på 13-26 ppm. Udvaskningen af kalium udgør 1 kg K pr. ha pr. år.

For hver enkelt lokalitet er foretaget korrelationsberegning mellem alle målte størrelser. For de fleste lokaliteter fører stigende afstrømningsintensitet til øget  $\text{NO}_3\text{-N}$  koncentration (positiv korrelation). Desuden er der tydelig positiv korrelation mellem koncentrationen af  $\text{NO}_3\text{-N}$  og koncentration af Cl og  $\text{SO}_4\text{-S}$  og negativ korrelation for  $\text{HCO}_3$  koncentration.

### Summary

During the years 1971-74 systematical investigations of the quantity and quality of drain water have been carried out on 15 different loamy soils in Denmark. The areas are systematical drained with tile tubes in 100-120 cms depth. The areas are 3-22 ha, cultivated with the agricultural crops which are characteristic of danish agriculture and fertilized with nitrogen, phosphate and potassium as in the usual practice.

On an average of 3 years the run-off was 117 mm per year over a period of 195 days in autumn and winter. Leaching per year was 40 gr. phosphate per ha, 1.0 kg potassium per ha and 21.1 kg nitrogen as nitrate per ha.

## 1. Indledning

### 1.1. Baggrund

I debatten om forurening af vandløbsvand og grundvand inddrages ofte spørgsmålet om hvor store næringsstofmængder, der tilføres fra landbrugsarealerne, herunder spørgsmålet om hvilken indflydelse forskellige dyrkningsmetoder og stigende gødningsanvendelse har på vandkvaliteten.

Forureningsrådet nedsatte i foråret 1970 en række arbejdsgrupper. En af disse – plantenæringsgruppen – konkluderer, at gødsning med de hidtil anvendte mængder ikke medfører forurening af afgrøder og luft, og at de foreliggende resultater ikke har vist sammenhæng mellem gødningstilførsel og indholdet af plantenæringsstoffer i drænvand (Forureningsrådet – publikation nr. 16). I nævnte rapport konstateres, at der kun er gennemført meget få undersøgelser over drænvandets mængde og kvalitet under danske jordbunds- og klimaforhold. Der savnes en systematisk kortlægning af afstrømningen samt oplysninger om gennemsnitsværdier for drænvandets indhold af forskellige plantenæringsstoffer.

I samarbejde mellem Det danske Hedeselskab og Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur blev i oktober 1971 påbegyndt systematiske målinger af drænvandsmængder og indhold af plantenæringsstoffer fra drænsystemer på landbrugsarealer.

Formålet med undersøgelsen er at skaffe normalværdier for næringsstofftab med drænvand, samt at undersøge en eventuel sammenhæng mellem arealbenyttelse, gødsning og næringsstoffudvaskning.

### 1.2. Tidligere undersøgelser

Tilsvarende undersøgelser er gennemført eller gennemføres også i udlandet, men resultaterne herfra kan ikke umiddelbart overføres til danske jordbunds- og klimaforhold. Ligeledes må det forventes, at afgrødevalg, dyrkningsforhold og gødningspraksis spiller en rolle for vandkvaliteten.

På baggrund af de ældre, spredte danske un-

dersøgelser over drænvandskvalitet blev det anført, at udvaskningen årlig andrager mindre end 1 kg fosfor, 3-5 kg kalium og 12-15 kg kvælstof pr. ha (Forureningsrådets publikation nr. 16). Danske lysimeterforsøg med forskellige jordtyper (*Dam Kofoed* og *Lindhard*, 1968) viste en udvaskning svarende til i gennemsnit 49 kg kalium og 19 kg kvælstof pr. ha, men disse størrelser kan ikke umiddelbart overføres til markforhold.

Svenske undersøgelser af 358 drænvandsprøver viste i gennemsnit 4,1 mg N/ltr. varierende fra 0 til 82 mg/ltr. (*Wiklander*, 1970). Det svarer til en årlig udvaskning på 4,1 kg kvælstof pr. ha ved 100 mm afstrømning. Flerårige undersøgelser i svenske dræningsforsøg viste, at afstrømningen varierer fra 44 til 264 mm pr. år, og kvælstofmængden udgør 0,8-24,1 kg N pr. ha årlig (*Wiklander* og *Hallgren*, 1971).

I Holland er der foretaget undersøgelser og beregninger, som viser, at der med 350 mm drænvand årligt udvaskes 13 kg kvælstof pr. ha fra græsarealer og 58 kg kvælstof pr. ha fra dyrkede arealer (*Kolenbrander*, 1969 og 1970).

### 1.3. Vandbalance

Når der ikke gribes ind i naturens vandbalance, kan vandets kredsløb indenfor mindre områder udtrykkes på følgende måde:

$$N = E_a + A_o + A_u + \Delta R$$

Hvor N = nedbør, mm

$E_a$  = fordampning, aktuel, mm

$A_o$  = afstrømning, overfladisk, mm

$A_u$  = afstrømning, underjordisk, mm

$\Delta R$  = ændring i jordens vandindhold, mm

Når jorden er mættet til naturlig markkapacitet, og grundvandsspejlet er i normal højde, kan man se bort fra  $\Delta R$ , og vandbalanceligningen kan skrives som  $N = E_a + A$

hvor A er den samlede afstrømning  $A_o + A_u$ .

#### 1.3.1. NEDBØR

I Forureningsrådets publikation nr. 14 er den årlige nedbør i Danmark beregnet på et gennemsnit af 39 år (1930-69). Her vises, at ned-

børen varierer fra ca. 550 mm øst for Storebælt til ca. 750 mm i Vestjylland.

### 1.3.2. FORDAMPNING

I samme rapport er der vist anslåede værdier for den aktuelle fordampning i forskellige egne af landet. Jylland har den mindste fordampning, ca. 350 mm, mens fordampningen øst for Storebælt er på ca. 400 mm om året.

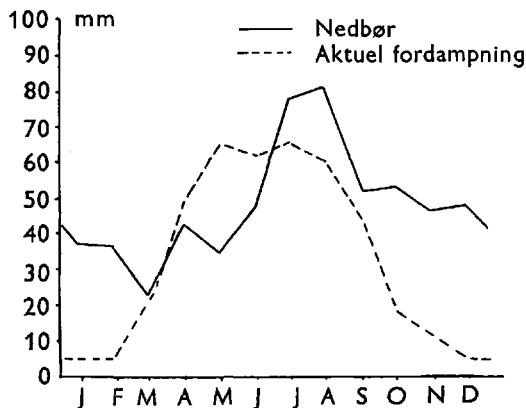


Fig. 1. Månedlig nedbør og aktuel fordampning 1955-64. (H. C. Aslyng: Klima, jord og vandbalance).

Fig. 1 viser et gennemsnit af den månedlige nedbør og aktuel fordampning. Ved aktuel fordampning ( $E_a$ ) forstås den fordampning der virkelig finder sted. Størrelsen bestemmes af forskellige klimatiske faktorer, bl.a. nettostråling, temperatur, mætningsdeficit og vindhastighed, samt af den vandmængde, der er til rådighed for fordampning. Fordampningen er også bestemt af afgrødens art. Der er mindre fordampning fra en vårsædsafgrøde med en forholdsvis kort vækstperiode end fra en græsafgrøde, hvor vækstperioden er lang.

### 1.3.3. AFSTRØMNING

Som fig. 1 viser, er fordampningen mindre end nedbøren i efterårs- og vinterperioden, mens der er et underskud af nedbør i april-juni. Nedbør  $\div$  aktuel fordampning bliver i Forureningsrådets rapport om vandresource (publikation

nr. 14) betegnet som nettonedbør ( $N_n$ ). Nettonedbøren er den del af nedbøren, der er til rådighed for afstrømning. Da nedbøren er størst og den aktuelle fordampning er mindst i Jylland, vil nettonedbøren blive betydelig større her end på Sjælland. I gennemsnit er nettonedbøren 350 mm i Østjylland mod ca. 170 mm på Vestsjælland.

Den første overskudsnedbør om efteråret vil ikke give anledning til afstrømning, idet jorden først fyldes op til markkapacitet. Når dette er sket er der mulighed for afstrømning. Hvor tidlig det sker om efteråret afhænger af, hvornår markkapaciteten er nået. Ofte er dette tilfældet i oktober-november.

Der kan være tale om overjordisk afstrømning ( $A_o$ ) og underjordisk afstrømning ( $A_u$ ). På almindelige danske landbrugsjorde er den overjordiske afstrømning ubetydelig. Denne form for afstrømning sker i reglen kun i forbindelse med afsmeltning af sne på frosset jord. I de tre år som denne undersøgelsesperiode omfatter, har jorden kun været dækket af sne en kort periode i november 1971. Jorden var ikke frosset, da sneen smeltede, så smeltevandet sivede hurtigt ned i jorden. Underjordisk afstrømning kan ske på flere måder, men på de danske lerjorde, hvor drænvandsundersøgelsen er foretaget, sker den underjordiske afstrømning i det væsentlige som

1. Afstrømning til dybtliggende grundvand
2. Afstrømning gennem drænsystemer.

Hvor stor en del af nettonedbøren der giver anledning til afstrømning gennem dræne, og hvor stor en del, der vil strømme ned til dybere liggende jordlag og grundvandet, afhænger af jordens gennemtrængelighed for vand (hydraulisk ledningsevne) over og under dræne.

Under danske forhold er der ikke tidligere foretaget systematiske målinger af drænvandets mængde og afstrømningens intensitet i relation til nedbøren i afstrømningsperioden. I det følgende vil det kun være afstrømning fra drænsystemer, der omtales. Afstrømning til dybere liggende lag og grundvand kan ikke direkte måles.

#### 1.4. Næringsstoffer i jordbunden

De enkelte plantenæringsstoffer findes i jorden i forskellig mængde. Nogle plantenæringsstoffer tilføres i en eller anden form for gødning, enten fordi der ikke findes nok i jorden til en tilfredsstillende planteproduktion, eller det pågældende næringsstof findes i en form, der ikke er tilgængelig for planterne.

I undersøgelsen er der analyseret for de næringsstoffer, som har betydning, når der er tale om forurening af overflade- og grundvand, bl.a. kvælstof, fosfor og kalium, som tilføres jorden i større eller mindre mængder som plantegødning.

I jord og jordvæske og dermed også i drænvand er der ligevægt mellem kationer og anioner, og for at få et billede af denne balance er der analyseret for en del andre næringsstoffer. Det er stoffer, der findes i jordkomplekset eller dannes ved mineralisering af organiske stoffer i jordbunden, eller tilføres som følgestoffer med gødningen.

*Nitrat,  $NO_3$ .* Den største del af jordens kvælstofreserve er bundet i organisk form som humus, planterester eller mikroorganismer. I almindelige danske agerjorde udgør disse reserver 3-6 tons kvælstof pr. ha i pløjelaget. Indholdet af uorganisk kvælstof, nitrat og ammonium varierer stærkt med årstid og plantevækst. Det overstiger dog sjældent 50 kg pr. ha ved vækstperiodens afslutning.

I naturen foregår til stadighed kemiske og biologiske processer. Herved kan ske optagelse og indlejring af uorganisk kvælstof i planter og mikroorganismer, og under andre betingelser mineraliseres organisk bundet kvælstof til uorganisk kvælstof. Er der ikke planter eller mikroorganismer til at udnytte dette uorganiske kvælstof, kan der ske en udvaskning.

*Ammonium,  $NH_4$ .* Ammonium dannes i jorden efter mineralisering af organisk stof, og tilføres som ammoniumholdige gødninger. På almindelige danske lerjorde fastholdes ammonium til lerminerallerne ved ionombytning og er ikke udsat for udvaskning. På de fleste jorde er den mikrobielle aktivitet dog så stor, at ammonium

hurtigt bliver omdannet til nitrat, når temperaturen er over 5 °C.

*Kalium, K.* Agerjorden indeholder betydelige mængder kalium, normalt 25-50 tons pr. ha i pløjelaget. Hovedparten findes som en del af mineralerne i jorden og er utilgængeligt for planter. I nogle lermineraller indgår kalium i en såkaldt fikseret form, og der eksisterer en reversibel ligevægt mellem

Vandopl. kalium  $\rightleftharpoons$  ombytteligt kalium  $\rightleftharpoons$  fikseret kalium

som indebærer, at der frigøres kalium, når der bruges af den lettest tilgængelige del og omvendt bindes kalium, når den lettest tilgængelige del øges. Dette betyder, at kalium kun udvaskes i ringe omfang. Ligevægten mellem ombytteligt og fikseret kalium sker dog meget langsommere end ligevægten mellem vandopløseligt og ombytteligt kalium.

*Fosfor, P.* Danske jorde indeholder forskellige komplekse fosfatforbindelser, der svarer til 1000 kg P pr. ha, men jorden er i stand til at binde endnu større mængder. I pløjelaget kan der således bindes 1.000-30.000 kg P pr. ha, selvom jorden i forvejen har et normalt fosforindhold. Denne bindingskapacitet overskrides næppe, og der er ikke fare for, at fosfor udvaskes.

I drænvand er der også bestemt natrium, calcium, magnesium, klor, sulfat og hydrogenkarbonat. På lerjorde tilføres disse stoffer kun i ringe grad som gødning. Natrium (Na), calcium (Ca) og magnesium (Mg) findes som bestanddel af mineralkomplekset i jorden og tilføres i nogen grad som følgestoffer med kunstgødning og kalk. Calcium udgør den dominerende kation. Sulfat ( $SO_4$ ) findes mest i organisk bundet form og tilføres som følgestof med kunstgødning. Klor (Cl) tilføres ikke som plantenæringsstof, men er et følgestof med visse gødninger. Klorid forekommer altid i opløst form. Hydrogenkarbonat ( $HCO_3$ ) dannes ved omsætning af organisk stof og ved rodånding i jordbunden, og udgør under danske forhold den dominerende anion.

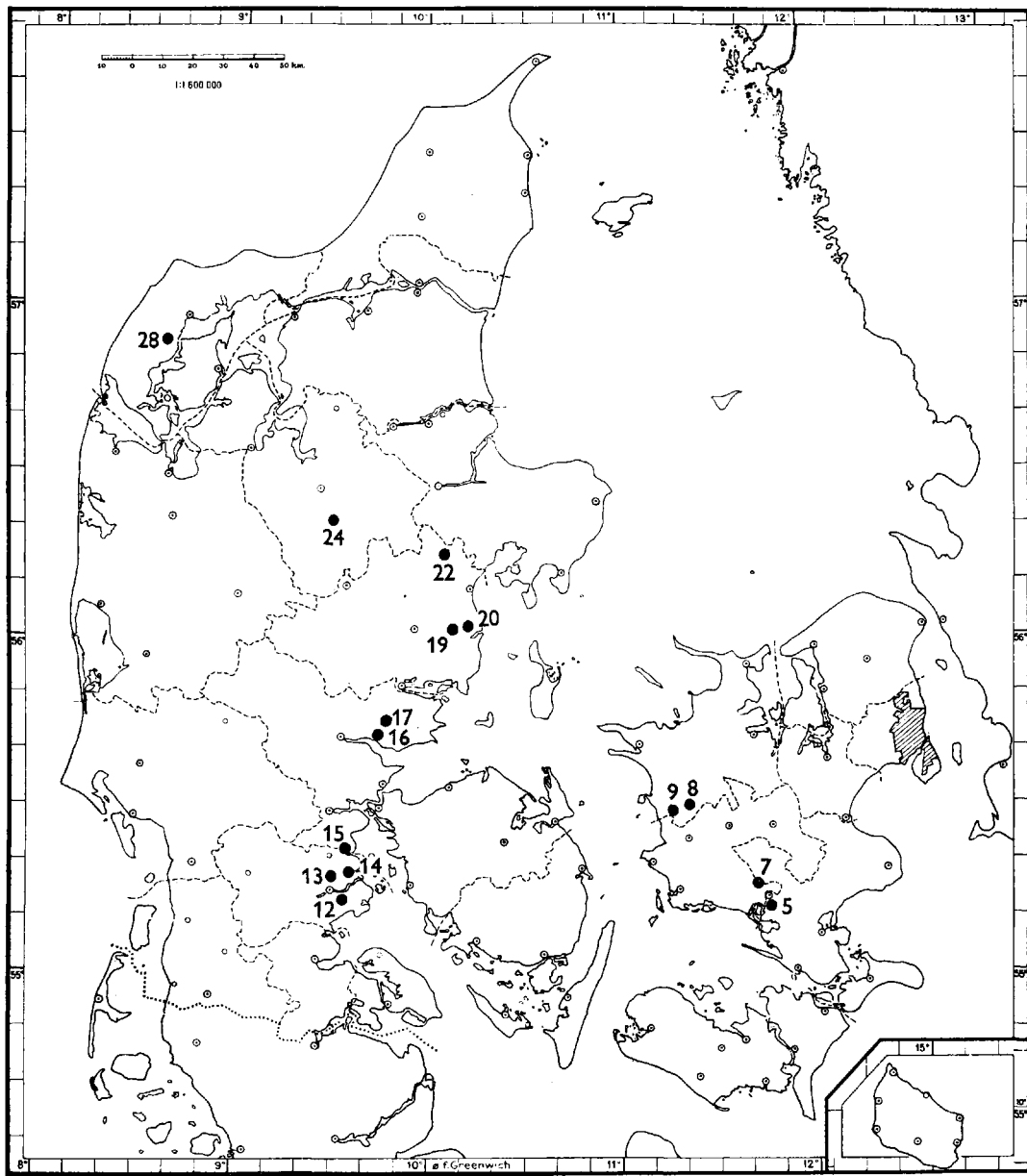


Fig. 2. Lokaltet nr. og geografisk beliggenhed.

## 2. Undersøgelsens gennemførelse

### 2.1. Arealer

Drænvandsundersøgelsen er foregået på 13 landbrugsarealer i Jylland og på Sjælland.

#### 2.1.1. GEOGRAFISK BELIGGENHED

Den geografiske beliggenhed fremgår af fig. 2, hvor tallene refererer til numre på de enkelte lokaliteter i det følgende tabelmateriale.

Lokalitetsnumre med angivelse af geografisk

betegnelse og størrelsen af det drænedede areal fremgår af følgende opstilling:

Nr.	Lokalitet	Areal, ha
5	Borup, Næstved .....	3,8
7	Herlufmagle, Næstved .....	17,9
8	Ruds Vedby, Slagelse .....	10,0
9	Ruds Vedby, Slagelse .....	5,3
12	Lunding, Haderslev .....	9,0
13	Fjelstrup, Haderslev .....	9,5
14	Fjelstrup, Haderslev .....	3,0
15	Fjelstrup, Haderslev .....	4,0
16	Daugård, Vejle .....	14,5
17	Ørum, Vejle .....	10,0
19	Odder, Århus .....	22,5
20	Odder, Århus .....	10,0
22	Norring, Århus .....	10,0
24	Sahl, Bjerringbro .....	9,0
28	Silstrup, Thisted .....	5,5

Der er 4 lokaliteter på Sjælland, 8 i Østjylland, 2 i Midtjylland (Gudenåområdet) og 1 i Vestjylland (Thisted).

I 1068. meddelelse fra Statens Planteavlssøg vedrørende drænvandsundersøgelser i 1971-72 var der yderligere 8 lokaliteter med i undersøgelsen. Af forskellige tekniske grunde er målingerne indstillet på disse lokaliteter, og i denne beretning er der kun taget de lokaliteter med, hvor der er gennemført systematiske målinger i 3 år.

Alle arealer er forholdsvis plane, de er systematisk drænet og tilledning af spildevand eller overfladevand fra landbrugsejendomme forekommer ikke.

Arealstørrelsen svarer til det topografiske opland, der hører til det drænsystem, hvor der måles. Afgrænsning til naboarealer er enten andre systematiske drænsystemer eller et markant afgrænset topografisk skel.

### 2.1.2. JORDBUNDSANALYSER

Ved at stille krav om, at hele arealet skal være systematisk drænet, er det kun lerjord, der er blevet repræsenteret i undersøgelsen.

I tabel 1 er alle lokaliteter opført med angivelse af teksturanalyse og jordens forhold med hensyn til reaktionstal (pH), fosforsyretal (Ft)

og kaliumtal (Kt) i dybderne 0-25, 25-50 og 50-100 cm.

Der er ikke ret stor forskel på de enkelte jordes tekstur. Fordelingen mellem ler, silt, finsand og grovsand viser, at det typiske finkornede, sandblandede morænelerjorde.

Variationen i pH, Ft og Kt er ikke særlig stor og svarer til det, der er normalt for lerjord på Sjælland og i Jylland.

### 2.1.3. AFGRØDE OG GØDSKNING

Tabel 2 viser afgrøderne i årene 1971-74 på hver lokalitet, samt kvælstoftilførsel de enkelte år, angivet som kg N pr. ha.

Der har i gennemsnit været 75 procent med korn. Resten er fordelt mellem græs, bederoer og industriplanter.

PK-gødning er i de fleste tilfælde bragt ud om efteråret med 25-50 kg P og 60-100 kg K pr. ha. Kvælstofgødning er bragt ud om foråret, i de fleste tilfælde som flydende ammoniak. Ved lokalitet nr. 22 er der et fast sædskifte med korn, roer og græs, og her tilføres hvert år både staldgødning og ajle med tilsvarende reduktion i kunstgødning.

### 2.2. Metodik

I undersøgelsen er måling af afstrømning foretaget på to forskellige måder.

#### 2.2.1. MANUEL AFSTRØMNINGSMÅLING

Den totale afstrømning fra de enkelte drænsystemer er de første 2 år beregnet på grundlag af systematiske ugentlige målinger af afstrømningens intensitet. Ved lokalitet 19, 20, 22 og 24 er der dog kun målt hver tiende dag. Afstrømningens intensitet er bestemt ved hjælp af et trekantoverfald (Thomsen overfald) eller ved opsamling af drænvandet i et nærmere angivet tidsrum (10-180 sek.).

#### 2.2.2. AUTOMATISK AFSTRØMNINGSMÅLING

Beregning af den totale afstrømning vil altid være behæftet med fejl, når det sker på grundlag af nogle sekunders måling af afstrømningens intensitet, selvom denne gennemføres systematisk.

Tabel 1. Tekstur og kemisk analyse

Lokalitet	Dybde cm	Kemisk analyse			Tekstur, pct.				
		pH	Ft	Kt	humus	ler	silt	fin-sand	grov-sand
5	0-25	7,4	4,4	11,9	2,4	13	14	46	25
	25-50	7,7	3,3	6,8	1,6	16	14	45	24
	50-100	7,8	3,1	7,3		19	13	46	22
7	0-25	7,8	8,5	5,6	3,3	7	11	45	34
	25-50	7,9	4,8	2,8	1,5	10	8	42	39
	50-100	8,0	5,8	2,8		11	9	46	34
8	0-25	7,8	5,4	6,4	2,3	11	11	48	28
	25-50	7,8	4,0	4,5	1,6	13	12	46	28
	50-100	7,8	4,4	3,7		14	12	45	29
9	0-25	7,2	5,0	7,4	2,5	12	14	43	28
	25-50	7,2	4,2	5,9	2,1	16	15	43	24
	50-100	7,8	7,5	4,9		20	13	46	21
12	0-25	6,7	6,0	8,7	2,4	10	11	40	37
	25-50	6,5	4,4	4,8	1,5	11	9	38	40
	50-100	6,0	3,8	4,8		14	8	35	43
13	0-25	7,3	5,1	9,3	2,4	11	10	41	36
	25-50	7,1	1,5	7,8	1,2	19	9	36	35
	50-100	6,8	2,2	7,1		21	20	28	31
14	0-25	6,3	9,4	18,0	2,3	15	13	42	28
	25-50	6,4	4,0	7,9	1,1	18	13	41	27
	50-100	6,5	2,6	6,4		17	9	34	40
15	0-25	7,4	4,5	11,5	2,3	12	14	49	23
	25-50	7,2	1,1	6,8	0,8	17	11	46	25
	50-100	7,2	1,5	6,7		21	11	42	26
16	0-25	6,8	5,4	14,5	2,2	11	7	37	43
	25-50	6,7	3,7	6,4	1,4	12	7	34	46
	50-100	6,9	3,4	5,7		13	6	39	42
17	0-25	7,2	4,1	10,8	2,3	13	13	50	22
	25-50	6,8	1,9	5,6	1,0	16	12	50	21
	50-100	6,7	2,3	5,0		16	9	47	28
19	0-25	7,0	3,2	7,9	1,5	13	9	54	22
	25-50	6,8	3,0	4,0	1,0	13	10	53	23
	50-100	6,6	4,8	12,9		12	11	54	23
20	0-25	7,4	5,2	10,8	2,0	12	10	50	26
	25-50	6,9	2,4	6,0	1,5	14	11	46	28
	50-100	6,8	1,9	4,9		17	9	44	30
22	0-25	6,3	7,9	7,1	2,5	10	12	53	23
	25-50	6,5	3,8	3,3	1,8	12	13	50	23
	50-100	6,5	2,7	2,7		14	12	54	20
24	0-25	6,6	6,4	12,8	3,1	10	12	46	29
	25-50	5,7	2,5	5,3	1,5	12	10	47	29
	50-100	5,1	2,2	6,3		18	10	47	25
28	0-25	7,3	9,9	6,8	2,5	15	17	45	21
	25-50	7,1	1,4	6,4	1,0	24	22	40	13
	50-100	7,0	1,9	7,2		22	15	49	14

Tabel 2. Afgrøde og kvælstoftilførsel som kg N pr. ha

Lokalitet nr.	1971		1972		1973		1974	
	Afgrøde	Kg N	Afgrøde	Kg N	Afgrøde	Kg N	Afgrøde	Kg N
5	byg	100	ærter	0	hvede	100	byg	100
7	lucerne	120	havre	75	hvede	100	bederoer	150
8	bederoer	140	byg	110	byg m. udlæg.	110	rajgræs	120
9	byg	110	byg m. udlæg.	110	hvidkl.	0	engrapgræs	100
12	byg	120	byg	110	bederoer	160	byg	110
13	roer	155	byg/roer	100/150	byg	100	byg/græs	100/130
14	byg	100	byg	100	byg	100	byg/havre	100
15	byg	105	byg	105	byg	105	byg	105
16	byg	120	byg	120	byg	100	byg	90
17	valmuer	140	byg	100	byg	100	raps	140
19	hvede	130	byg	100	rajgræs	120	hvede	160
20	græsfrø	140	hvede	160	byg	110	vårrops	200
22	Fast sædskifte: hvede, roer, byg, græs: 70-140 N, stg. og ajle							
24	byg/roer	50/100	byg	100	roer/græs	100/200	roer/byg	80/120
		+ stg.				+ stg.		+ stg.
28	byg	100	byg m. udlæg.	100	kløvergræs	200	kløvergræs	200

Da det er målet at bestemme den totale afstrømning så nøjagtig som muligt, blev der i sommeren 1973 etableret udstyr til automatisk måling af afstrømning på de fleste lokaliteter.

Ved hver lokalitet er der lavet en samlebrønd i drænsystemets hovedafløb. Herfra bliver vandet pumpet gennem en vandmåler, så den to-

tale afstrømning kan bestemmes med den nøjagtighed de pågældende vandmålere betinger ( $\pm 5$  procent).

I fig. 3 er opbygning af en pumpebrønd vist skematisk. Til brønden er benyttet brøndringe af beton med en diameter på 100 cm. Der er anvendt dykpumper (vingehjulspumpe) til at pumpe vandet gennem vandmåleren og ud af samlebrønden. Denne pumpe type er robust og har en høj ydelse, når løftehøjden er så lille, som det er tilfældet i pumpebrøndene. Der er anvendt pumper med en ydeevne fra 300 til 800 liter pr. minut afhængig af afstrømningens maksimale intensitet på de enkelte lokaliteter.

På tre lokaliteter (nr. 17, 19 og 20) var det ikke teknisk muligt at etablere en automatisk registrering af afstrømningen. Derfor blev der fortsat med en ugentlig måling af afstrømningens intensitet og beregning af den totale afstrømning ud fra disse målinger.

### 2.2.3. UDTAGNING AF VANDPRØVER

Der er udtaget vandprøver til kemiske analyser samtidig med, at der er målt afstrømning, da det er formålet at bestemme både vandmængde og indhold af plantenæringsstoffer i drænvand.

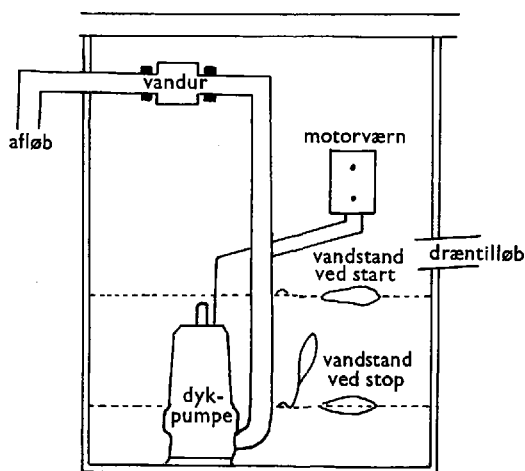


Fig. 3. Skitse af pumpebrønd med dykpumpe og vandmåler.



det. Vandprøver udtages altid ved drænets udløb. I pumpebrønden bliver prøven udtaget ved tilløbet til brønden for at undgå forurening med opløste stoffer fra brønd og pumpe. Vandprøven sendes hurtigst muligt til laboratoriet, hvor der analyseres for de forskellige næringsstoffer, der danner grundlaget for beregning af den totale udvaskning.

#### 2.2.4. ANALYSEARBEJDET

De første år er undersøgelsen gennemført i nært samarbejde med Det danske Hedeselskab, der var med til at udvælge de enkelte lokaliteter. Medarbejdere fra Hedeselskabet foretog de ugentlige afstrømningsmålinger og udtog vandprøver til kemisk analyse. Analysearbejdet blev udført ved Det danske Hedeselskabs laboratorium i Viborg og ved Centralanalytisk Laboratorium i Vejle.

Fra 1973 er hele arbejdet overtaget af Statens Marskforsøg i Højer. Der er ansat lokale prøveudtagere, som hver uge aflæser vandmålere og udtager vandprøver til kemisk analyse.

Hele analysearbejdet bliver nu udført ved Centralanalytisk Laboratorium i Vejle.

#### 2.2.5. DATABASEHANDLING

Alle data fra afstrømningsmåling, kemisk analyse m.m. bliver samlet ved Statens Marskforsøg, Højer. Beregning og statistisk bearbejdning af materialet udføres ved Dataanalytisk Laboratorium i Lyngby.

For hver prøveudtagning beregnes udvaskningstabet i kg pr. ha for den pågældende periode, normalt 7 dage. Tallene opsummeres til årsværdier, og der er regnet med det hydrologiske år 1/7-30/6. Ved hver beregning foretages en kontrolberegning på anion/kation balancen, og hvis denne afviger mere end  $\pm 5$  procent bliver der foretaget kontrolanalyse. Endelig beregnes den procentiske fordeling af anioner og kationer.

### 3. Resultater

#### 3.1. Nedbør

Nedbørstallene er stillet til rådighed af Klimatologisk afdeling ved Meteorologisk Institut. Tallene stammer fra målestationer, der maksimalt ligger 10 km fra de pågældende drænvandslokaliteter. Tabel 3 viser nedbøren for

Tabel 3. Nedbør og afstrømning

Lokalitet	1971-72			1972-73			1973-74		
	nedbør, mm hele året	Afstrømning i afstr. perioden	Afstrømning mm	nedbør, mm hele året	Afstrømning i afstr. perioden	Afstrømning mm	nedbør, mm hele året	Afstrømning i afstr. perioden	Afstrømning mm
5	590	362	143	461	232	67	487	163	68
7	590	411	176	469	304	96	473	250	156
8	603	409	187	501	303	164	506	285	134
9	603	409	187	501	303	152	506	203	66
12	831	461	73	613	440	50	675	396	118
13	831	630	113	657	522	104	662	342	143
14	831	553	87	657	522	76	662	311	190
15	831	461	123	657	341	55	662	251	81
16	771	386	119	564	435	82	698	396	138
17	771	560	218	564	435	158	698	396	271
19	762	470	91	501	377	65	613	348	149
20	762	420	86	501	377	45	613	348	124
22	786	483	79	427	214	29	499	285	78
24	786	483	100	495	182	45	515	182	70
28	751	467	114	551	524	248	435	329	146
gns.	740	464	126	541	367	96	580	299	129

hver lokalitet og år (1/7-30/6), og den del af nedbøren, der er faldet i det tidsrum, hvor der har været afstrømning fra dræne. Samtidig er vist, hvor stor den årlige afstrømning har været. Der er stor forskel i de årlige nedbørs-

mængder. I gennemsnit var nedbøren i 1971-72 lidt over det normale. I de to følgende år var nedbøren under det normale, og det ses, at nedbøren på Sjælland (lok. 5 og 7-9) i alle år var mindre end gennemsnitsnedbøren i Jylland.

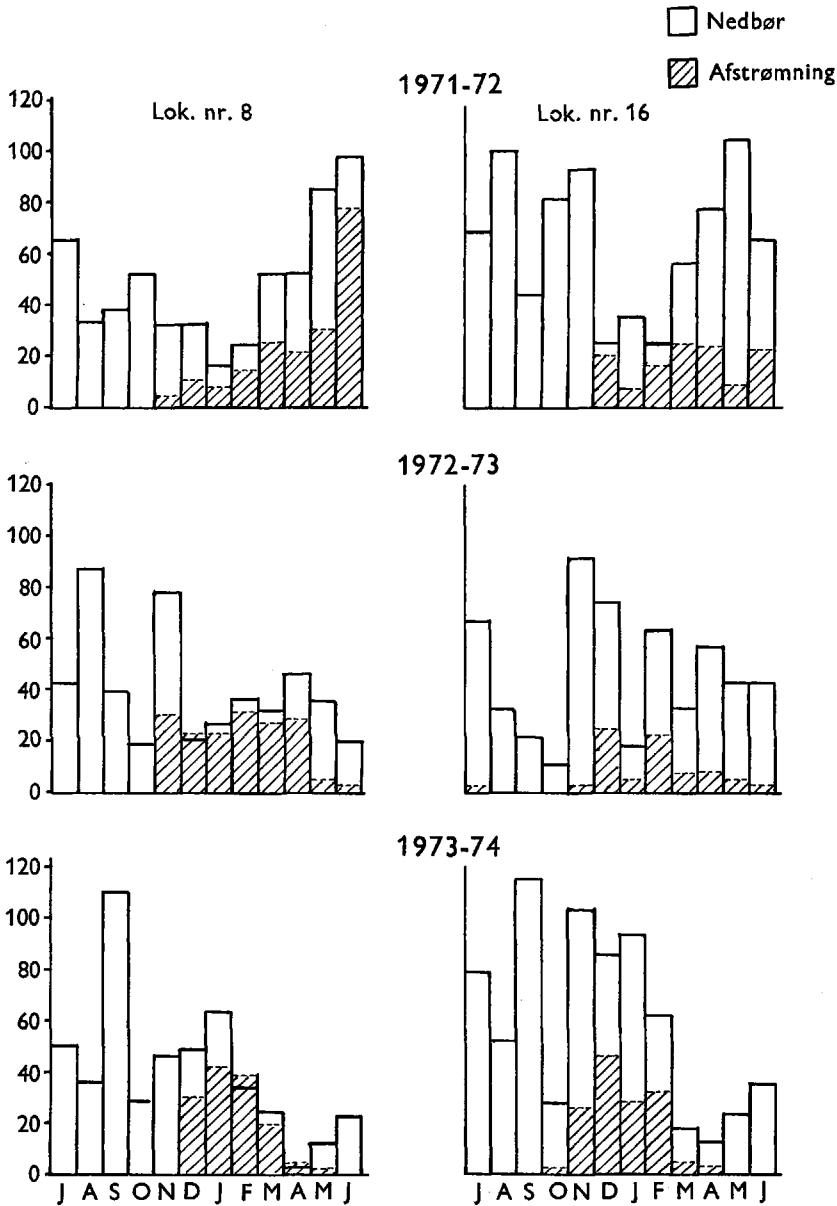


Fig. 4. Månedlig nedbør og afstrømning ved lokalitet nr. 8 (Sjælland) og lokalitet nr. 16 (Østjylland).

### 3.2. Afstrømning

Det er tidligere nævnt, at den totale afstrømning bl.a. er bestemt af nedbørens størrelse. Hvor stor en del af nedbøren der registreres som drænvand, er bestemt af nedbørens fordeling og intensitet, og ikke så meget af mængden i den periode, hvor afstrømningen finder sted. Tabel 3 viser, at nedbøren i afstrømningsperioden har været størst i 1971-72 nemlig 464 mm. I 1972-73 og 1973-74 var nedbøren i afstrømningsperioden henholdsvis 97 og 165 mm mindre. Der har ikke været nogen sammenhæng mellem nedbør og afstrømning. Afstrømningen i 1971-74 var henholdsvis 126, 96 og 129 mm, altså den største afstrømning i 1973-74, hvor der var mindst nedbør i afstrømningsperioden.

Den væsentligste del af afstrømningen fra drænsystemerne finder sted i perioden 1. oktober til 1. april. I den periode er fordampningen ikke særlig stor, og det meste af den nedbør, der ikke registreres som drænvand, vil strømme ned til dybereliggende lag og til grundvandet. Fig. 4 viser den månedlige nedbør i 1971-74 og afstrømningens fordeling i de samme perioder for en lokalitet på Sjælland og en lokalitet i Østjylland.

På Sjælland var nedbøren stor i marts-juni 1972, og det gav en meget stor afstrømning i dette tidsrum. I 1972-73 var afstrømningen jævnt fordelt i perioden november-april, og afstrømningen tog stærk af i maj og sluttede i juni. I 1973-74 var nedbør og afstrømning stærk koncentreret i perioden november-marts, og afstrømningen var forholdsvis stor.

I Jylland var afstrømningen mere jævn i alle år. I 1971-72 var der ikke nogen større stigning i afstrømningen i marts-juni, selvom nedbøren var stor. I 1973-74 var der stor nedbør og afstrømning i november-marts.

Billedet af nedbørsfordeling og afstrømning er forskellig i alle tre år. I tabel 4 vises afstrømningsperioden i de enkelte år med dato for afstrømningens start og afslutning. Inden for den anførte afstrømningsperiode, kan forekomme perioder uden afstrømning. I tabellen er også anført, hvor mange dage der har været afstrømning i hver periode, og hvor mange analyseprøver, der er udtaget. I de fleste tilfælde er afstrømningen begyndt i oktober-november og sluttet omkring april-maj. I 1972 var der stadig afstrømning ved nogle lokaliteter, da beregningsperioden sluttede den 30/6, men afstrøm-

Tabel 4. Afstrømningsperioder og antal prøver

Loka- litet nr.	1971-72				1972-73				1973-74			
	Afstrømningsperiode fra til	dage	Antal prøver	Afstrømningsperiode fra til	dage	Antal prøver	Afstrømningsperiode fra til	dage	Antal prøver			
5	27/11-30/6	202	30	29/11-25/4	119	17	31/12-16/4	119	16			
7	27/11-30/6	223	32	1/7 - 5/6	231	30	6/10-17/6	273	35			
8	21/11-30/6	223	32	1/7 -20/6	266	38	9/10- 4/6	245	31			
9	21/11-30/6	223	32	1/7 -20/6	259	37	11/12- 4/6	175	22			
12	17/10- 6/5	175	25	29/11-15/5	126	18	9/10-25/3	140	19			
13	17/10-30/6	259	37	1/7 -12/6	231	33	1/10-25/3	154	21			
14	17/10-17/6	224	32	16/11-12/6	217	31	1/10- 4/3	147	20			
15	17/10-22/4	126	18	7/12-15/5	91	13	13/11-25/2	105	14			
16	26/11-30/6	218	31	1/7 -18/6	252	37	2/10- 6/5	196	27			
17	21/10-30/6	253	36	1/7 -18/6	280	40	2/10-13/5	231	31			
19	25/10-25/4	152	15	17/11-19/6	220	21	8/10-18/6	266	33			
20	5/11-25/4	138	14	17/11- 4/6	210	20	8/10- 4/6	238	29			
22	23/10-25/4	171	16	17/11-27/3	119	8	30/9 - 4/6	252	35			
24	12/11-25/4	131	13	1/7 - 2/4	91	5	3/12- 2/4	126	17			
28	26/11-30/6	218	31	1/7 -18/6	329	47	26/11-18/3	119	16			
gns.		196	394		202	405		186	366			

Tabel 5. Næringsstofudvaskning gennem drænledninger.  
Gennemsnit 3 år (1/10-71 - 1/7-74)

Lokalitet	pH	Lednings- evne mmho	g pr. ha			kg pr. ha						
			NH <sub>4</sub> -N	P	Na	K	Mg	Ca	NO <sub>3</sub> -N	SO <sub>4</sub> -S	Cl	HCO <sub>3</sub>
5	7,3	0,76	32	17	15	0,32	7,5	127	23,0	26	50	184
7	7,4	0,78	53	84	21	1,58	6,1	220	36,5	45	68	336
8	7,3	0,85	71	32	23	1,32	18,7	268	30,5	52	55	572
9	7,2	0,78	51	41	25	1,57	14,4	197	24,1	37	62	399
12	7,0	0,53	29	16	11	1,24	5,5	69	18,7	18	34	65
13	7,4	0,56	71	35	17	1,63	6,7	133	14,6	29	56	236
14	7,2	0,49	44	72	17	1,67	12,0	90	21,7	37	50	71
15	7,5	0,60	47	17	12	0,15	4,8	93	14,9	22	45	124
16	7,1	0,52	53	22	15	0,97	5,5	105	16,4	25	48	147
17	7,1	0,45	87	26	20	0,19	7,3	176	32,2	32	74	258
19	7,1	0,46	103	17	12	1,12	6,1	75	16,6	21	38	83
20	7,1	0,51	52	55	9	2,33	5,1	75	18,3	20	29	87
22	7,1	0,47	62	12	6	0,26	4,4	44	9,1	13	17	59
24	6,5	0,35	37	7	8	0,49	7,5	29	16,9	8	19	18
28	7,3	0,65	66	149	31	0,66	8,5	205	22,4	34	102	372
gns.	7,2	0,58	57	40	16	1,03	8,0	127	21,1	28	50	201

ningen standsede ret hurtigt i begyndelsen af juli måned.

Der har i gennemsnit været 196, 202 og 186 dage med afstrømning i årene 1971-74. Det gælder dog for antal dage med afstrømning, som det gælder for afstrømningen, at gennemsnitstallene dækker over store forskelle fra den ene lokalitet til den anden.

### 3.3. Udvasning af næringsstoffer

Der er foretaget analyser på ialt 1165 drænvandsprøver i de tre år undersøgelsen har været. Den kemiske analyse omfatter bestemmelse af pH og ledningsevne samt en række næringsstoffer. Ledningsevne, der udtrykkes i mmho, er et mål for den totale saltkoncentration i vandet. Den totale udvasning af næringsstoffer er beregnet på grundlag af analyseresultater og de tilsvarende afstrømningsmålinger. Et gennemsnit af tre års resultater er anført i tabel 5, og de enkelte års resultater findes i hovedtabel 1-3.

pH og ledningsevne varierer ikke ret meget i drænvand fra almindelige danske lerjorder. Gennemsnitstallene i tabel 5 viser en variation i pH fra 6,5 og 7,5 og i ledningsevne fra 0,35

til 0,85 mmho, med de højeste værdier på Sjælland. Ved de enkelte lokaliteter er pH og ledningsevne meget konstant, og der er ingen faste årstidsvariationer i disse tal.

Drænvand indeholder kun meget små mængder af NH<sub>4</sub>-N. Udvasningen var i gennemsnit 57 g pr. ha med en variation fra 29 til 103 g pr. ha.

Fosfor er bestemt som ortho-fosfat (vandopløselig P). I det første år blev der også bestemt totalfosfat. Forholdet mellem totalfosfat og ortho-fosfat var ret konstant 2 : 1, og på grund af disse erfaringer er der kun bestemt ortho-fosfat de sidste to år. Udvasning af ortho-fosfat er meget lille, nemlig 40 g pr. ha i gennemsnit, med en variation fra 7 til 149 g.

Der er kun et lille indhold af kalium i drænvand. I gennemsnit blev der kun udvasket 1,03 kg pr. ha, med en variation fra 0,15 til 2,33 kg pr. ha. Der er procentvis stor forskel mellem højeste og laveste mængde af udvasket kalium, men det er i alle tilfælde små mængder, når der sammenlignes med de mængder jordminerale indeholder, og det der tilføres som gødning.

De øvrige næringsstoffer udvaskes i betyde-

lig større mængder. Hvor meget der udvaskes af de enkelte næringsstoffer, er forskellig fra lokalitet til lokalitet. Det vil afhænge af drænvandets mængde og koncentration af det enkelte næringsstof. Størst interesse har nitrat-N, da dette næringsstof kan være kilde til forurening af både vandløb og søer. I gennemsnit af 3 år blev der udvasket 21,1 kg pr. ha, men der har

været en betydelig variation fra den ene lokalitet til den anden, nemlig fra 9,1 til 36,5 kg pr. ha.

Som det fremgår af hovedtabel 1-3, var der størst udvaskning af nitrat-N i 1973-74 med 25,4 kg og mindst i 1972-73 med 17,4 i gennemsnit af alle lokaliteter.

Tabel 6. Middelkoncentration af næringsstoffer 1971-74

Lokalitet	mg pr. liter									
	NH <sub>4</sub> -N	P	Na	K	Mg	Ca	NO <sub>3</sub> -N	SO <sub>4</sub> -S	Cl	HCO <sub>3</sub>
5	0,03	0,02	16	0,4	8,1	137	24,8	29	54	198
7	0,04	0,06	15	1,1	4,2	154	25,6	32	48	235
8	0,04	0,02	14	0,8	11,6	166	18,8	32	34	354
9	0,04	0,03	18	1,2	10,7	146	17,9	28	46	296
12	0,04	0,02	13	1,5	6,9	86	23,3	22	42	81
13	0,06	0,03	14	1,4	5,5	109	12,1	24	46	194
14	0,04	0,06	15	1,4	10,2	77	18,5	31	43	60
15	0,05	0,02	14	0,2	5,6	108	17,4	26	52	145
16	0,05	0,03	13	0,9	4,9	93	14,5	22	43	130
17	0,04	0,01	9	0,1	3,4	82	14,9	15	34	120
19	0,10	0,02	12	1,1	5,8	72	15,9	20	37	80
20	0,06	0,06	11	2,7	6,0	87	21,4	23	34	101
22	0,10	0,02	10	0,4	6,9	70	14,5	21	28	93
24	0,05	0,01	11	0,7	10,3	40	23,2	12	26	24
28	0,04	0,09	18	0,4	5,0	121	13,3	20	60	217

Tabel 7. Kationer og anioner i milliækvivalent pr. ltr. og deres procentiske fordeling. Gennemsnit 3 år

Lokalitet	% kationer				mæq kation	% anioner				mæq anion
	Na	K	Mg	Ca		NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	HCO <sub>3</sub>	
5	10	0	5	85	8,34	25	19	12	44	8,55
7	9	1	2	88	8,80	23	19	10	48	9,09
8	8	0	6	86	10,12	15	17	6	62	10,35
9	10	1	6	83	9,01	16	16	9	59	9,22
12	12	1	7	80	5,42	35	23	14	28	5,58
13	11	1	4	84	6,06	15	19	13	53	6,25
14	14	1	10	75	5,01	29	34	15	22	5,10
15	11	0	4	85	6,43	22	22	15	41	6,67
16	12	1	4	83	5,66	21	22	14	43	5,80
17	10	0	4	86	4,89	25	17	13	45	5,05
19	13	1	6	80	4,67	29	24	15	32	4,83
20	10	2	6	82	5,36	32	23	11	34	5,60
22	11	1	8	80	5,16	26	25	11	38	5,34
2	18	1	16	65	3,43	55	18	14	13	3,57
28	13	0	3	84	7,29	15	15	15	55	7,48

### 3.4. Koncentration af næringsstoffer i drænvand

Tabel 6 viser koncentrationen af næringsstoffer i det undersøgte drænvand. Der er forskel på koncentration af de enkelte stoffer fra den ene lokalitet til den anden. Inden for hver enkelt lokalitet er koncentrationen af de enkelte stoffer ret konstant året igennem, og det har ikke været muligt at påvise nogen årsvariation. For nitrat-N er foretaget en statistisk vurdering for de enkelte lokaliteter. Standardafvigelsen varierer fra ca. 2 til 5 ppm nitrat-N.

### 3.5. Ionernes procentiske fordeling

I tabel 7 vises den procentiske fordeling af kationer og anioner. Det ses, at calcium udgør langt den største del af kationerne, og at det er hydrogenkarbonat, der dominerer indenfor anionerne. Lokalitet 24 er afvigende, idet der kun er 13 procent hydrogenkarbonat. Koncentrationen af nitrat-N er forholdsvis høj ved denne lokalitet, mens der er en lav koncentration af alle de øvrige stoffer, og det er den lokalitet, hvor der er den laveste ionkoncentration i drænvandet.

### 4. Diskussion

Tabel 8 giver en oversigt over de opnåede resultater.

Tabel 8. Udvaskningstab, middelkoncentration og ionfordeling.

Gennemsnit af 1165 drænvandsprøver fra 15 lokaliteter. Perioden 1. oktober 1971 til 30. juni 1974

		kg pr. ha årlig	middel- koncentration mg/l	ion- for- deling pct.
Natrium	Na	16	13,7	9
Kalium	K	1,0	0,9	0,3
Magnesium	Mg	8,0	6,8	9
Calcium	Ca	127	109	82
Nitrat-kvælstof	N	21,1	18,0	19
Sulfat-svovl	S	28	23,9	22
Klorid	Cl	50	42,7	18
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub>	201	172	41

### 4.1. Afstrømning og koncentration af nitrat-N

I gennemsnit ligger koncentrationen af nitrat-N ved de enkelte lokaliteter på samme niveau fra år til år.

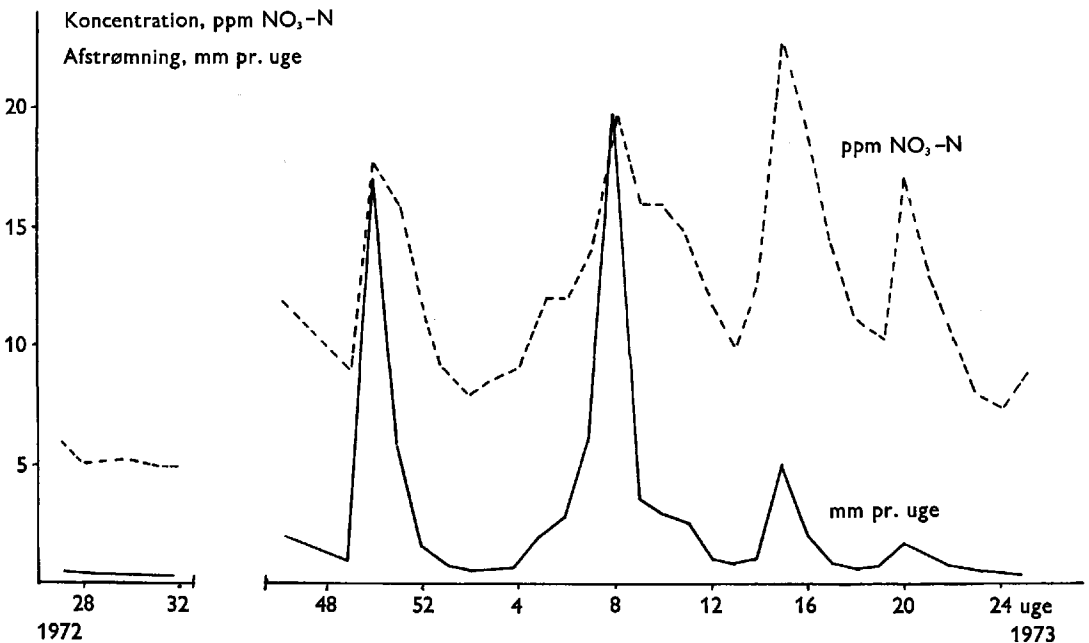


Fig. 5. Afstrømning, mm pr. uge og koncentration, ppm nitrat -N ved lokalitet nr. 16, 1972-73.

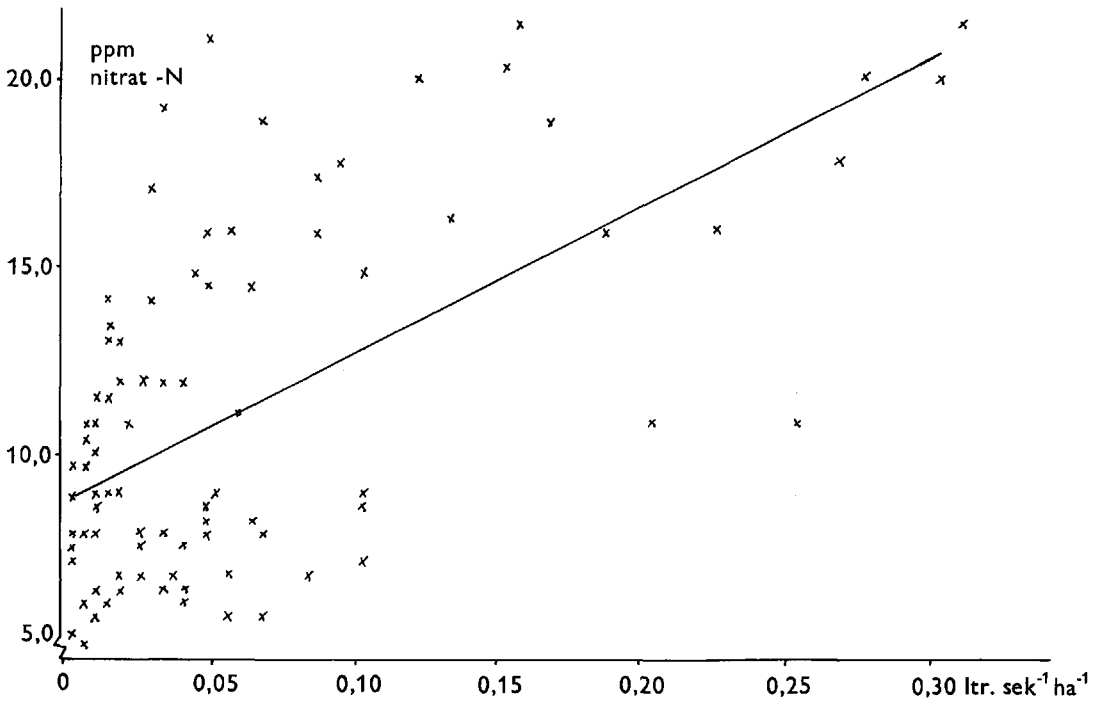


Fig. 6. Diagram af afstrømningsintensitet og koncentration af nitrat-N ved lokalitet nr. 16, 1971-74

Ved de fleste lokaliteter er der dog en vis variation i løbet af året, men det har ikke været muligt at påvise en systematisk årsvariation.

I fig. 5 er vist et eksempel på koncentration og afstrømningsintensitet ved hver prøveudtagning i 1972-73, og her er der tydelig positiv sammenhæng mellem koncentration og afstrømningsintensitet.

Det her nævnte forhold var tydeligst i de to år, hvor der var samtidighed mellem intensitetsmåling og prøveudtagning. Det udviskes noget ved automatisk afstrømningsmåling. Her er det den totale afstrømningsmængde der måles, og intensiteten beregnes som et gennemsnit for hele ugen.

Koncentrationen af nitrat-N stiger og falder ofte med afstrømningsintensitet. Fig. 6 viser et prikdiagram for nitrat-koncentration og afstrømningsintensitet. Beregninger, der er foretaget på alle tre års målinger, viser en signifikant positiv korrelation mellem nitratkoncen-

tration og afstrømningsintensitet ved 8 af de 15 lokaliteter.

Forklaringen på den høje koncentration ved høj afstrømningsintensitet kan være, at afstrømningen sker horisontalt i de øverste jordlag, og at vandet søger til drænerenderne, hvor jordens naturlige lejring er brudt.

#### 4.2. Korrelationsberegning

Koncentrationen af nogle næringsstoffer er signifikant korreleret med hinanden. Det samme er tilfældet for afstrømning og koncentration af enkelte næringsstoffer.

I tabel 9 er der vist en beregning af den lineære regression på gennemsnitskoncentrationer af de enkelte kationer og anioner.

Trods en betydelig spredning på enkeltanalyserne og resultaterne fra de enkelte lokaliteter, er der signifikant korrelation mellem en lang række størrelser. Nitrat-N udgør i gennemsnit 1,18 milliequivalent eller 16,5 mg pr. liter. Der er tydelig positiv korrelation mellem nitrat og

Tabel 9. Regressionsberegning foretaget på samtlige 1165 analyser fra 15 lokaliteter i 3 år, milliequivalent pr. liter

Variabel		Middel		y = a + b x		Korrelations-	Signifi-
y	x	y	x	a	b	koefficient	
						R	kans
NO <sub>3</sub> -N	Na	1,18	0,62	1,24 ÷	0,11 x	0,033	
NO <sub>3</sub> -N	K	1,18	0,03	1,09 +	2,90 x	0,182	***
NO <sub>3</sub> -N	Mg	1,18	0,58	0,96 +	0,37 x	0,205	***
NO <sub>3</sub> -N	Ca	1,18	5,39	0,87 +	0,06 x	0,213	***
NO <sub>3</sub> -N	SO <sub>4</sub>	1,18	1,46	0,76 +	0,28 x	0,311	***
NO <sub>3</sub> -N	Cl	1,18	1,17	0,86 +	0,26 x	0,178	***
NO <sub>3</sub> -N	HCO <sub>3</sub>	1,18	2,98	1,27 ÷	0,03 x	÷0,112	***
NO <sub>3</sub> -N	Afstrømning	1,18	4,3	1,12 +	0,012 x	0,154	***
Na	Σ kation	0,62	6,62	0,32 +	0,05 x	0,617	***
K	Σ kation	0,03	6,62	0,01 +	0,00 x	0,155	***
Mg	Σ kation	0,58	6,62	0,16 +	0,06 x	0,487	***
Ca	Σ kation	5,39	6,62	÷0,50 +	0,89 x	0,986	***
NO <sub>3</sub> -N	Σ anion	1,18	6,80	0,79 +	0,06 x	0,249	***
SO <sub>4</sub>	Σ anion	1,46	6,80	0,29 +	0,17 x	0,681	***
Cl	Σ anion	1,17	6,80	0,72 +	0,70 x	0,427	***
HCO <sub>3</sub>	Σ anion	2,98	6,80	÷1,82 +	0,71 x	0,891	***

\*\*\* P (999) R = 0,097

bl.a. sulfat og klorindhold og negativ korrelation med hydrogenkarbonat. Også på gennemsnitsresultater er der sikker korrelation mellem koncentration af nitratkvælstof og afstrømningen.

De enkelte kationer er positivt korreleret med summen af kationer, det gælder specielt calcium. Tilsvarende er der nær korrelation mellem de enkelte anioner og summen af anioner.

#### 4.3. Behov for fortsatte undersøgelser

I Forureningsrådets rapport nr. 16 bliver det påpeget, at der savnes systematiske undersøgelser af drænvandets mængde og værdier for indhold af plantenæringsstoffer. Sådanne undersøgelser findes næsten ikke for almindelige danske landbrugsarealer.

Der er fra mange sider udtrykt frygt for en øget fare for forurening af vandløb (og grundvand) på grund af landbrugets anvendelse af større og større mængder gødning. Det er derfor nødvendigt at få fastlagt, i hvor høj grad landbruget bidrager til forurening ved udledning af drænvand. Den her omtalte undersø-

gelse skal bidrage til at få mere konkrete oplysninger om drænvandets mængde og indhold af plantenæringsstoffer, og samtidig er den et led i undersøgelser af vandbevægelse og vandkvalitet i en større del af jordlaget end ned til drændybde.

Undersøgelsen har givet mange værdifulde oplysninger, men det vil være nødvendigt og af stor værdi at fortsætte de systematiske målinger og undersøgelser i flere år endnu.

Der er konstateret variationer fra det ene år til det andet med hensyn til både afstrømning og næringsstofindhold i drænvand. Årsagerne til disse variationer kan ikke belyses på grundlag af tre års undersøgelser. Ved at fortsætte de systematiske undersøgelser i flere år er det muligt at studere de enkelte afgrøders indflydelse på både afstrømning og drænvandets kvalitet. Der foregår til stadighed en vis biologisk aktivitet i jordbunden, hvorved organiske stoffer mineraliseres, og der frigøres nitrat-N. En overvintrende græsmark vil kunne udnytte en del af dette kvælstof og hindre udvaskning. På en pløjet jord er der ikke de samme muligheder for



en konservering af den frigjorte kvælstof, og her vil der være større fare for udvaskning.

## 5. Konklusion

Tre års systematiske drænvandsundersøgelser har vist, at drænvandets mængde er afhængig af, hvordan nedbøren er fordelt i afstrømningsperioden, og i mindre grad af nedbørens størrelse i perioden. Er nedbøren jævnt fordelt bliver afstrømningen mindre, end hvis samme nedbør er faldet koncentreret, d.v.s. enkelte dage med stor nedbørmængde. Undersøgelsen har ikke været længe nok til at belyse de relationer, der er mellem nedbør – afgrøde – afstrømning. Det vil de fortsatte undersøgelser i nogen grad kunne belyse.

Drænvandets indhold af forskellige plantenæringsstoffer er ret konstant ved de enkelte lokaliteter, men der er forskelligt niveau for indhold fra den ene lokalitet til den anden. Der har ikke vist sig nogen bestemt årsvariation i drænvandets indhold af næringsstoffer, men for visse stoffers vedkommende er der en sammenhæng mellem afstrømningsintensitet og koncentration. Det er ved de fleste lokaliteter tilfældet for nitrat-N, hvor koncentrationen stiger med stigende afstrømningsintensitet.

Tre års systematiske drænvandsundersøgelser på 15 lokaliteter i Danmark viser en gennemsnitlig årlig afstrømning på 117 mm og et udvaskningstab gennem drænledningerne på 40 g fosfor (P), 1,0 kg kalium (K) og 21,1 kg kvælstof (N) pr. ha.

## 6. Erkendtlighed

Drænvandsundersøgelsen udføres med hjælp fra mange sider.

Der bringes en tak til de enkelte lodsejere

for vederlagsfrit at have stillet arealer og drænsystemer til rådighed for undersøgelsen. Det danske Hedeselskabs distriktskontorer for hjælp ved udvælgelse af arealer og gennemførelse af undersøgelsen i de første to år, Det danske Hedeselskabs laboratorium for hjælp ved analysearbejdet.

Lokale prøveudtagere takkes for værdifuld hjælp ved prøveudtagning og tilsyn med pumpeanlæg. Endvidere rettes en tak til Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd for bevilling til etablering af anlæg til automatisk registrering af afstrømningsmålinger.

## Litteratur

- Anonym* (1972). Drænvandsundersøgelser 1971-72. 1068. meddelelse fra S.F.P. Statens Marskforsøg, 6280 Højer, pp 4.
- Aslyng, H. C.* (1968). Klima, jord og vandbalance. Forelæsninger, D.S.R. forlag, pp 303.
- Aslyng, H. C.* (1971). Miljø og jordbrug. Forelæsninger. Hydroteknisk lab., pp 32.
- Forureningsrådet* (1971). Vandresource. Publikation nr. 14.
- Forureningsrådet* (1971). Plantenæringsstoffer. Publikation nr. 16.
- Kofoed, A. Dam og J. Lindhard* (1968). Mineralstofbortførsel fra græsdykket jord i lysimetre. Tidsskr. f. Planteavl 72, 417-437.
- Kolenbrander, G. J.* (1969). Nitrate content and nitrogen loss in drainwater. *Neth J. agric. sci.* 17, 246-255.
- Kolenbrander, G. J.* (1971). De eutrofiering van oppervlakteater door de landbouw en de stedelijke bevolking. *Stikstof* 69, 384-395.
- Wiklander, L.* (1970). Utlakning av näringsämnen I. Grundförbättring 23, 117-141.
- Wiklander, L. och G. Hallgren* (1971). Utlakning av näringsämnen III. Grundförbättring 24, 95-111.

Manuskript modtaget den 10. maj 1975.

Hovedtabel 1

## Næringsstofudvaskning gennem drænledninger 1971-72

Loka- litet	pH	Lednings- evne mmho	g pr. ha		kg pr. ha							
			NH <sub>4</sub> -N	P	Na	K	Mg	Ca	NO <sub>3</sub> -N	SO <sub>4</sub> -S	Cl	HCO <sub>3</sub>
5	7,3	0,72	42	26	23	0,48	11,0	183	31,8	35	74	287
7	7,4	0,72	72	89	29	2,04	7,0	257	36,0	49	77	434
8	7,3	0,83	60	40	26	1,74	20,3	308	25,2	57	52	681
9	7,3	0,72	71	47	34	2,27	19,7	262	37,3	49	73	520
12	7,1	0,46	26	18	11	0,95	4,5	55	15,5	13	26	70
13	7,4	0,55	137	51	18	2,25	6,5	124	12,7	24	55	226
14	7,4	0,45	27	58	14	1,61	8,2	65	12,4	26	38	64
15	7,5	0,56	35	28	18	0,14	6,6	129	20,7	27	61	179
16	7,0	0,47	77	30	17	1,24	4,9	104	9,9	22	45	177
17	6,9	0,43	84	32	22	0,02	6,7	171	30,5	25	72	264
19	7,1	0,47	39	15	13	1,04	5,9	75	19,4	15	43	78
20	7,0	0,47	38	55	10	2,85	4,9	74	13,7	15	33	106
22	7,0	0,42	72	14	8	0,33	5,3	53	11,4	16	21	74
24	6,5	0,31	32	13	12	0,71	9,7	39	20,8	12	25	30
28	7,4	0,61	73	79	23	0,48	5,3	135	10,4	17	53	318
gns.	7,2	0,55	60	40	19	1,21	8,4	136	20,5	27	50	234

Hovedtabel 2

## Næringsstofudvaskning gennem drænledninger 1972-73

Loka- litet	pH	Lednings- evne mmho	g pr. ha		kg pr. ha							
			NH <sub>4</sub> -N	P	Na	K	Mg	Ca	NO <sub>3</sub> -N	SO <sub>4</sub> -S	Cl	HCO <sub>3</sub>
5	7,4	0,77	33	9	11	0,27	5,6	93	17,7	19	34	149
7	7,3	0,78	42	63	14	0,90	4,1	145	21,2	28	40	264
8	7,2	0,86	66	20	24	1,23	19,8	269	36,2	47	51	614
9	7,1	0,82	51	36	28	1,15	16,9	225	25,2	40	67	507
12	7,1	0,59	21	10	7	0,38	3,7	47	14,2	10	27	36
13	7,5	0,55	32	16	14	0,69	5,4	115	15,6	24	43	207
14	7,3	0,51	31	38	12	1,08	7,9	64	16,4	24	35	45
15	7,6	0,60	28	6	7	0,08	2,8	56	7,1	14	27	80
16	7,2	0,54	32	13	11	0,58	4,1	78	13,8	18	38	118
17	7,1	0,48	46	26	15	0,30	5,2	132	24,6	22	59	205
19	7,2	0,47	32	15	7	0,63	3,8	46	10,8	11	21	62
20	7,3	0,50	18	15	5	1,17	2,5	37	9,5	8	16	49
22	6,9	0,45	40	4	3	0,16	1,9	20	2,7	6	8	34
24	6,6	0,35	18	5	5	0,26	4,7	18	10,5	5	12	11
28	7,3	0,66	51	299	43	0,97	13,2	306	35,0	50	152	539
gns.	7,2	0,60	36	38	14	0,66	6,8	110	17,4	22	42	195

Hovedtabel 3

## Næringsstofudvaskning gennem drænelinger 1973-74

Loka- litet	pH	Lednings- evne		g pr. ha			kg pr. ha					
		mmho	NH <sub>4</sub> -N	P	Na	K	Mg	Ca	NO <sub>3</sub> -N	SO <sub>4</sub> -S	Cl	HCO <sub>3</sub>
5	7,3	0,80	21	17	10	0,22	5,8	104	19,5	25	41	115
7	7,4	0,84	46	100	21	1,81	7,1	259	52,4	58	88	309
8	7,5	0,85	87	35	19	1,00	16,1	226	30,0	50	61	421
9	7,2	0,80	32	39	13	1,30	6,6	103	9,9	22	47	171
12	6,9	0,57	41	20	14	2,40	8,3	104	26,5	30	49	89
13	7,3	0,61	44	38	19	1,96	8,1	159	15,5	38	69	274
14	7,0	0,53	73	122	26	2,32	19,9	142	36,6	60	77	103
15	7,3	0,63	77	17	11	0,23	4,9	94	17,2	26	47	115
16	7,1	0,55	49	24	18	1,07	7,5	132	25,5	35	62	146
17	7,1	0,46	131	21	23	0,24	9,9	226	41,4	49	91	306
19	7,1	0,45	237	20	16	1,70	8,6	105	19,5	36	50	109
20	7,1	0,54	102	95	13	2,97	8,0	114	31,7	37	39	105
22	7,2	0,50	76	18	8	0,29	5,9	59	13,4	17	24	68
24	6,4	0,39	60	3	7	0,50	8,1	31	19,5	8	20	12
28	7,4	0,67	73	68	27	0,53	7,0	173	21,8	35	100	258
gns.	7,2	0,61	77	42	16	1,24	8,8	135	25,4	35	58	173