

# Betragtninger over den geokemiske udvikling i de øvre jordlag i Danmark

Den sure Front

af

WERNER CHRISTENSEN

Danmark ligger i det humide klimaområde, hvor nedbøren er større end fordampningen. Under disse forhold foregår der en udvaskning af opløselige salte og forvittringsprodukter, en degradering af de øvre jordlag. Forløbet af denne proces er afhængig af mange faktorer, hvoraf skal fremhæves: jordbund, overfladeform, klima, tid, hydrologiske forhold, jordens udnyttelse og en række kulturforanstaltninger.

Disse faktorer varierer fra sted til sted, og da en del af faktorerne har varieret gennem tiderne, har forvitringen og udvaskningen udviklet sig meget forskelligt, ikke alene fra sted til sted, men også inden for samme egn. Resultaterne af forvitringen giver sig til kende ved ændringer i sammensætningen af de øvre jordlag. Da forvittringsprodukterne for en stor del fjernes med det gennemsvivende vand vil analyser af afstrømningsvandet (overfladevand og lokalt grundvand) give værdifulde oplysninger om forvitringstilstanden og forvittringsintensiteten. Endvidere kan man gennem analyser af kemiske sedimenter og konkretioner få værdifulde oplysninger om forvitringstilstanden.

Hele denne udvikling forårsages af kemiske processer, der til enhver tid og på ethvert sted tilstræber ligevægt. Da de kemiske processer er knyttet til vandige opløsninger har de hydrologiske forhold stor betydning.

## *Klimaet*

danner baggrunden for de hydrologiske forhold. Variationen i nedbør er meget varierende, ikke alene fra år til år, men også fra sted til sted, idet den i begge forhold varierer fra ca. 400 til ca. 800 mm.

Danmarks overfladedannelser er overvejende moræneaflejringer afsat under en istid og smeltevandsaflejringer afsat i forbindelse med isafsmeltningen. Alle istidsaflejringerne har sikkert oprindeligt været kalkholdige, og de lerholdige aflejringer haft størst kalkindhold.

Efter at isen trak sig tilbage er den geologiske udvikling gået videre. Landet har hævet og sænket sig, fysiske erosioner har på forskellig måde gjort sig gældende, og søer, lavninger og dale er blevet mere eller mindre udfyldt med tørv, gytje og kemiske sedimenter.

Efterhånden som isen trak sig tilbage bredte plantevækst og dyreliv sig. Ved hjælp af mikroorganismer blev døde, organiske stoffer delvis nedbrudt, og i den kalkholdige jordbund opstod et muldlag. Samtidig satte mineralforvitringen ind og udvaskningen begyndte.

#### *Kuldioxid og forvitring*

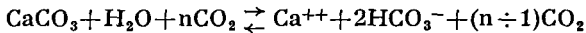
Ved denne udvaskning har  $\text{CO}_2$  været den aktive kemiske faktor. I atmosfæren er der 0,03 volumen-%  $\text{CO}_2$ , men på grund af planternes rodånding og den biologiske nedbrydning (den kolde forbrænding) af organisk stof, vil  $\text{CO}_2$ -indholdet i jordluften være mindst 10 gange så stor, ja i mange tilfælde vil jordluften i de øvre jordlag indeholde 1 %  $\text{CO}_2$  eller mere.

Ved 16° C, 1 atm. tryk og ren  $\text{CO}_2$ -atmosfære opløser 1 liter vand 1 liter  $\text{CO}_2$ . I forbindelse med atmosfære med varierende indhold af  $\text{CO}_2$  og under varierende tryk er den i vandet opløste  $\text{CO}_2$ -mængde proportional med deltrykket.

En mindre del af den opløste  $\text{CO}_2$  omsætter sig med vand, idet der dannes kulsyre ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) der delvis er dissocieret i  $\text{H}^+$  og  $\text{HCO}_3^+$  og gør vandet surt. (W. LAATSCH, 1957).

Vand i ligevægt med atmosfæren	(0,03 volumen-% $\text{CO}_2$ )	har pH 5,72
- - - - jordluft med 0,3	- - % $\text{CO}_2$	har pH 5,22
- - - - - - - - 1,0	- - % $\text{CO}_2$	har pH 4,95
- - - - - $\text{CO}_2$ -atmosfære		har pH 3,95

$\text{CO}_2$ -holdigt vand er derfor aggressivt, og det vil i første række opløse  $\text{CaCO}_3$ , idet der dannes opløseligt  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .



Ligevægten finder udtryk i Tillmans-Heubleins kurve, figur 1, hvoraf det fremgår, at der ved opløsningen kræves et overskud af fri  $\text{CO}_2$ , og at dette stiger langt stærkere end opløseligheden. Til ethvert ligevægtspunkt svarer endvidere et ganske bestemt pH. Da indholdet af fri  $\text{CO}_2$  i vandet er bestemt af dens partialtryk i den omgivende atmosfære er dette forhold bestemmende for, hvor meget  $\text{CaCO}_3$  der kan opløses. Overskud af fri  $\text{CO}_2$  fører til opløsning af mere  $\text{CaCO}_3$ . Falder  $\text{CO}_2$ -trykket i den omgivende atmosfære undviger der  $\text{CO}_2$ , og der vil udfældes  $\text{CaCO}_3$ . Når der ikke er  $\text{CaCO}_3$  nok til at opnå ligevægt, vil vandet forblive surt og aggressivt. Ligevægten  $\text{CaCO}_3$ - $\text{CO}_2$ -vand danner en stødpude, der omfatter pH skalaen fra ca 4 til 8,4.

$\text{CO}_2$  giver således anledning til udvaskning af  $\text{CaCO}_3$  i de øvrige jordlag. Så lang tid, der er kalk nok, vil reaktionen være neutral eller svagt sur. Når kalken er udvasket bliver jordvandet og dermed jorden sur, og det giver anledning til, at den biologiske aktivitet aftager, nedbrydningen af organiske stoffer nedsættes og mulddannelsen afløses af mordannelse, der er dannet en sur front.

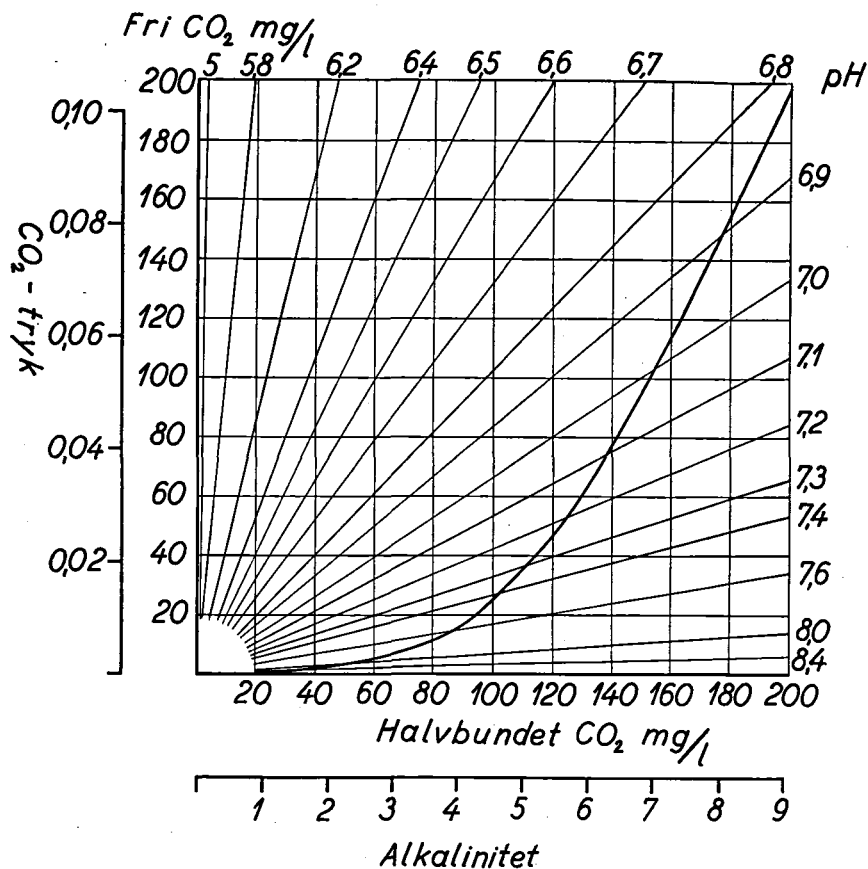


Fig. 1. Tillmans-Heubleins diagram.

Halvbunden CO<sub>2</sub> = halvdelen af CO<sub>2</sub> i HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Alkalitet svarer til milliækv. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Det sure vand vil være aggressivt over for andre mineraler i jorden, særlig forskellige silikater og Fe- og Mn-oxyder. Medens Fe og Mn i muldstadiet overvejende findes som de tungtopløselige ferri- og manganforbindelser, vil den mere reducerende mordannelse skabe muligheder for dannelse af ferro- og manganforbindelser, der er opløselige i CO<sub>2</sub>-holdigt vand som bikarbonater. Derimod er aluminium ikke opløseligt mellem pH godt 4 til henad 10, altså ikke indenfor det pH, der bestemmes af ligevægten H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>-CaCO<sub>3</sub>.

Hastigheden for den sure fronts fremtrængen vil være afhængig af jordens indhold af CaCO<sub>3</sub>, mængden af tilført syre, jordlagenes permeabilitet og afstrømningens størrelse. Da vandet bevæger sig nogle hundrede gange hurtigere gennem grus end gennem sandet ler, og da fedt ler praktisk taget er vandstandsende, vil langt den overvejende del af vandets bevægelse i jorden være knyttet til grus og sand, og i sådanne lag vil den sure front trænge længst frem.

*Sedimenter*

Når vand med stort indhold af calciumkarbonat kommer frem i kilder, væld og søer, vil CO<sub>2</sub>-trykket falde, dels på grund af trykfald, dels på grund af lavere CO<sub>2</sub>-indhold i den fri atmosfære, og det giver anledning til udskillelse af kalksedimenter.

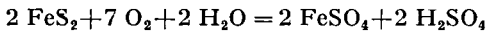
Da det nedsivende vand stadig vil følge de samme »veje« gennem jordlagene, vil den sure front på et senere tidspunkt i udviklingen nå helt frem til kalksedimenterne. Vandet vil da opløse kalk til der er ligevægt. Da opløseligheden for Ca<sup>++</sup> i ligevægt med CO<sub>2</sub>-holdigt vand er 200 gange så stor som for Fe<sup>++</sup> (HEM, 1960), må der af jernholdigt vand udfældes ferrokarbonat (under oxyderende forhold ferrihydroxyd), idet der samtidig går CaCO<sub>3</sub> i opløsning, indtil ligevægten er opnået.

Medens den her skitserede udvikling er foregået i de oprindelige kalkholdige mineraljorder, er der i lavninger og søer flere steder afsat tørv og gytje, og der er her foruden kulstof ophobet svovlforbindelser.

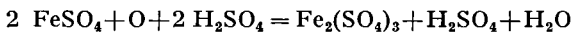
*Svovlforbindelser og forvitring*

Medens CO<sub>2</sub> har været den vigtigste faktor ved dannelsen af den sure front, så kommer svovlforbindelserne til at spille en stadig stigende rolle ved forvitringen. Svovl findes i jorden som sulfider, og det indgår i de organiske stoffer. Ved nedbrydning af organiske stoffer dannes svovlbrinte, der vil udfælde eventuelt jern i vandet som svovljern, og da endvidere sulfater under visse reducerende forhold reduceres til sulfid, er der betingelser for at tørv og dyndaflejringer bliver rige på svovljern.

Udsættes de reducerede svovlforbindelser f. eks. FeS<sub>2</sub> for oxydation, vil der foregå følgende:

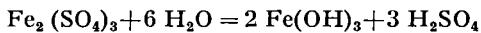


Ved yderligere tilførsel af ilt vil processen løbe videre



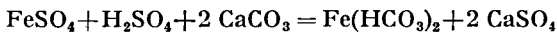
idet der dannes ferrisulfat, men der er stadig et overskud af fri svovlsyre.

For at holde ferrisulfat i opløsning kræves et pH på 3 eller derunder, altså tilstedeværelse af fri syre. Stiger pH, vil der udfældes ferrihydroxyd



Såfremt der er ilt nok, bliver resultatet, at jernet fældes ud som hydroxyder efterhånden som vandet blandes med mere alkalisk vand eller passerer alkaliske (kalkholdige) aflejringer.

Passerer vand med svovlsyre og ferrosulfat lag med CaCO<sub>3</sub>, vil det neutraliseres.



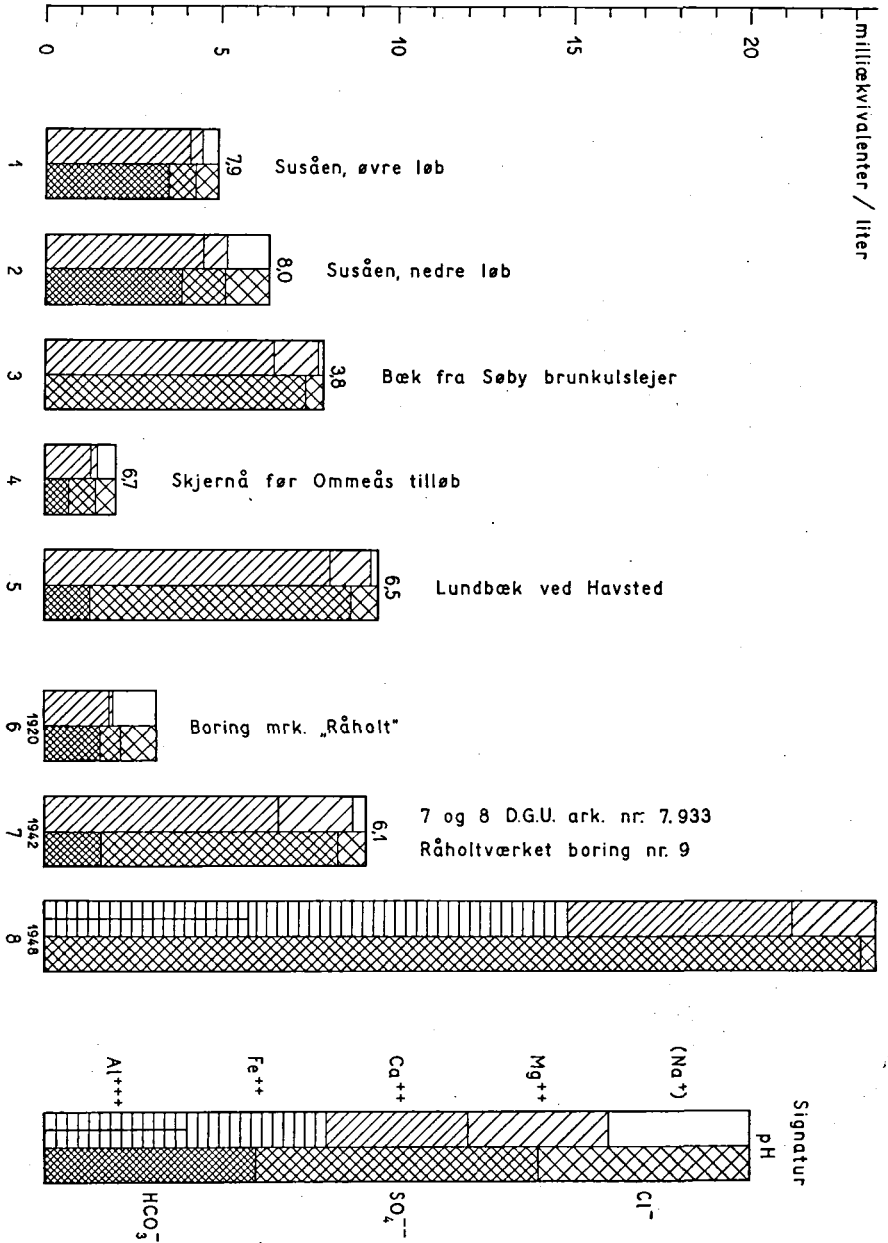
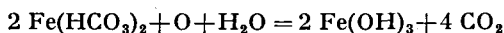


Fig. 2. Diagrammer over vandanalyser.

Under oxyderende forhold vil jernet udfældes som hydroxyd, idet ferri-bikarbonat ikke eksisterer.



Ved svovlkisforvitring opstår således en stærk sur front, der er i stand til at opløse  $\text{CaCO}_3$  og andre mineraler, idet der afhængig af de varierende ligevægtsbetingelser efterhånden udfældes ferrihydroxyder, eventuelt ferrokarbonat.

Under reducerende forhold kan sulfat i vandet igen reduceres, og der kan udfældes sulfider. Svovlomsætningerne vil i udstrakt grad være biokemisk betinget.

Af det her fremførte fremgår, at under fugtige forhold, hvor der er tilbøjelighed til forsumpning, akkumuleres der »sure« stoffer i form af ikke nedbrudte organiske stoffer (tørv-mor) og reducerede svovlforbindelser (i organisk stof og som sulfider).

Afvandes sådanne aflejringer, hvad enten det skyldes naturlige årsager eller kunstige indgreb, så mobiliseres de sure stoffer, idet sulfiderne oxyderes til svovlsyre og de organogene aflejringer giver ved »kold forbrænding«  $\text{CO}_2$  og svovlsyre.

Hvordan stemmer nu de her fremførte synspunkter af mere teoretisk art med forholdene ude i naturen?

Analysen udtaget i profiler ned gennem jordlagene viser, at der over grundvandet foregår en kalkudvaskning, der selv i ret fedt diluvialler i unglaciale aflejringer kan være trængt ned i 2–3 m dybde. De udvaskede lag har ofte et pH på 5–6, der på få cm stiger til ca. 8, altså en tydelig sur front. I mere permeable lag trænger den sure front længere frem.

Analysen af vand fra vore vandløb viser store forskelligheder, og af disse kan man slutte en hel del om forvitringstilstanden. Susåen, der for en stor del afvander moræneflader fra sidste istid, fører således vand med meget betydeligt indhold af bikarbonat (stor bikarbonathårdhed), og moderat indhold af sulfat, figur 2 nr. 1 og 2. Vandet i de vestjyske åer, der afvander de ældre glaciale aflejringer og de stærkt udvaskede hedesletteaflejringer, har langt mindre indhold af bikarbonat (lille bikarbonathårdhed) og også moderat indhold af sulfat. (Eksempel: analyse fra Skjernå, fig. 2 nr. 4).

Hvor der lokalt dannes en sur front, som f. eks. i forbindelse med brunkulsgravning, hvor der i tipperne findes betydelige mængder urene, svovlholdige brunkul, kan der opstå en stærkt sur front. Analyse nr. 3 viser en sådan vandtype fra en mindre å (biå til Storåen) der afvander en del af brunkulsområdet ved Søby. Mindre vandløb i stærkt udvaskede jyske områder har ofte et indhold af opløste stoffer, der er meget mindre end i Skjernå. På den anden side finder man, lokalt i forbindelse med brunkulsgravning og moseafvanding, at svovlforvitringen fører til afstrømningsvand med pH på omkr. 3 og med indhold på op til 70 milliækv.  $\text{SO}_4^{--}$ , 10–15 milliækv.  $\text{Fe}^{++}$  og endda 5–6 milliækv.  $\text{Al}^{+++}$  pr. liter. Analyser foretaget med mellemrum igennem et par år på afstrømningsvand fra et brunkuls-

leje i Skraastrup (ved Ørnhøj) viser sådanne indhold, og i perioder har dette vand, der gennem Spaabæk løber ud i Tim å, dannet en sur front, der har været mærkbar 8–10 km frem.

Særlig interessante forhold frembyder udviklingen på hedesletten i det sydlige Sønderjylland. Grundvandsstanden har her været høj, og der er sket en forsumpning, der har givet anledning til et meget udbredt dække af kærtorv og mor, ofte i forbindelse med meget betydelige forekomster af myremalm. I forbindelse med en voksende interesse for en mere rationel udnyttelse af disse arealer, der for en meget stor del har henligget og endnu henligger i naturlige græsarealer, er der i de senere år gravet et betydeligt antal kanaler og foretaget uddybning af vandløb.

Et betydeligt antal analyser af vand fra vandløbene viser en type som analyse nr. 5 figur 2. Det meget hårde vand skyldes, at efter vandspejls-sænkningen oxyderes reducerede svovlforbindelser og omsætter sig med kalk, der dels findes som mosekalk i lavninger, dels tilføres de afvandede områder som kalk eller mergel. Indholdet af bikarbonat er meget moderat, men den totale hårdhed er meget stor, helt op til 25° hårdhed. Vandløbene er røde af udskilt jern, hvad man ikke tidligere har bemærket, og vandet indeholder usædvanlige mængder mangan, mest mellem 5 og 10 mg pr. liter.

Indholdet af opløste stoffer i det mere lokale grundvand vil i de unglaciale aflejringer i store træk falde sammen med indholdet i vandet fra vandløbene. Ved vandindvinding i lave humøse områder kan der dog fremkaldes en sænkning af det højtliggende grundvand, der lokalt kan føre til stigende indhold af sulfat, calcium og jern. Det er en udvikling, der i mange tilfælde generer vandforsyningen. En vandforsyning i Nordsjælland oppumpede i sommeren 1960 vand med over 600 mg  $\text{SO}_4$  og 90 mg  $\text{Fe}^{++}$  pr. liter. Særlig interessant er udviklingen ved Råholt vandv. ved Frederikshavn (se analysen 6–8, fig. 2), hvor vandet i løbet af en årrække i nogle borerer blev så surt, at det også var i stand til at opløse aluminium. Der kendes fra de senere år mange tilfælde med stigende jernindhold i vandindvindingsvand, og blot nogle få mg Fe pr. liter kan gøre rensningen besværlig. Faren for en sådan udvikling er særlig stor, hvor borerer anbringes i eller i nærheden af aflejringer med reducerede svovlforbindelser, således at en vandspejls-sænkning kan udløse disse aflejringer.

De forskellige kemiske sedimenters udbredelse er i denne forbindelse interessant. Udenfor sidste nedisningsområde kendes ikke kalksedimenter (bortset fra det sydlige Sønderjylland), hvorimod jernsedimenter, nogle steder med et betydeligt indhold af mangan, har en betydelig udbredelse i form af myremalm, okker og karbonater.

Indenfor sidste nedisningsområde er kalksedimenter (kilde-, mose- og søkalk) almindelige, særlig i kuperede områder med vekslen mellem sand og ler (Nordsjælland — dele af Fyn og Østjylland). Oprindeligt må der have været kalksedimenter overalt. Ved den tiltagende sure reaktion er kalken udvasket. Da ferri først kan udvaskes effektivt ved pH under 3, kan jern ikke udvaskes af de øvre oxyderede lag. I de kalkudvaskede om-

råder foregår der dog under reducerende forhold en betydelig jernudvaskning, hvad de lokalt høje indhold af jern i grundvand klart viser. Når vi i mange tilfælde i Midt- og Vestjylland selv fra dybere borerer får vand med aggressiv  $\text{CO}_2$ , da er det et bevis på, at der ikke i de passerede jordlag har været kalk nok til at fremkalde ligevægt efter Tillmans-Heubleins diagram.

I Nordsjælland og Østjylland finder man mange steder jern- og manganholdige kalksedimenter. Som et led i den geokemiske udvikling, må der også ske det, at der udvaskes kalk, mens de tungere opløselige jern- og mangansedimenter udfældes.

Vort stigende kendskab til sammensætningen af de kemiske sedimenter viser, at manganrig myremalm særlig er knyttet til hedesletten i det sydlige Sønderjylland og de udbredte forekomster ved Storåens øvre løb, mens mangan optræder meget sparsomt i de vestjyske aflejringer af myremalm.

Dette forhold må ses som et led i den geokemiske udvikling. Mangan har et højere oxydationspotential end jern, og dette betyder, at ferro opløst i vand, der passerer aflejringer med tungtopløselige højere manganilter, oxyderes til ferri, der vil udfældes, idet mangan samtidig går i opløsning som mangano. Af denne årsag vil mangan udvaskes før jern. I Vestjylland er den sure front da så langt fremskreden, at såvel kalk- som mangansedimenter er udvasket. På den sønderjyske hedeslette og ved Storåens øvre løb er kalksedimenter udvasket, og det store indhold af mangan i vandløbene (5–12 mg pr. liter) viser, at mangan er under udvaskning. Man kan således ud fra afstrømningsmålingerne og et ret betydeligt antal analyser igennem et par år beregne, at der ved Højris bro, ca. 10 km fra Storåens udspring, årlig passerer ca. 100 tons mangan opløst i det afstrømmende vand, mens udvaskningen af jern er ubetydelig, selv om sedimenterne indeholder over 5 gange så meget jern som mangan.

Når mangan kun undtagelsesvis findes i nævneværdige mængder i vandløbene på Øerne og i Østjylland, så er årsagen den, at forvitringen og udvaskningen her ikke er så vidt fremskreden. Mangan holdes her tilbage i kalksedimenterne, der langsomt omdannes til jern- og mangansedimenter, men endnu har et pH på omkr. 8. Under forskellige forhold vil der overalt i landet i dybere liggende jordlag afsættes jern og mangan i form af konkretioner eller som udfyldning i jordlagene.

#### *Årsvariationer i afstrømningsvandets indhold af opløste stoffer*

I forbindelse med de omfattende hydrologiske undersøgelser, der foretages fra Odense Vandværk, er der i forskellige vandløb på Fyn igennem en årrække månedlig udtaget vandprøver til kemiske analyser. Direktør G. O. ANDRUP har velvilligt stillet dette materiale til rådighed, og en bearbejdning har givet interessante oplysninger.

Det viser sig, at indholdet af opløste stoffer i vandet varierer stærkt med årstiden. Tager man f. eks. sulfat, så finder man, at maksimumsindholdet indenfor en årrække indtræder i perioden oktober–januar (fig. 3). Forklaringen må være den, at der i den tørre tid foregår en iltning af svovl



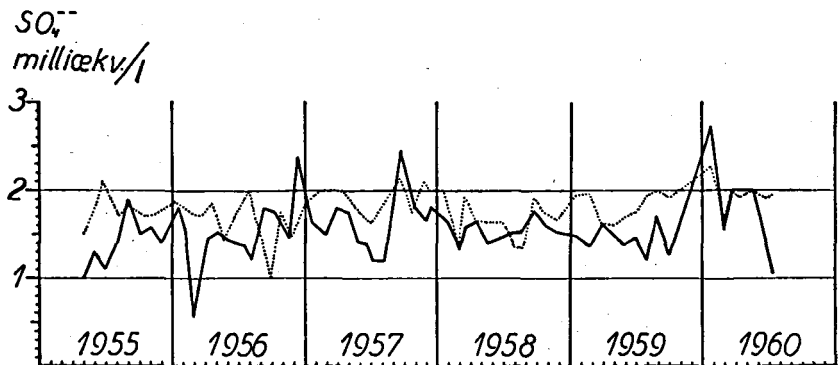


Fig. 3. Variation af indhold af  $\text{SO}_4^{2-}$  i fynske vandløb.  
 — Holmehave bæk.  
 ..... Lindved å.

i svovlrige aflejringer indenfor afstrømningsområdet. I løbet af efter-sommeren og efteråret, alt efter nedbørens størrelse, mættes de udtørrede jorder med vand, og når jorden er vandmættet, begynder afstrømningen og dermed udvaskningen af de i sommerens løb ophobede opløselige stoffer og forvitningsprodukter. Ved begyndende afstrømning har vandet derfor den største saltkoncentration, og på det tidspunkt har afstrømningsvandet 2–3 gange så meget opløst sulfat, som i perioder med lavt sulfatindhold på samme sted. Der er en ganske tydelig korrelation mellem nedbør — afstrømning og sulfatindholdet i vandet. Ekstreme klimaforhold giver sig tydeligt til kende på sulfatkurverne. (1958 meget fugtig, derfor ingen maksimum). Også andre opløste stoffer viser ved disse undersøgelser store variationer, og det viser, at man ud fra enkelte analyser fra vandløb må være meget forsigtig med at drage omfattende slutninger, især for områder, hvor den naturlige ligevægt er forstyrret. På Fyn er der uden tvivl i de senere år foregået en sænkning af vandspejlet.

#### *Udvaskningen i relation til nedbørsmængden og jordens vandholdende evne*

De store variationer for nedbøren i landets forskellige egne i forbindelse med den noget mindre fordampning i de regnrige områder, samt forskel i de forskellige jordarters vandholdende evne, må dog også øve indflydelse på forvitningsintensiteten.

Fra landøkonomisk side gøres der en betydelig indsats for at klarlægge vandbalancen i de øvre jordlag (ASLYNG 1958 og 1960). Figur 4 illustrerer vandbalancen under ekstreme forhold, nemlig 1) jord med stor vandholdende evne og ved lav nedbør, samt 2) jord med lille vandholdende evne og stor nedbør. Tallene i profilerne angiver vandindholdet i den vandmættede jord; tallene i parentes vandindholdet efter udtørring. Der må blive en stor forskel på udvaskningen, ikke alene på grund af forskellen i nedsivningen, men også fordi denne i det ene tilfælde kun er en brøkdel

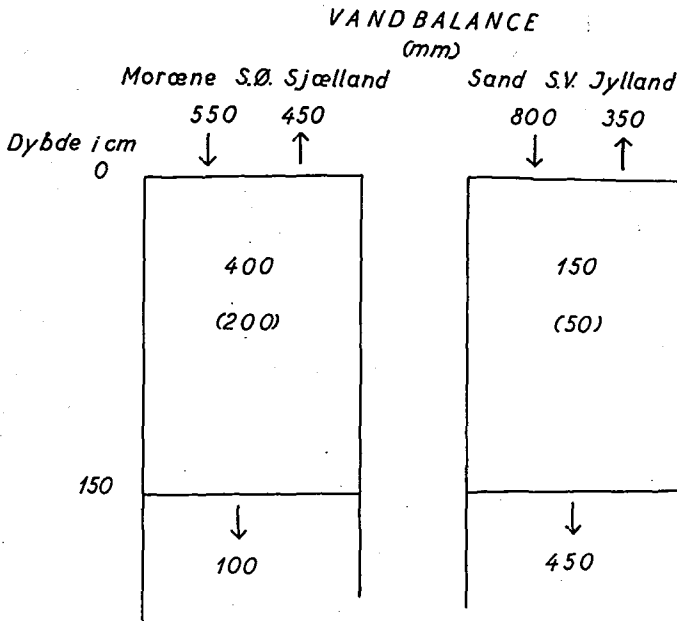


Fig. 4. Diagram over vandbalance i de øvre jordlag ved forskellig jordbund og klima.

af jordens vandholdende evne, i det andet tilfælde flere gange jordens vandholdende evne.

Variation i klima og forskellige kulturforanstaltninger vil påvirke vandbalancen i de øvre jordlag og dermed øve indflydelse på den geokemiske udvikling.

Undersøgelserne over den geokemiske udvikling i vor jordbund frembyder mange problemer på grund af de mange og varierende forhold, der over indflydelse herpå; og det er ikke muligt her at komme ind på dem alle.

Når således den sure front er længst fremskreden i Midt- og Vestjylland, så kan dette føres tilbage til flere forhold: Tiden, jordbunden (bl. a. de mange steder højtliggende svovlholdige miocæne aflejringer) og klimaet (stor nedbør). Når den sure front er trængt mindst frem på morænefladerne i Sydsjælland og på Lolland-Falster, er årsagen ikke alene jordbunden, men også den lavere nedbør. Imellem disse to yderpunkter har man de mere kuperede egne af landet, der er aflejret under den sidste istid. Her finder man ofte stærk vekslen mellem sand, grus og ler, meget varierende hydrologiske forhold og derfor også mange lavninger udfyldt med tørv, dynd og mere eller mindre jern- og manganholdige kalksedimenter. Under disse forhold er den sure front lokalt trængt ret stærkt frem, særlig i forbindelse med vandspejlsænkninger, men det dybere grund-

vand og vandet i større vandløb vil altid have en betydelig alkalitet. Indenfor disse områder finder man også de største skovarealer, og det ser ud til, at skoven stimulerer den sure front, idet der findes sure søer i Rold Skov, Grib Skov og skovene på Sydfyn.

Denne forskel på skov og ager kan også helt eller delvis skyldes de meget betydelige mængder af kalk og mergel der i de sidste 100 år er tilført de dyrkede arealer, hvor man de fleste steder tilstræber et pH på omkr. 7 i de øvre jordlag.

Forvitringen og den geokemiske udvikling er en sag, der berører os alle. Den øver indflydelse på jordens dyrkningsværdi, den er bestemmende for overfladevandets kemiske tilstand, der igen er bestemmende for de biologiske forhold, og den påvirker grundvandet, der danner udgangspunkt for vor vandforsyning. Endvidere har den sure front og dens fremrykning interesse i forbindelse med den stigende anvendelse af beton og metal i jorden, idet den kan give anledning til korrosion, der i visse tilfælde kan fremkalde alvorlige gener.

Der knytter sig således store samfundsøkonomiske interesser til disse forhold, og der kan næppe være tvivl om, at forudgående geokemiske undersøgelser i mange tilfælde vil være af værdi i forbindelse med dispositioner, der øver indflydelse på, eller er afhængige af den sure front.

#### LITTERATUR

- ANDDRUP, G. O., 1960. Odense-egnens vandforsyning i relation til de geo-hydrologiske forhold i Fyn. Andelsbogtrykkeriet. Odense.
- ASLYNG, H. C. og K. J. KRISTENSEN, 1958. Investigations on the Water Balance in Danich Agriculture. II. 1953-57. Den kgl. Veterinær og Landbohøjskoles Aarsskrift. 1958.
- CHRISTENSEN, WERNER, 1961. Nogle geokemiske betragtninger. Den sure front. Hedeselskabets Tidsskrift. nr. 6, 1961. Viborg.
- og ALICE KJÆR, 1961. Danske vandtypers indvirkning på Beton. Ingeniøren. Nr. 4. 1961. København.
- Hedeselskabet, 1960. Hydrometriske undersøgelser. 1950-55. 8. beretning. Viborg.
- HEM, J. D., 1960. Restraints on Dissolved Ferrous Iron Imposed by Bicarbonate Redox Potential and pH. Geological Survey. Water-Supply Paper 1459-B. Washington. 1960.
- 1960. Some Chemical Relationships Among Sulfur Species and Dissolved Ferrous Iron. Geological Survey. Water-Supply Paper 1459 C. Washington.
- KJÆR, ALICE og G. M. IDORN, 1959. Metoder til bestemmelse af vands kalcium-karbonatopløsende evne. Ingeniøren. Nr. 14. 1959. København.
- LAATSCH, W., 1957. Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. Dresden-Leipzig.
- MASON, BRIAN, 1952. Principles of Geochemistry. (Håndbog). John Wiley and Sons, Inc. New York. Chapman and Hall, Limited, London.
- SORGENFREI, THEODOR og OLE BERTELSEN, 1954. Geologi og Vandboring. D.G.U. III. Række, nr. 31.
- ØDUM, H og WERNER CHRISTENSEN, 1936. Danske Grundvandstyper og deres geologiske Optræden. D.G.U. III. Række, nr. 26.