

mm. Litt snø kom det i november, men den ble ikke liggende. Omkring jul kom det en del snø, men den ble og uvarig. Først på nyåret ble det så kaldt i været at snøen ble liggende.

Mære 14. februar 1945.

EN KRITISK VURDERING AV FORSKNINGSRESUL- TATENE INNEN DET ORGANISKE JORDMATERIALES KJEMI.

Prøveforelesning for den landbruksvitenskapelige doktorgrad, holdt ved Norges Landbrukshøgskole den 15. desember 1944 (oppgitt emne).

Av kjemiingeniør Anders A. Hovden.

Når jeg skal gi en kritisk vurdering av forskningsresultatene innen det organiske jordmateriales kjemi, og dette skal gjøres i en enkelt forelesning, så er det sjølsagt at en må nøye seg med å angi hovedretningslinjene innen denne sammensatte forskningsgren og søke å vise hvilket standpunkt den kjemiske forskning på dette felt i dag inntar.

Studiet av jordens organiske materiale — eller humusen. som det også kalles — strekker seg over et tidsrom av minst 160 år. De første undersøkelser av torvas kjemi ble offentliggjort omkring 1785. (Bennie 1784, Achar d 1786).

Etter Sprengels omfattende studier (1826) begynner «humuskjemien»s litteratur å vokse raskt. Man tilla som bekjent humusen en nesten mystisk rolle i jorda på den tid. Studiet av jordas organiske substans tar altså sin begynnelse i den organiske kjemis første tid, da en antok at alle stoffer var enkelt sammensatt. Tidlig gjorde derfor den retning seg gjeldende at den organiske substansen (humusen) i jorda måtte være relativt enkelt sammensatt. Flere forskere gikk inn for å isolere denne hypotetiske humussyre (ulmin, crensyre, apocrensyre og andre navn ble brukt). Det mer (1871) mente allerede å ha bestemt denne syre, som han gav bruttoformelen $C_{10}H_{16}O_{27}$, og denne mente han var en vesentlig bestanddel av det organiske materialet i jorda. Det var alkaliekstrahert organisk materiale han arbeidet med. Kvelstoff påviste han og trodde det var en forurensning. Dette var alminnelig antatt i lang tid etterpå.

Tross det veldige arbeid som er nedlagt for å søke å isolere denne humussyre så har det aldri lyktes å bevise dens virkelige eksistens som en organisk veldefinert molekylarforbindelse. (Hele den lange utvikling som er skjedd må jeg hoppe over).

Vel den siste som forsøkte å bevise den alkaliekstraherte humus-

syres eksistens, og det med et meget omfattende og grundig arbeid, var den svenske kolloidforsker Sven Odén (1919). Senere (1932) forandret han sitt syn fra 1919, og skriver om humussyrene: «deras 4-basiskhet er med all sannolikhet et misstag.»

Og enda var det ikke så rart at han kunne tenke seg humussyren som en virkelig veldefinert molekylarforbindelse, fordi — som vi senere skal se — etter den bestemte ekstrahering som han har gjennomført er sluttproduktet temmelig konstant (Hoppe-Ceyler, van Bemmelen, Baumann og Gully m. fl.).

Samtidig har det foregått en annen utvikling parallelt med den som Odén representerer, nemlig den rene organisk-kjemiske isolering av forskjellige veldefinerte forbindelser fra det organiske materialet i jorda (særlig Bureau of Soils, Schreiner og Shorey og medarbeidere).

Det organiske materialet i jorda befinner seg i en stadig dynamisk tilstand som helhet betraktet. Det tilføres stadig nytt stoff til jorda, og det forbrukes stadig stoff. Mange forskere har avvist tanken på at det organiske materialet i jorda, humusen, skulle gå mot visse veldefinerte stabile sluttprodukter. De hevder at jorda er den store smeltedigel eller naturens mage og fordøyelseskanal, hvor de organiske stoffer er i en stadig foranderlig tilstand. Stebutt (1929) sier f. eks.: «Humusspørsmålet er spørsmålet om utforskning av variable fenomener. Til det trenges visse metoder — analogt med i matematikken — som analyserer konstante og variable størrelser etter forskjellige metoder. Det mangler i hele jordlæra, men særlig i humuskjemien, metoder til å undersøke den evig variable.»

Dette er vel for pessimistisk sagt. Den moderne kjemi har metoder, selv om spørsmålet kan være floket og trenge sin tid til løsning.

I det organiske jordmaterialets kjemi har likesom generasjonene hatt sine spesielle arbeidshypoteser.

I vår tid er det nye synsmåter i forgrunnen, særlig ligninprotein-teorien, som betoner sterkt samspillet mellom kjemiske og biokjemiske omsetninger i jorda (Waksmann 1938).

Forskerne har alltid erkjent humusstoffenes sammensatte natur, men dermed opphører også ofte enigheten. Den kjemiske forskning står her overfor et vidt forgrenet felt og omfatter nær sagt alle grener av kjemien, fra ren organisk kjemi (konstitusjonskjemi), kolloidkjemi, fysikalsk kjemi, biokjemi etc. Studiet av jordas organiske stoff griper også sterkt inn i en rekke fagområder innen de anvendte fag.

Tallrike undersøkelser fra landbruksforskning, myrforskning, skogsjordundersøkelser etc. befatter seg med det organiske materialets kjemiske og biokjemiske omsetninger. Det organiske materialets rolle ved utformingen av visse jordtyper er velkjent. Det er

et samspill mellom klimatiske, geologiske, topografiske og kjemiske og biokjemiske faktorer. Det organiske materialet i jorda er blitt kalt humus (foruten en del andre navn) helt fra første tid, men dessverre stadig i forskjellig betydning, selv i dag. Waksman definierer: alt dødt organisk materiale er = humus, selv det som ligger på jorda, som blad etc.

N. J. F.s nomenklaturnorm (1929) bruker den samme definisjon (Gårder, 1938, holder seg til denne).

Maiwald (1931) går ikke med på en slik definisjon og definerer:

$$\begin{array}{l} \text{Organisk stoff} \\ \text{i jorda} \end{array} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Døde, uforandra avfallsstoffer,} \\ \text{rester fra plante- og dyreriket} \\ \text{inkl. levende og døde mikro-} \\ \text{organismer i jorda).} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Organiske jord-} \\ \text{bestanddel i} \\ \text{engere forstand.} \end{array} \right\}$$

$$A = B + C$$

De uforandra utgangsstoffene er i sin kjemiske natur forholdsvis godt definerte organiske substanser — cellulose, pektinstoffer, lignin, eggehvitestoffer, fett, voks osv.

Så snart dette materialet kommer i jorda begynner vann, surstoff og mikrober å virke, og stoffene omsettes mer eller mindre.

Den videre oppdeling av C etter Maiwald blir da:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Organiske jordbe-} \\ \text{standdeler i engere} \\ \text{forstand} \end{array} \right\} = \text{Humusledsagere} + \text{«Ekte humusstoffer»}.$$

Hesselmann (1912) innførte navnet førna på det som svarer til B, altså det organiske materialet før dette nedbrytes til strukturløs amorf substans. Først når jorda opptar førnan blir den regnet til humusen.

Vi ser altså bare ved noen få eksempler at det ikke fins noen ensartet nomenklatur eller definisjon. Bruker en Maiwalds definisjon på organisk stoff, så stemmer det altså ikke med vår vedtatte norm.

Retningslinjene innen utforskningen av det organiske jordmaterialets kjemi har i hovedtrekkene vært disse, uten at et virkelig skarpt skille kan dras:

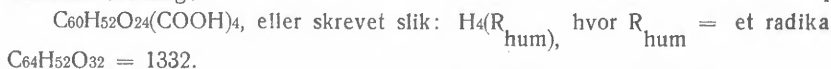
- A. Forskning etter det vi i dag vil kalle kolloidkjemiske retningslinjer, idet de forskjellige utfraksjoneringer av organisk materiale etter deres dispergerbarhet i alkali- eller syreoppløsninger, deres fellbarhet (isoelektrisk) har vært brukt til karakterisering av det organiske materialet.
- B. Utforskning av jordas organiske materiale etter mer rene organisk-kjemiske metoder, og da særlig ved å isolere kjente kjemiske forbindelser i det samlede komplekse materialet, og dessuten identifisering av de enkelte stoffer ut fra kjennskapet til utgangsstoffenes sammensetning under hensyntaking til de forandringer de kan tenkes å ha gjennomgått i jorda.

- C. I tilknytning til kjemiske har vært brukt bio-kjemiske metoder, særlig i den senere tid, idet mikroorganismenes betydning for de kjemiske omsetninger er dradd i forgrunnen.
- D. Forskninger av blandet slag. Fysikalsk-kjemiske spesialundersøkelser, humusstoffenes spesielle kolloidkjemi, forsøk med modellsubstanser som ligner humusstoffene, f. eks. grafittsyre. Under dette avsnitt faller en meget stor rekke undersøkelser av meget forskjellig slag.
- E. Mer analytisk-kjemisk forskning for å nå fram til enkle metoder som kan tjene den praktiske humuskjemi, til karakterisering av jordas organiske materiale etter mer praktiske retningslinjer.
- F. Til slutt kjemiske undersøkelser av det organiske materialets innvirkninger på jorda som hele, dets samspill med de uorganiske kolloidbestanddeler. Altså ikke egentlig kjemisk forskning av det organiske materialet som sådant, men materialets samlede innvirkning på jordsmonndannende prosesser og andre prosesser som er viktige i jorda.

Den siste gruppe er meget omfattende, og med den inkludert skulle det meste av humusforskningen være med. Den siste gruppe vil dog ikke bli behandlet her annet enn sporadisk, idet jeg innskrenker denne vurdering av forskningsresultatene innen det organiske jordmateriale til den mer rent kjemiske forskning.

En må likevel ha for øye at inndelingen er ikke helt reell, idet undersøkelser fra en gruppe ofte griper inn i andre grupper. Under vurderingen her vil det ikke være mulig å holde strengt på inndelingen.

Som alt nevnt så har det vært arbeidet mye med spørsmålet om å finne fram til den hypotetiske humussyre som en grunns substans i jordas *matière noire* (Grandeau, 1878). Denne rastløse søkning etter denne antatte nokså enkle syre er til dato ikke lyktes, simpelthen fordi den ikke synes å eksistere. Odén forfektet (1919) at humussyre ekstrahert og rensert på en bestemt måte er en virkelig veldefinert 4-basisk syre med følgende bruttosammensetning:



Det er ikke her plass til å gå inn på alle hans (og andre forskeres) forsøk med denne humussyre. Den sterke syrenatur er i alle tilfelle interessant og er i god overensstemmelse med humusens egenskaper som *acidoid*.

Til å begynne med antok Odén at syren var 2-basisk, deretter 3-basisk, så 4-basisk. Til slutt erklærte han, som nevnt, også dette for «et misstag».

Odén har vært bundet til det syn som gjorde seg gjeldende tidligere, nemlig at humussyren eksisterer, bare vi finner den! Naturligvis eksisterer den *acidoid* som han har funnet, bare med

den forskjell konstitusjonskjemisk at det er lite sannsynlig at det er en veldefinert molekylarforbindelse med en støkiometrisk formel. Men derimot er det jo ikke sikkert at syren har eksistert i samme styrke i jorda. Alkalibehandlingen kan — som vi skal se — medføre at acidoidinnholdet tiltar.

Også Odén kom til den slutning at kvelstoffet var til stede som forurensning, slik som Detmer 50 år tidligere.

Den vitenskapelige utforskning av det organiske jordmaterialets kjemiske natur står overfor den store prinsipielle vanskelighet at utgangsmaterialet for undersøkelsene først må isoleres fra jordmaterialet, hvor det foreligger sammen med enno uomsatt organisk materiale, humusledsagere, og oftest sterkere eller svakere bundet til uorganiske kolloider i mikro-pedo-sfæren i jorda.

Allerede Berzelius brukte alkalier og alkohol under utvinningen av det organiske materialet i jorda (cren- og apocrensyre). Vi kan godt si at den metode til å skille ut fraksjoner av det organiske materialet i jorda som har vært nesten enerådende i hele forrige århundre, og for så vidt også lenger, har vært behandlingen med alkalier, enten Na-hydrokssyd eller ammoniumhydrokssyd (Grandeau). Vanligvis gikk en ut fra humusrik torv når undersøkelsesmateriale skulle utvinnes. Den mest brukte utvinningsmetode har vært denne, særlig representert ved Odén.

Tabell 1. *Odéns inndeling av humussyrene:*

- I. Det organiske materialet som ikke angripes av alkalier (humuskull, humin).
- II. Det organiske materialet som ekstraheres av alkalier og som atter felles ut av syrer (humussyrer).
- III. De vannløselige humussyrer som ikke felles av mineralsyrer (Odéns fulvosyrer).

Gruppe II deles atter opp i:

- a) Den humussyre som er løselig i alkohol (hymatomelansyre).
- b) Den humussyre som er uløselig i alkohol («den egentlige humussyre»).

Denne siste humussyre er det hovedsakelige utgangsstoff for mange av de forskninger som er gjort over «humusens natur».

Etter min mening er her rettere å si: Naturen til den organiske fraksjon som er framstilt på den bestemte måte med jordas organiske materiale som utgangsstoff. Det er denne humussyre Odén har gitt den formel som jeg omtalte.

At Odén og mange andre forskere i sin søkning etter denne humussyres «virkelige» konstitusjon — trass i det at den ikke synes å eksistere som molekylarforbindelse — har gjort humuskjemien store tjenester, er sikkert nok.

Odén innførte for å rense sine kolloider elektrodialytiske metoder. Det er på hans erfaringer Løddesøl (1932) bygger videre ved konstruksjon av sitt elektrodialyseapparat. Her kan visse dispergerbare humussyrer fraksjoneres i intermediære kamre med visse membraner og underkastes et nærmere studium. Odéns humussyre (II b i tab. 1) har et kullstoffinnhold på ca. 58 %, mens hymatome-lansyre har noe over 60 %, og humuskull har ca. 65 %. Fulvosyrene har et lågere C-innhold og mer variabelt. Odén mente heller ikke at fulvosyre var annet enn stoffgrupper av vekslende sammensetning.

Som kjent så regnes ved totalkullstoffbestemmelser i jord med 58 % som vedtatt norm. Det svarer til en «humus»-faktor på 1,724. Det er faktisk denne stabile humusfraksjon (II b i tab. 1) som legges til grunn ved utregningen av jordas humusinnhold. Det hele blir naturligvis en rent konvensjonell metode. Allerede Sprengel fant 58 % C, og langt senere gikk i lang tid faktoren 1,724 under navnet «van Bemmelen-faktoren», fordi han brukte den meget.

Jeg kan f. eks. nevne at Gårder (1938) har vist at i Vestlandsjordas humus er faktoren for liten, idet totalkullstoffinnholdet fantes å være ca. 55 % i humusen ($f = 1,80$). Allerede Berthelot og André fant 56 % i II b-fraksjonen.

I mineraljord med en velomdannet humussubstans er C-innholdet i det organiske materialet i nærheten av 58 %, mens myrjord og myr har en humus med lågere C-innhold (hemiselluloser og selluloser).

Waksman m. fl. finner at i råhumusjord må en enda større faktor brukes ($f = 1,86$).

Det er ikke å undres over at her finnes til dels store variasjoner i C-innholdet i humusen. Vi har jo ikke med virkelige molekylarforbindelser med støkiometriske formler å gjøre, bare visse stabile komplekser framstilt på en spesiell måte av organisk materiale fra til dels svært forskjellig utgangsmateriale. En annen ting er at de eldre forskere trodde de hadde molekylarforbindelser for seg. De var i god tro.

Den forskningsretning som Odén representerte går altså den veg å anstrenge seg for å utvinne et mest mulig rent preparat fra jordens organiske materiale, og så tar de denne som en fullverdig representant for jordas humus og bruker den som utgangsmateriale for organisk-kjemiske konstitusjonsbestemmelser og andre undersøkelser, hvis resultater de så mener gjelder all humus.

Det er sikkert ingen tilfeldighet dette. Humussyren (II b i tab. 1) er den av fraksjonene i Odéns inndeling som lar seg framstille med mest konstant sammensetning. Schreiner og Shorey (Bureau of Soils, Amerika) har vist ved inngående organisk-kjemiske forskninger at den har færre humusledsagere (jfr. Mairwalds definisjon) enn hymatomelansyre og fulvosyrefraksjonen.

Schreiner, Shorey og medarbeidere representerer den mer rene organisk-kjemiske retning i humusforskningen. De søkte å oppklare konstitusjonen hos de organiske forbindelser i jorda ved å prøve å finne igjen kjente organiske grupper i den alkaliekstraherte og syrefelte humussyre. Det har lyktes å isolere et meget stort antall enkelte velkjente organiske forbindelser i Odéns syrer (jfr. tab. 1). Det viser oss at Odén har hatt kolloide stoffgrupper av stabil form og ikke molekylarforbindelser. Schreiner (1928) betoner sterkt at en ikke må regne med en nøyaktig bestemt kjemisk tilstand hos det organiske jordmateriale i det hele tatt. Det er en dynamisk likevektstilstand, avhengig av de nye tilførte stoffgrupper, eventuelle endringer i jorda ved kulturinngrep etc. og ledsagende endringer i den mikrobielle virksomhet.

Schreiner og medarbeidere viste at de fleste humusledsagere fantes i fraksjon III (Odéns fulvosyre), det sure ekstraktet. Nesten alle klasser av organiske stoffgrupper fantes der. Alkoholier, sukkerarter og fettarter, urinstoffderivater, benzolderivater, heterocykliske og komplekse forbindelser. Også i fraksjon II a, hymatomelansyren, fantes en rekke humusledsagere. De færreste fantes, som en vel da kunne vente, i det stabile system som heter humussyre II b i Odéns inndeling.

Og alle disse stoffgrupper fant de amerikanske forskere i organisk materiale fra mineraljord med bare et middels innhold av organisk substans. Når jeg samtidig kan peke på at det i organisk materiale i jorda er funnet et meget stort antall metalkationer som B, Mn, Zn, Co, Ni, Ag osv. (p. gr. av humussubstansens utpregede evne til å holde fast på kationer i det hele tatt), ja, så forstår en at det er meget i det som enkelte forskere hevder: nemlig at jorda er naturens store fordøyelseskanal, og at en i det organiske materialet i jorda finner igjen et stort antall byggestener både fra den organiske og den uorganiske kjemi, fra plante- og dyrerester.

Den gamle Thaers (1808) humusteori som rådet grunnen før Liebig's dager (1842) er kanskje ikke så ille likevel. Plantene finner noe av hvert i jordas organiske materiale, forresten og så plantegifter. Schreiner og Shorey (1910) har påvist forskjellige aldehyder, vanillin, bensoesyre osv. Virtanen (1932) har vist at plantene kan oppta aminosyrer direkte, f. eks. asparaginsyre. Den moderne forskning har på en måte slått ei bru mellom Thaers humusteori og Liebig's mineralteori. En kan i dag si at begge retninger var for ensidige.

Mot alkaliekstraheringen har det hevet seg røster med tungtveiende grunner: nemlig at hele humuskomplekset under ekstraheringen med alkali undergår en kjemisk og ikke bare en kolloidkjemisk omforming. Schrader (1922) undersøkte naturlige humusstoffer og fastslo at i nærvær av alkalier foregår en autoksydasjon under sterk surstoffopptaking. Shorey (1930) har vist det

samme. Andre nyere undersøkelser viser at acidoidinnholdet øker ved alkalibehandlingen. (Mattson og Koutler-Anderson, 1941). Jeg pekte på at det derfor ikke er sikkert at Odéns humussyre (jfr. formelen) har foreligget slik i jordbunnen. Men at også humusen i naturlig jord har sterke acidoide egenskaper er helt sikkert.

Sokolowski (1925) hevder at naturlige humussyrer fra jorda enda ikke er undersøkt, tross den umåtelige humuslitteratur som foreligger. Det er vel kanskje stridt sagt, men en må gi ham mye rett.

Forts.

STATSGARANTI FOR AVSETNING AV BRENTORV PRODUSERT 1945.

Landbruksdepartementet, Kontoret for Innenlandsk Brensel, melder i kunngjøring av 20. februar 1945:

For å sikre størst mulig produksjon av brenntorv i kommende driftstermin har Staten besluttet å garantere omsetning av inntil 150.000 m³ maskintorv samt stikktorv som blir tilvirket etter pålegg av det offentlige. Garantien vil omfatte den del av årets produksjon som ikke er omsatt innen 1. april 1946. De produsenter som ønsker garanti, må sende søknad til Landbruksdepartementet, Kontoret for Innenlands Brensel, innen 1. juli 1945.

Hvis det innen fristens utløp skulle bli innmeldt mer enn 150.000 m³ torv, vil de innmeldte kvanta bli å redusere etter Landbruksdepartementets nærmere bestemmelser. Vidre vil ethvert salg av torv komme til fragdrag i det garanterte kvantum, slik at garantien faller bort etterhvert som torven selges.

Produsentene må underkaste seg den kontroll som Landbruksdepartementet finner påkrevd. Videre må produsentene følge de bestemmelser som fastsettes for behandling og levering av torv som skal overtas i henhold til garantien. Torven må således ikke opplegges i stakk under bar himmel uten at stakken har forsvarlig tak av trelemmer o. l. som sikrer torven mot fuktighet ovenfra og mest mulig også fra sidene. Likeledes må torven på forsvarlig måte være beskyttet mot fuktighet fra grunnen ved hensiktsmessig underlag. Garanti ytes ikke for torv som bare har vært oppkastet i haug under åpen himmel. Heller ikke for torv som er produsert så sent eller behandlet slik at den ikke formålstjenlig kan transporteres med bil eller bane.

Hvorvidt det skal ytes garanti for et torvparti i henhold til ovenstående, avgjøres med bindende virkning av Landbruksdepartementet eller den det bemyndiger.

Det minste kvantum torv som overtas er 20 — tyve m³.