
Moldrainage in klei- en veengronden

Waterafvoer door preferente stroming via kunstmatige scheuren en gangen

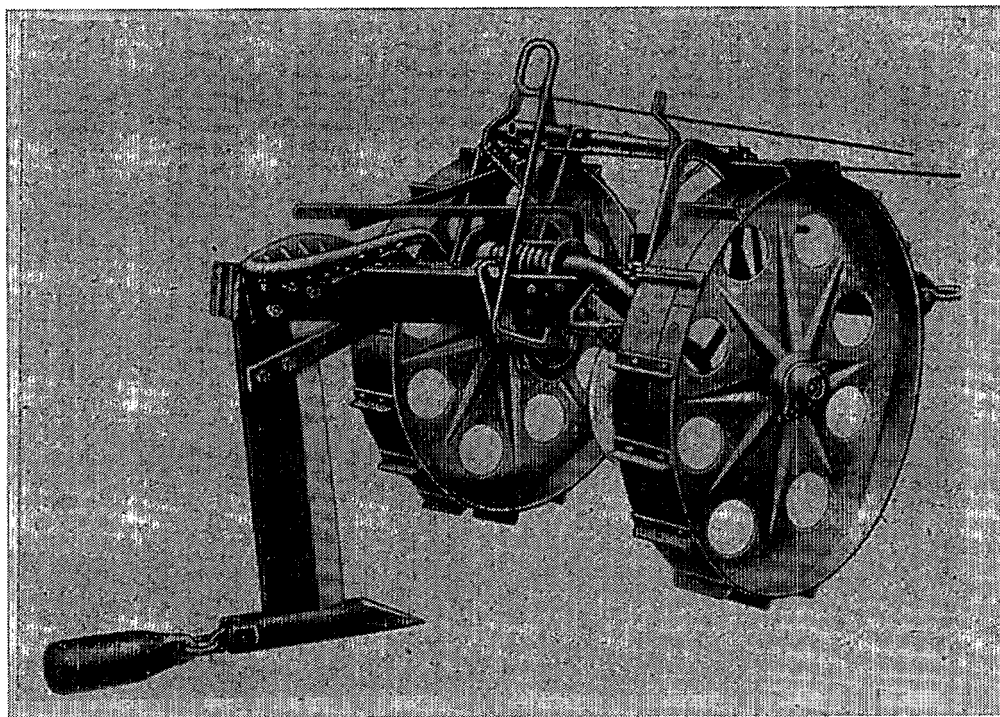
Louis W. Dekker

De eerste stap naar sleufloze drainage was de invoering van de moldrainage. Deze methode werd al op het einde van de 18^e eeuw in Engeland toegepast. Bij moldrainage worden met een molploeg, die voorzien is van een verticaal mes en een kogel, gangen in de grond getrokken voor de afvoer van water. Spoedig na de Engelse uitvinding vond deze methode ook toepassing in kleigronden in Amerika, Australië en Nieuw-Zeeland. Op het vasteland van Europa, inclusief ons land, kwam de aanleg van moldrainage in landbouwgronden veel later, namelijk pas in 1925, uitgebreid op gang. Tegenwoordig past men moldrainage in combinatie met buizendrainage nog volop toe in slechtdoorlatende kleigronden in Engeland, Wales en Ierland. De scheuren die de molploeg in de klei maakt, zorgen voor de afvoer van water naar de molgangen. Lichtere gronden en kleigronden van wisselende samenstelling zijn niet geschikt voor moldrainage, omdat de molgangen zeer snel instorten. Sinds de jaren dertig hebben diverse onderzoekers experimenten uitgevoerd om de molgangen te verstevigen en van buizen te voorzien. Een opeenvolging van experimenten leidde uiteindelijk tot de ontwikkeling van de sleufloze drainage met ribbelbuis.

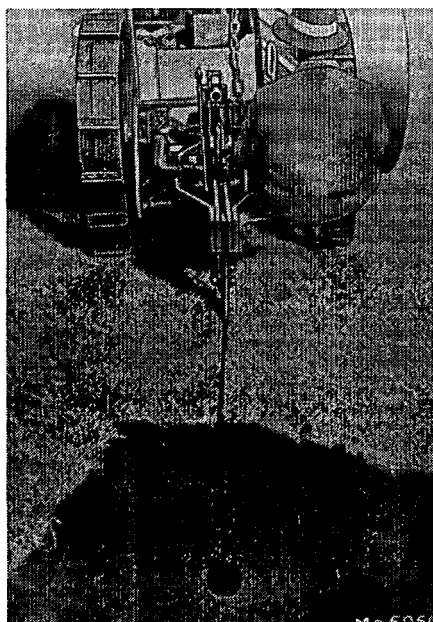
Moldrainage in kleigronden

Het is een dure aangelegenheid om zware kleigronden met een slechte doorlatendheid met buizen te draineren, omdat voor een goede ontwatering de vereiste afstand tussen de drainereksen bij deze gronden zeer gering is. Moldrainage is dan een goed alternatief vanwege de geringe installatiekosten. Bovendien verbetert moldrainage de structuur en de doorlatendheid van zware kleigronden (Donnan en Schwab, 1974). Onder moldrainage wordt verstaan het maken van gangen in de grond waardoor het overtollig water kan wegvloeiën. Het principe is gelijk aan dat van de buizendrainage. Er wordt echter geen gebruik gemaakt van buizen en er behoeven geen sleuven te worden gegraven. Doorgaans worden de gangen in de grond op geringe onderlinge afstand van 3 à 5 m en op geringe diepte (60 à 80 cm) getrokken. Aangezien de gangen niet bekleed worden, komen alleen vormvaste gronden (klei zonder zandlagen en vast veen) voor moldrainage in aanmerking. Op de Engelse bodemkaarten worden de geschiktheden voor moldrainage aangegeven in vier klassen

Dr. Louis W. Dekker is werkzaam bij: Afdeling Bodemfysische Transportverschijnselen, DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO), Postbus 125, 6700 AC Wageningen, Tel: (0317) 474267, Fax: (0317) 424812, E-mail: L.W.Dekker@sc.dlo.nl.



Figuur 1: Talismann, de molploeg die onder meer werd ingezet in het kleigebied van de Donau in Zuid-Duitsland (Foto, Schirmer en Calaminus, 1956).



Figuur 2: De Talismann in actie bij de moldrainage van een Duitse kleigrond (Foto, Schirmer en Calaminus, 1956).

(Hodge e.a., 1984; Jarvis e.a., 1984). Bij klasse 1 is de grond zeer geschikt en kunnen de molgangen meer dan 10 jaar meegaan. De verwachte levensduur van de molgangen is in gronden met klasse 2 3–10 jaar, met klasse 3 1–3 jaar, terwijl de gronden met klasse 4 ongeschikt zijn voor de aanleg van moldrainage.

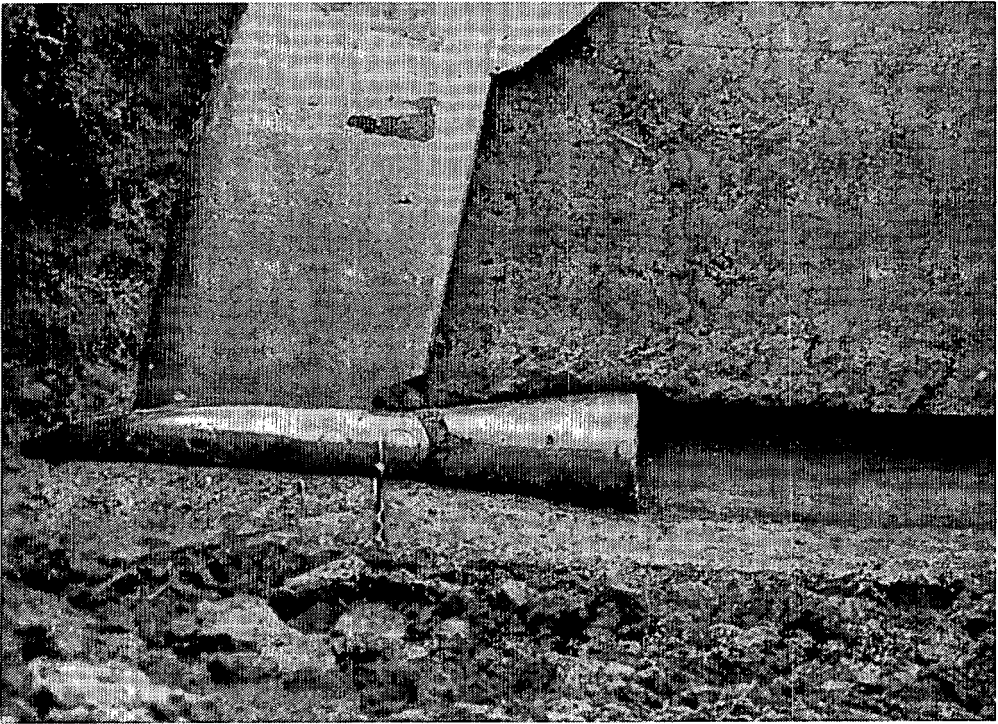
Moldrainage gebeurt met een molploeg die bestaat uit een bovenbouw en een verticaal mes. Onder aan het mes bevindt zich een verdikking met spitse punt, waaraan door middel van een kettinkje de kogel of mol is verbonden (figuren 1 en 2). Het mes wordt op de gewenste diepte aan de slootkant ingezet, de cilinder maakt de molgang en de molgang wordt glad gestreken en geconsolideerd door de kogel (figuur 3).

In Engeland is moldrainage traditioneel een behandeling van bouwland. De molgangen worden hierbij meestal getrokken op een diepte van 45 à 60 cm en op een onderlinge afstand van 2 à 3 m. In de Engelse kleigraslanden bedraagt de afstand tussen de gangen meestal slechts 1 à 2 m (Hodge e.a., 1984). Dit betekent dat in deze gronden per ha 5 tot 10 km onderaardse gangen worden aangelegd. De diameter van de mol is meestal 3,5, 6,5, 7,5 of 10 cm, waarbij de kleinere afmetingen voor ondiepere drainages worden gebruikt (Bowler, 1980). Molgangen hebben evenals drainreeksen een helling van 10 à 20 cm per 100 m nodig. Het doel van moldrainage is het vormen van een stelsel stabiele kanalen en het bevorderen van de beweging van bodemwater er naar toe door een systeem van scheuren boven de gangen te laten ontstaan. Het trekken van de molploeg door de grond gaat gepaard met het oplichten van de grond, waarbij de dichte klei wordt opengebroken (Hudson en Hopewell, 1950; Bowler, 1980). Heel belangrijk hierbij is dat de grond aan beide zijden van de gemaakte snede scheuren gaat vertonen over een afstand van 30 à 60 cm en tot op de diepte van de getrokken molgang (figuur 4). Het scheurpatroon dat zich vormt, hangt samen met het bodemvochtgehalte tijdens de uitvoering, terwijl ook de maat van de ploeg en de dikte van het ploegblad een belangrijke rol spelen.

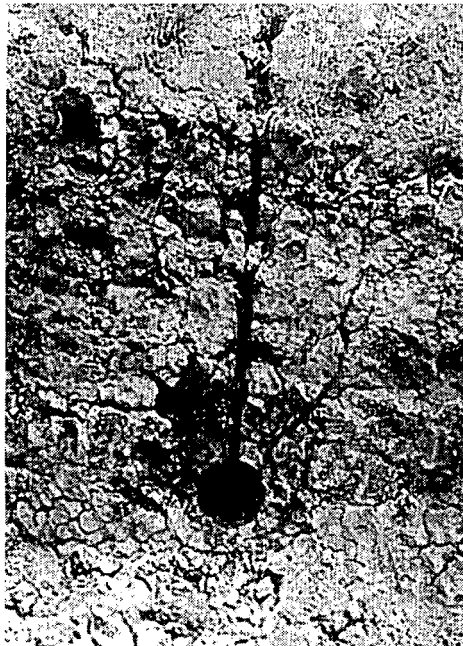
Historie en verbreiding van moldrainage

Moldrainage is evenals kleibuizendrainage een Engelse uitvinding. Een soort voorloper van de moldrainage werd al in 1724 beschreven in 'The Practical Fruit Gardener' (Nicholson, 1953). Bij deze zogenoemde 'Plug'-drainage werd een nauwe sleuf gegraven en een langwerpige plug, in casu een cilinder met een lengte van 1,2 m, op de bodem van de sleuf gelegd. Om de cilinder werd klei aangebracht, waarna de cilinder eruit werd getrokken. De volgende werd ertegen aangelegd en weer met klei omgeven, zodat geleidelijk een molgang ontstond. Op bepaalde afstanden werden gaatjes in de klei geprikt om water door te laten. De molgangen werden voorts afgedekt met een laagje takken en de sleuven werden verder aangevuld met klei.

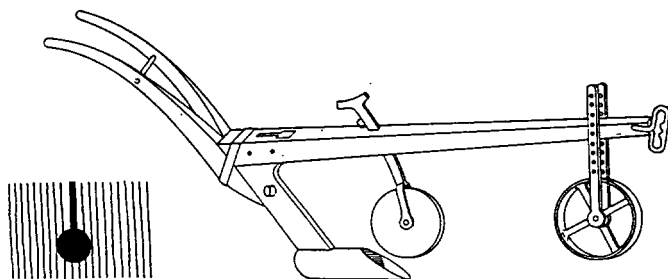
Adam Scott maakte in 1780 de eerste molgangen met behulp van een molploeg, die volgens Grodau (1959) getrokken werd door paarden. Visser (1933) en ook Janert (1961) publiceerden een tekening van de allereerste, door Adam Scott gebruikte molploeg (figuur 5). In 1797 was er al een patent voor een molploeg (Nicholson, 1934). Volgens Hudson en Hopewell (1950) trokken mannen en vrouwen de molploegen op het eind van de 18e eeuw soms voort, waarbij gebruik werd gemaakt van een kabel. In 1850 verscheen in Engeland de



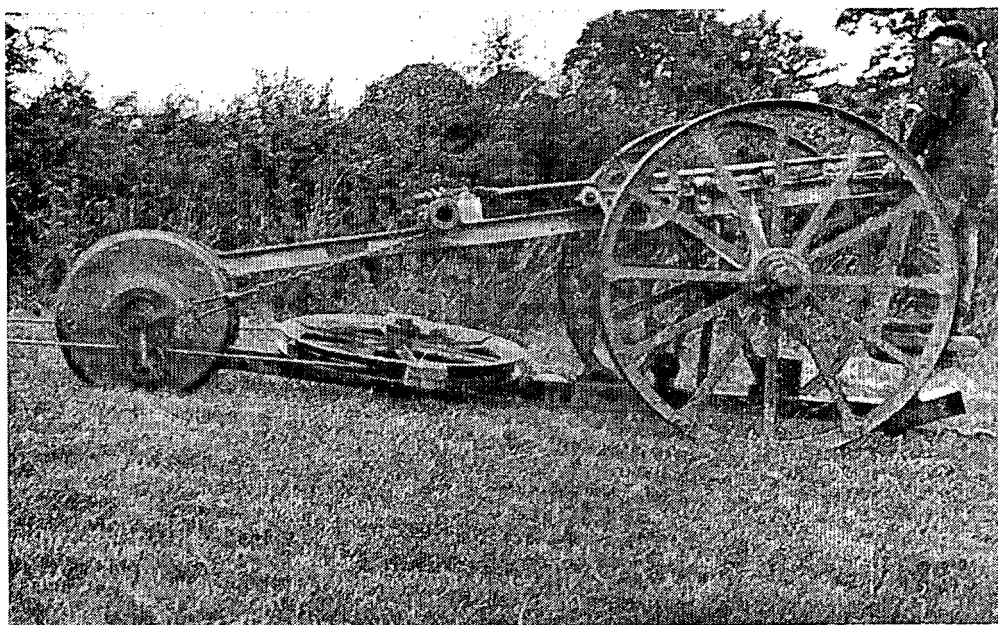
Figuur 3: De mol maakt de molgang glad, zoals hier zichtbaar is gemaakt in een Nieuw-Zeelandse klei-grond (Foto Hudson e.a., 1962).



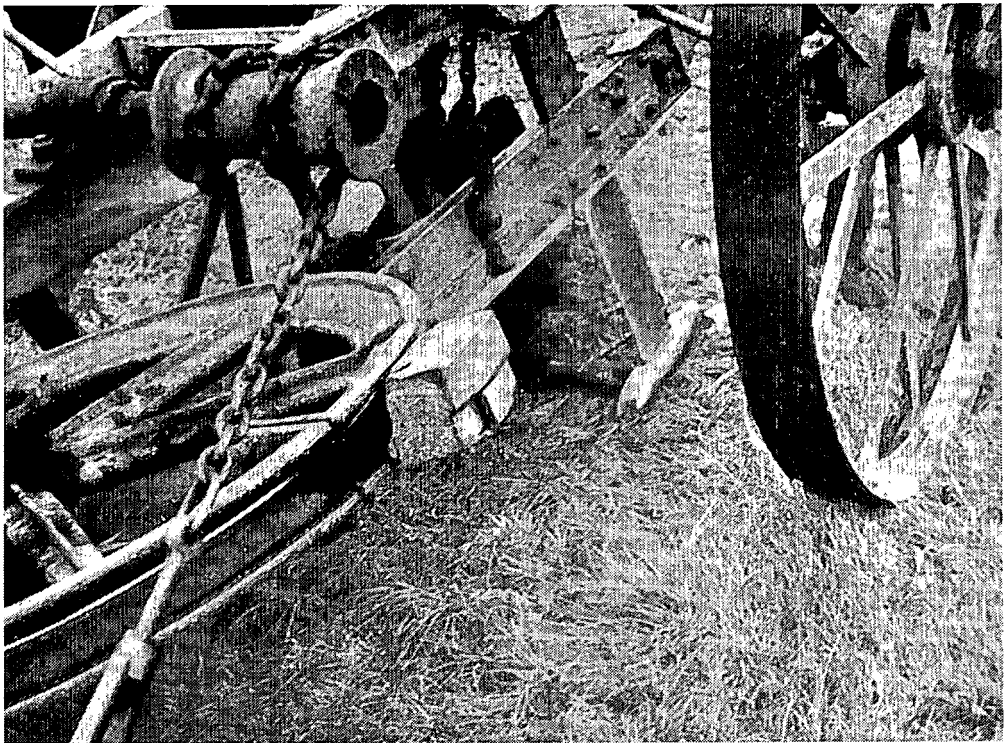
Figuur 4: De door het moldraineren ontstane scheuren zijn van evident belang voor de afvoer van water.



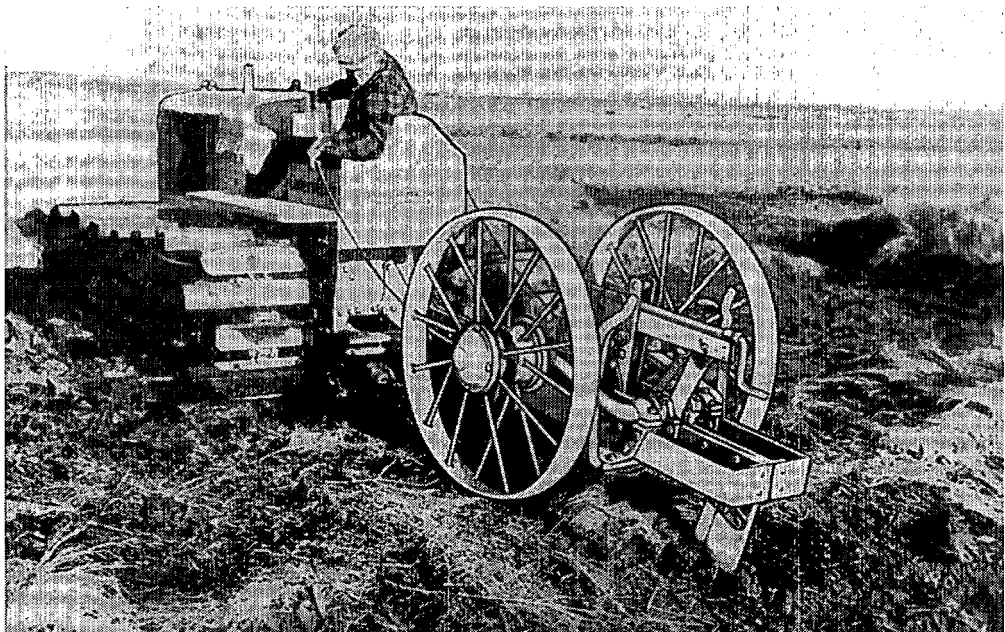
Figuur 5: De eerste molgangen werden in Engeland al in 1780 getrokken met deze molploeg van Adam Scott.



Figuur 6: Met behulp van een stalen kabel en een tweetal stoommachines kleeft deze molploeg door de Engelse kleigronden (Foto Nicholson, 1953).



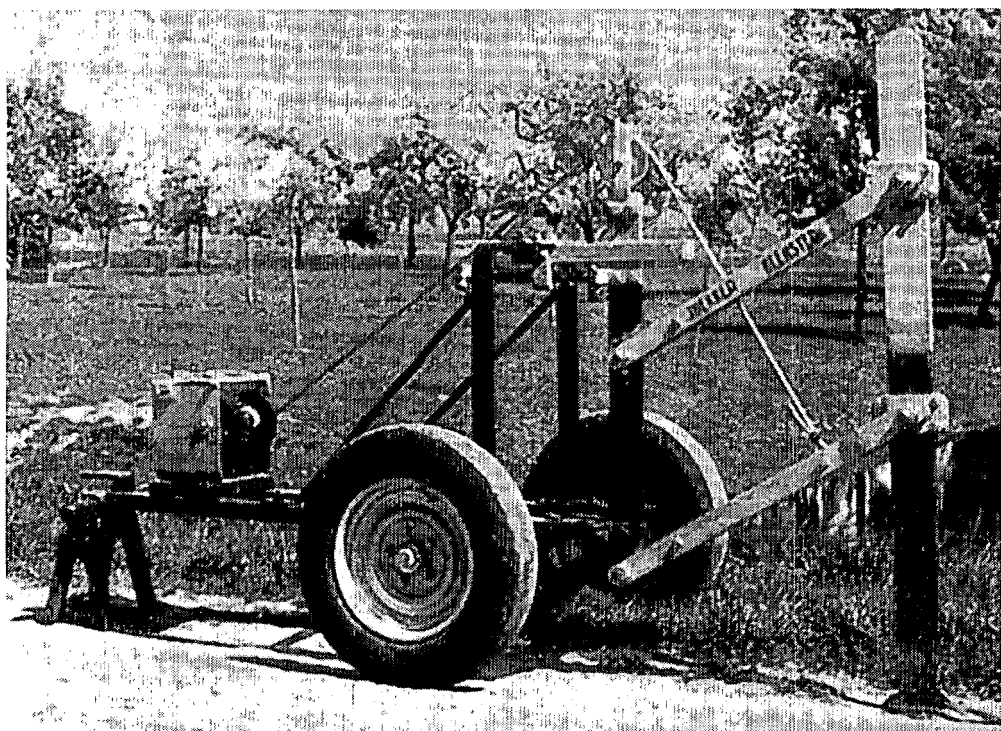
Figuur 7: Detail van het onderstel van de molploeg die stoommachines trokken (Foto, Nicholson, 1953).



Figuur 8: Ook Amerikaanse kleigronden kwamen op grote schaal onder het mes van de molploeg (Foto, Gustafson, 1948).

molploeg van John Fowler. Zes paarden trokken deze ploeg (Von Weckerlin, 1853). Deze ploeg werd in 1859 zo ontwikkeld, dat een stoommachine deze kon trekken. Op de zware kleigronden in Oost-Engeland werd moldrainage toen al op grote schaal toegepast. Op één boerderij werden voor het trekken van de molploeg tien paarden ingezet, op twee andere dieselmachines, terwijl op 75 bedrijven de trekkracht werd verkregen met stoommachines (Nicholson, 1934). De levensduur van deze moldrains was gemiddeld 13 jaar met een minimum van 8 en een maximum van 19 jaar. In Amerika introduceerde in de omgeving van New York Major Dickinson in 1867 de molploeg (Weaver, 1964). Vier ossen trokken deze molploeg. In Nieuw-Zeeland werd moldrainage vlak voor het einde van de negentiende eeuw ingevoerd. Hier trokken 12 tot 16 paarden de molploeg (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1956). Nicholson (1953) beschrijft de aanleg van moldrainage in Engeland in 1939. Daarbij trokken twee stoommachines, die werden opgesteld op de beide uiteinden van de te trekken molgangen (figuren 6 en 7) de molploeg op een karretje met behulp van een staalkabel. In 1939 waren in Engeland 109 stoomploegen werkzaam. Sommige stoommachines werden echter vervangen door dieselmachines, waardoor geen water en kolen meer behoeften te worden aangevoerd. Bovendien zijn sinds 1930 steeds meer tractoren de trekkracht voor het molploegen gaan leveren (Nicholson, 1953). Ook in Nieuw-Zeeland, Australië en Amerika werden vanaf ongeveer 1930 veel moldrainages uitgevoerd met behulp van landbouwtrekkers (figuur 8). Niet alleen technische ontwikkelingen, maar ook subsidiëring bevorderde de uitbreiding van moldrainages. Zo werden volgens Nicholson (1953) in Engeland en Wales tussen 1939 en 1950 subsidies verleend voor de moldrainage van in totaal 550 956 acres, ofwel ca 225 000 ha kleigrond.

Op het vasteland van Europa werd moldrainage pas voor het eerst toegepast in 1924. Op dat moment had men in Engeland al een enorm areaal kleigronden van molgangen voorzien en inmiddels bijna anderhalve eeuw ervaring opgebouwd (Visser, 1933). In 1924 bracht Prof. M.F. Visser een bezoek aan Engeland en zag daar de grote, zware en bovendien dure molploegen 'Fowler' en 'McLaren' aan het werk. Visser wilde een lichtere en goedkopere molploeg, die beter zou passen bij de omstandigheden op de Hollandse landbouwbedrijven. Bovendien wilde hij dat de diepte van de molploeg instelbaar zou zijn. Voor de heuvelachtige kleigronden in Engeland was dit aspect minder belangrijk, maar voor onze vlakliggende poldergronden een must. Op aanwijzing van Visser construeerde Dekker, een smid in de Beemster, een molploeg, die begin 1925 klaar was voor gebruik (figuur 9). Speciaal aan de bovenbouw besteedde hij veel aandacht, waardoor het gebruik van de molploeg zeer gemakkelijk en efficiënt was. Het mes werd namelijk bevestigd aan een parallellogram, dat weer was gemonteerd op een as met wielen. Hierdoor kon het parallellogram aan de slootkant naar beneden worden gedraaid tot de cilinder de gewenste diepte beneden het maaiveld had bereikt. Een tractor trok de molploeg over het veld en tijdens het rijden werd het parallellogram langzaam omhoog gedraaid, waardoor de moldrain de juiste helling kreeg. In de Beemster waar men veel ervaring met dit eenvoudige werktuig opdeed, waren de boeren zeer tevreden over de resultaten van de molploeg. Ze gebruikten een mol met een doorsnede van 6 cm en op elke 5 à 7 m werd een molgang getrokken op een diepte van 60 à 75 cm en met een helling van 10 à 15 cm over een afstand van 100 m. Er zijn enkele proeven genomen met een mol van 9 cm, maar deze voldeed niet, waarschijnlijk omdat hierbij de grond te veel in elkaar werd geduwd, waardoor geen water door de wand van de molgang kon toestromen. Visser gaf door het hele land tekst en uitleg en demonstraties met deze molploeg. Reacties en vragen over de moldrainage met deze goedkope en lichte molploeg



Figuur 9: Op veel kleigronden in de Beemster, maar ook elders in Europa werd deze Dekker-molploeg ingezet (Foto, Directie van de Landbouw, 1948).

kreeg hij van mensen uit bijna alle landen van Europa (Visser, 1933). De stimulerende werking van Visser beperkte zich niet tot het vasteland van Europa. In veel Europese landen, inclusief Engeland, wedijverden de fabrieken namelijk sindsdien om de fabricage van een soortgelijke lichte molploeg, waardoor er inderdaad ook legio lichte modellen op de markt verschenen. Van de Dekker-molploeg zijn er in totaal 85 gebouwd, maar deze zijn niet allemaal in Nederlandse gronden ingezet. Enkele tientallen Dekker-molploegen zijn namelijk aan diverse Europese landen geleverd. De goede werking van de moldrainage, die was aangelegd met de Dekker-molploeg, bleek in 1932 toen de molgangen, die in kleigronden van Friesland, de Purmer en de Beemster in 1925 en 1926 waren gemaakt, nog steeds voldoende water afvoerden (Visser, 1933). Na 1940 is de moldrainage in ons land sterk afgenomen. Dit was onder meer te wijten aan het feit dat de toepassing van moldrainage geheel werd overgelaten aan enkele smeden en loonwerkers. Ze dreineerden onder verkeerde omstandigheden waardoor de moldrainage onnodig in diskrediet kwam (Van Someren, 1959). Volgens De Jager (1960a) werd in 1960 alleen in de Beemster nog op grote schaal moldrainage toegepast, maar ook hier moest om de 2 à 3 jaar worden herhaald. Doordat in de meeste gevallen slechts een geringe helling aan de moldrains kon worden gegeven en vooral doordat de moldrains, vanwege de slootwaterstand gedurende een langere periode in het grondwater kwamen te liggen, waren de molgangen weinig duurzaam. In de jaren zeventig zag ik tijdens mijn bodemkundige verkenningen in Noord-Holland moldrainage onder meer nog in uitvoering in kleigronden van de polders Westerkogge, Beschoot, Beemster en Purmer.

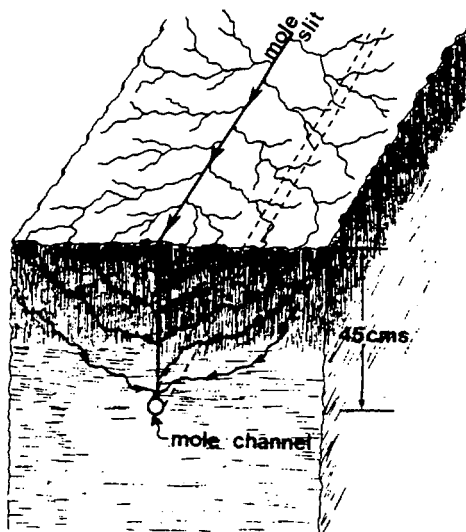
In Zwitserland stond men aanvankelijk nogal sceptisch tegenover moldrainage, maar in 1948 schafte men in Luzern toch een Dekker-molploeg aan. Toen deze niet sterk genoeg bleek voor moldrainage in de zware Zwitserse kleigronden werd overgestapt op de sterkere Engelse 'Miles'-ploeg (Ramser, 1953). In Oostenrijk werd in Oberösterreich de moldrainage pas sinds 1954 uitgevoerd (Hofbauer, 1975). Dit naar aanleiding van de goede resultaten ermee in Niederösterreich in de jaren 1949 tot 1953. De moldrainage kwam wat moeilijk op gang, omdat 'de praktijk' het aanvankelijk maar niets vond dat men de drainage iedere tien jaar zou moeten herhalen. Vanwege de goede resultaten veranderde dit, waardoor in het Donaugebied bij Linz van 1954 tot 1974 in totaal 5000 ha van moldrainage werd voorzien. De laatste jaren hiervan werd gemiddeld 450 ha per jaar gedraineerd. Het tempo zou volgens Hofbauer (1975) echter moeten worden opgevoerd, omdat nog 60 000 ha voor moldrainage in aanmerking kwam.

Enkelvoudige, samengestelde en gecombineerde moldrainage

Voor een goede ontwatering vereisen zware kleigronden met een verzadigde doorlatendheid van minder dan 1 cm per dag een zeer nauw drainagesysteem met een drainafstand van 2–4 m en soms nog minder (Cannell e.a., 1984; Cavelaars e.a., 1994). Met buisdrainage zouden de kosten niet economisch verantwoord zijn. Een goed alternatief is dan de moldrainage, waarbij een intensieve drainering tegen geringe kosten kan worden aangelegd. Een nadeel is de beperkte levensduur ervan. Hoewel in sommige stabiele kleigronden de molgangen in uitzonderlijke gevallen meer dan 20 jaar goed functioneerden, worden ze om praktische redenen normaal iedere 3 tot 7 jaar opnieuw getrokken (Smedema en Rycroft, 1988). Het is belangrijk dat er geen water in de molgangen blijft staan, omdat de wanden dan zacht worden en het instorten van de gangen tot gevolg kan hebben. Langere molgangen raken eerder verstopt en daarom bedraagt de lengte meestal 20–80 m. Molgangen kunnen direct op een sloot uitmonden, zoals ook in verscheidene landen wel is toegepast (Ramser, 1953; Krijger en Maris, 1959; Cavelaars e.a., 1994). Bij deze zogenoemde 'enkelvoudige' drainage komen zeer veel molgangen uit op de sloot. De uitmondingen zijn nogal kwetsbaar: ze kunnen dichtgroeien of door dieren, zoals ratten, muizen en ook mollen worden verstoord. Daarom wordt in het uiteinde van de molgang meestal een buis met een lengte van 1–3 m aangebracht (Donnan en Schwab, 1974; Cavelaars e.a., 1994). Vroeger werden hiervoor ijzeren pijpen (Nicholson, 1953), later vooral betonnen en pvc-buizen gebruikt. Om het aantal uiteinden te beperken zijn ook wel 'samengestelde' moldrainages uitgevoerd. Hierbij trekt men eerst de hoofdmolgangen, en daarna dwars hierop de normale molgangen. De hoofdmolgangen worden iets dieper gemaakt en krijgen een grotere diameter, door bijvoorbeeld een mol van 10–14 cm te gebruiken (Donnan en Schwab, 1974). De meest toegepaste moldrainage is echter de 'gecombineerde' moldrainage, waarbij de hoofd-drains bestaan uit in sleuven gelegde aarden of plastic buizen en waarop loodrecht ondieper en 1 tot 3 m van elkaar moldrains worden getrokken. De hoofd-drains worden het eerst aangelegd, vaak op 80–100 cm diepte en 20–100 m uit elkaar en tot 45 cm onder maaiveld opgevuld met goed doorlatend materiaal. Volgens Nicholson (1953) en Schirmer en Calaminus (1956) werden hier vroeger grind, slakken en takkenbosjes voor gebruikt (figuur 10). In Oostenrijk werden de sleuven van de hoofd-drain gevuld met grind van 1 tot 3 cm doorsnede, waarbij zo'n 20–40 m³ per ha werd gebruikt (Hofbauer, 1975). In Engeland, Wales en Ierland is het ook gebruikelijk de sleuven van een laag grind te voorzien



Figuur 10: Hoofddrain met kleibuizen afgedekt met takken. Dwars op deze hoofddrain trekt men in de Engelse kleigronden de molgangen (Foto, Nicholson, 1953).



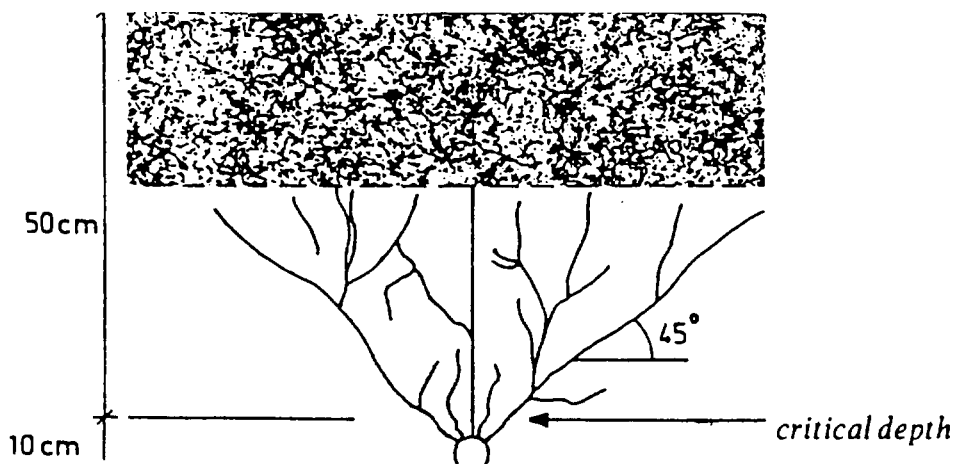
Figuur 11: Het scheurpatroon in grasland, dat van zo'n cruciaal belang is voor een goede werking van de moldrainage (naar Bowler, 1980).

(Cavelaars e.a., 1994). De goede doorlatendheid van de sleuven is nodig, omdat de molgangen direct na regenval zeer grote hoeveelheden water kunnen aanvoeren. De moldrainage zorgt voor de ontwatering en het permanente systeem van hoofddrainen dient hoofdzakelijk voor transport en afvoer van het water (Cannell e.a., 1984). De gecombineerde moldrainage werd ook toegepast in de klei-op-veengronden in het randgebied van de Noordoostpolder. Daarbij werd het systeem tevens gebruikt voor infiltratie van water in droge perioden (Krijger en Maris, 1959).

Waterstroming in slechtdoorlatende kleigronden met moldrainage

Bij een groot deel van de slecht waterdoorlatende kleigronden in Groot-Brittannië, Ierland en Nieuw-Zeeland werd en wordt moldrainage toegepast (Hudson e.a., 1962; Robinson e.a., 1987; Harris e.a., 1993). De molgangen in deze kleigronden hebben meestal een diameter van 5–10 cm en zijn getrokken op een afstand van 1,5–3 m. Ze worden meestal aangelegd op een diepte van 40–60 cm in de slechtdoorlatende kleiondergrond. Vaak worden de molgangen met behulp van zware en sterke tractoren geïnstalleerd met een snelheid van 5 km per uur, waardoor op een werkbare dag zo'n 5–10 ha kan worden behandeld (Smedema en Rycroft, 1988). Als het molblad door de dichte kleigrond trekt, wordt de grond voorwaarts en zijwaarts verplaatst en opgetild. Dit gaat gepaard met vorming van scheuren in de klei en daardoor in een toename van de porositeit en de waterdoorlatendheid. Deze scheuren en de verticale spleet gemaakt door het mollichaam voorzien de molgang van het overtollige water (figuur 11). De verticale spleet blijft jaren lang bestaan en opent in droge en sluit deels in natte perioden. Het aantal en de grootte van de scheuren die de molploeg vormt hangen samen met de vochtomstandigheden van de grond (Cavelaars e.a., 1994). Een klein aantal bredere scheuren wordt gevormd onder droge omstandigheden en een groot aantal nauwere scheuren als de grond vochtig is. Wordt echter te diep gedraineerd in een te vochtige grond, dan heeft dit een averechtse werking: de grond wordt nog verder verdicht en de porositeit en doorlatendheid nemen af. De diepte waarop de gunstige gevolgen van de moldrainage overgaat in ongunstige gevolgen wordt de 'kritische diepte' genoemd (Smedema en Rycroft, 1988). Het beste zou zijn de molgang juist beneden de kritische diepte te trekken (figuur 12). Hierdoor ontstaat een situatie waarbij door scheuren water naar de molgang wordt aangevoerd. Als molgangen worden getrokken in een grond die dieper droog is, dan valt er materiaal in de molgangen. Het beste is de molgangen te trekken vlak na de oogst, als het bovenste deel van de grond stevig en uitgedroogd is en de ondergrond nog plastisch.

Vanwege de geringe afstand tussen de drains en vanwege het ondiepe voorkomen ervan reageren de moldrainen zeer snel op de gevallen neerslag (Childs, 1943; Schirmer en Calamini, 1956). Als gevolg van stroming van water door de scheuren naar de moldrainen, komen onder relatief droge omstandigheden grote pieken in de afvoer van moldrainage voor. Goed aangelegde molgangen kunnen een afvoer geven die 2 tot 3 keer hoger is dan die van drainbuizen (Donnan en Schwab, 1974). Moldrainage kan dus in de winterperiode de pieken in de grondwaterstand voorkomen, maar kan in de zomer en herfst juist grote verschillen op korte termijn tot gevolg hebben, doordat de scheuren dan een snellere afvoer hebben, zoals ook Robinson en Beven (1983) en Robinson e.a. (1987) voor een kleigrond in Ierland aantoonde. In de zomer en herfst kan de snelle afvoer van water door de scheuren naar de moldrainen herbiciden, pesticiden en meststoffen afvoeren (Robinson e.a., 1987;



Figuur 12: Het scheurpatroon in geploegd bouwland met molgang op kritische diepte (naar Smedema en Rycroft, 1988).

Haria e.a., 1994). Dit is geldverspilling voor de boeren en een oorzaak van verontreiniging van het oppervlaktewater.

De waterbeweging in een slechtdoorlatende kleigrond met moldrainage is dus heel anders dan die in een goed doorlatende grond met buizendrainage. Tijdens afvoerperioden is bij een goed doorlatende grond de grondwaterstand midden tussen de drains hoger dan vlakbij de drains en de afvoer via de drains het grootst bij een hoge stand. Flodkvist (1931), Russell (1934) en Nicholson (1934) toonden al aan dat de daarop gebaseerde theorie voor slechtdoorlatende kleigronden met moldrainage niet geldt. Ze toonden aan dat de stroming van water door de ondergrond geen belangrijke rol speelt bij de stroming naar de moldrains. Volgens hen penetreert het regenwater in de bewerkte bovengrond totdat het de grens hiervan met de ondergrond bereikt. Het water stroomt hierover naar lagere plekken totdat het boven een moldrain komt en hier zonder moeite naar toestroomt. De hoge initiële piek wordt veroorzaakt door het water dat in de buurt van de moldrain valt en de lagere afvoer later komt doordat het water tijd nodig heeft om van verder weg toe te stromen.

Moldrainage in veengronden

Op een gegeven moment werd moldrainage ook toegepast in veengronden. Het gebruik van een mol met een diameter van 7,5 cm bleek vaak niet te voldoen, omdat een deel van de molgangen spoedig dichttraakte door het optreden van onregelmatige zakking en klink van het veen. Daarom liet men bijvoorbeeld in Japan bij het draineren van veengronden de mol maar achterwege en werd alleen het verticale mes van de moloeg op afstanden van 1–10 m door de veengronden getrokken (Donnan en Schwab, 1974). In Oost-Duitsland pakte men

het anders aan en werden grotere gangen gemaakt, waardoor de gangen in ieder geval voor een deel enige tijd open bleven (Teipel, 1963). De in dit land veel voorkomende Nederlandse Dekker-molploeg voorzag men van een grote, verticale, ovale mol van 30–40 cm. Daarnaast ontwikkelden de Oostduitsers een speciale molploeg voor de veengronden die er rechthoekige gangen in uitsneed (Grodau, 1959). Met dit zogenoemde Mecking-drainagesysteem creëerden ze op de gewenste diepte in het veen een doorlopende holte van 15 cm breedte en 20 cm hoogte door het veen eruit te frezen (figuur 13). De werking en levensduur van de uitgefreesde gangen hangen samen met de dichtheid van het veen (Binsack, 1962). In losgepakt waterrijk veen voeren gangen weliswaar veel water af, maar door zakking en zetting worden de gangen in de loop van de tijd toch nauwer en neemt de werking ervan binnen 3 jaar sterk af (Baden en Eggelsmann, 1961). In veengronden met een grotere dichtheid was het Mecking-drainagesysteem een groot succes en functioneerden de drains vaak zes tot meer dan acht jaar (Baden en Eggelsmann, 1961; Binsack, 1962). Volgens Eggelsmann (1987) sneden de Oostduitsers in eigen land met de Mecking-drainsnijder in 25 jaar tijd over een lengte van meer dan 50 000 km moldrains uit. Ook in Noorwegen zijn uitgebreide laagvenen met dit systeem gedraineerd (Eggelsmann, 1987). Bij de moldrainage in de laagveen- en hoogveengebieden in het noorden van West-Duitsland werd zowel gebruik gemaakt van de Mecking-drainsnijder als van de gewone molploeg (Baden en Eggelmann, 1961).



Figuur 13: Rechthoekige molgang uitgesneden in een veengrond in Oost-Duitsland met de Mecking-molploeg (Foto, Binsack, 1962).

Van buisloze moldrainage naar sleufloze buisdrainage

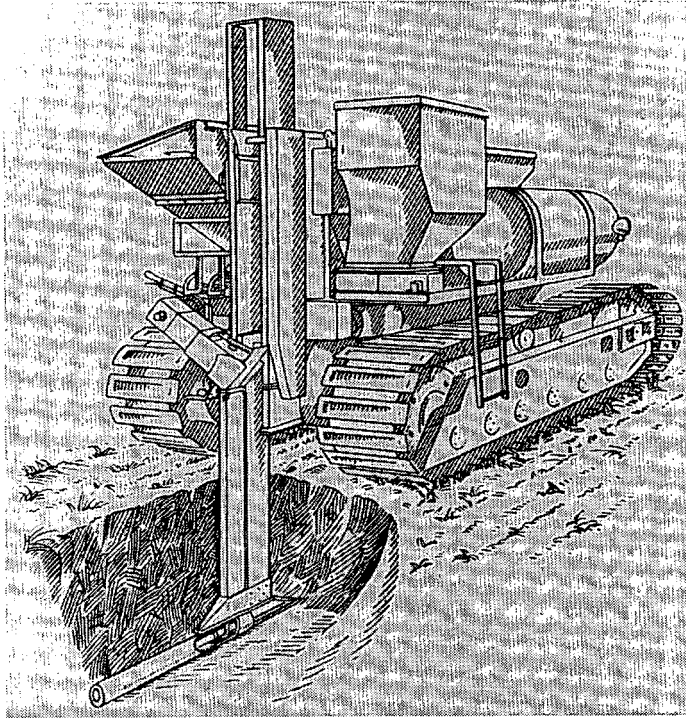
Molgangen kunnen slechts in enkele grondsoorten worden getrokken en dan nog hebben zij een beperkte levensduur. Uit onderzoek is gebleken dat de molgangen vaak dichtraken door grond afkomstig uit de snede, die door het mes in de bodem wordt getrokken. Met deze wetenschap gewapend heeft men verschillende constructies bedacht om de molgang te verstevigen en om het dichtraken te voorkomen. Daarnaast ontwikkelde men ook methoden om de molgangen van buizen te voorzien. Veel pogingen hiertoe zijn gedaan op het eind van de jaren twintig en begin van de jaren dertig.

IJzer, cement en beton

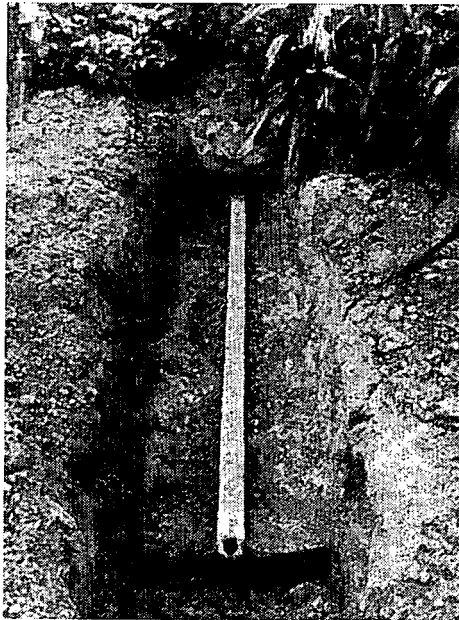
In Oost-Duitsland maakte Sack (1933) bij zijn promotieonderzoek gebruik van een plat stalen band die aan de slootkant tot een buis werd gevormd en direct achter de molploeg in de gang werd getrokken. Ook in Nederland experimenteerde Visser (1933) met een moldrainage waarbij een geperforeerde, stalen band tot buis werd geformeerd. Volgens Zuur (1933) vond deze poging plaats in de Wieringermeer. Toen deze drains enige jaren later werden opgegraven, bleken ze zo sterk te zijn aangetast, dat plaatselijk nog slechts resten van buizen waren overgebleven. Janert (1937) ontwikkelde een Rohrpflug type 'Tubator' (figuur 14), waarmee een molgang werd getrokken en die direct een betonmengsel in de molgang aanbracht, zodat een poreuze betonbuis werd gevormd (figuur 15). Ook in Engeland slaagden ze erin om met de molploeg een poreuze cementen bekleding in de molgang aan te brengen, waardoor een doorlopende betonnen drainbuis met doorlatende wanden ontstond (Ede, 1957). Speciaal voor dit doel werd een molploeg met een hol uitgevoerd mes gebouwd. Langs dit holle mes werd naar beneden geperste vloeibare betonspecie in de molgang gebracht en rondom een aan de machine bevestigd beenlichaam tot een buis gevormd. Het succes van de machine was te danken aan een vacuüminstallatie. Hiermee werd een deel van het water uit de specie gezogen waardoor de buis een grotere stabiliteit kreeg. Al naar gelang de afmetingen van het mollichaam had de buis een inwendige doorsnede van 3,8 tot 7 cm.

Plastic band

Als eerste slaagde de Amerikaan Busch (1958) erin, om met een werktuig in de molgang, onmiddellijk na het trekken ervan, een rondgebogen plastic kap aan te brengen. In Oost-Duitsland vond Janert (1955) een methode uit, waarbij een plastic band met een speciale ploeg, de Greifswalder Rohrpflug, in de grond werd getrokken en daarbij door middel van een aantal rollen tot een buis met een doorsnede van 4 cm werd rondgebogen. Via perforaties en door een overlangse naad aan de onderzijde kon het drainwater de aldus gevormde buis binnendringen. Eind jaren 50 en begin jaren 60 werd op veel plaatsen in Amerika onderzoek gedaan met van plastic band gemaakte buizen, de zogenoemde 'Zipper' (Fouss en Donnan, 1962). Ook in Oostenrijk ontwikkelde een firma de zogenoemde 'Bodenhobel', een molploeg die van plasticfolie buizen vormde in de grond (Feichtinger, 1964). In Finland werd kunststofband van 16,5 cm breedte in een rol van 100 m lengte op de molploeg meegenomen en in de molgang als buis met een doorsnede van 4 cm aangebracht (Juusela,



Figuur 14: Tubator-molploeg van Janert (1937) waarmee een betonnen wand in de molgangen werd aangebracht.



Figuur 15: Uitgegraven betonnen drainbuis in een molgang, die was gemaakt met de Tubator molploeg (Foto, Janert, 1961).

1960). Bij deze zogenoemde Narsmo-methode werden met een snelheid van 2 à 3 km per uur de molgangen bekleed. Een rupstrekker met een gewicht van 5 à 6 ton trok de molploeg hierbij. De moldrains werden aangelegd op 75 à 80 cm diepte en per dag werd zo'n 5 ha gedraineerd. De Technische Hogeschool Eindhoven ontwikkelde in samenwerking met de Nederlandse Heidemaatschappij in de jaren 50 de zogenoemde 'banddrainage' in Nederland (Horowitz en Poelma, 1965). Plat plastic band werd (tot 500 m per rol) meegevoerd op de speciaal ontworpen molploeg en door een vernuftig uitgedacht vormapparaat omgezet in een stevig aan elkaar zittende en tegelijkertijd geperforeerde drainbuis, die op een diepte van 80 cm in de grond werd gelegd (De Jager 1960b).

Houten kokers

Bij het ontginnen van de Wieringermeer is onder meer op grote schaal een drainagesysteem van houten kokers beproefd, dat Prof. M.F. Visser uitdacht. In 1930 werd met behulp van een zwaar geconstrueerde molploeg een mol van groot formaat door de grond getrokken. Aan deze mol was een vierkante houten koker, inwendig 5 cm en uitwendig 8 cm doorsnee bevestigd. De kokers werden vooraf in lengten van 5–8 m met roestvrije koperen spijkers in elkaar getimmerd. Hierbij werd ervoor gezorgd dat de naad door het aanbrengen van asfaltstrips op de spijkerplaatsen voldoende ruimte liet voor het binnentreden van water (Hemminga, 1963). De kokers werden vanuit de sloot de molgang ingetrokken. De grootte van de mol was 25 cm x 25 cm en de omstandigheid dat de houten kokers over een afstand van 250 m door de grond getrokken moesten worden, vereisten een enorm grote trekkracht. De proeven hebben dan ook niet het gewenste resultaat opgeleverd (Zuur, 1933).

Kleibuizen

In het midden van de 19^e eeuw werden in Engeland met een molploeg en met behulp van zes paarden al reeksen kleibuizen in de molgangen getrokken (Von Weckerlin, 1853). In Amerika kwam men op hetzelfde idee en hier werd in 1860 al patent verleend voor een moldrainagesysteem waarbij kleibuizen in de molgangen werden getrokken (Visser, 1933). Prof. Vormfelde en Dr. Von Sybell uit Poppelsdorf, Duitsland, pikten in 1928 het idee op om de moldrainage te combineren met de kleibuisendrainage. Zij ontwikkelden een methode waarbij direct achter de mol aan, een streng van 30 kleibuizen met een kabel in de molgang werd getrokken. Bij dit Poppelsdorf-drainagesysteem, dat zowel in Oost-Duitsland als de Sovjetunie in praktijk werd gebracht, gebruikte men kleibuizen met een diameter van 4 cm en deze werden met hennepouw aan elkaar geregen (Teipel, 1963). Volgens Zanker (1964) was het geen algemeen succes, omdat het te veel trekkracht kostte en er bovendien veel buisbreuk optrad. De bekende Engelse machinefabriek Fowler loste het probleem op door eerst een molgang te trekken en daarna gaten te graven en van hieruit de kleibuizen in de molgangen te trekken. Prof. Visser maakte de kleibuizen vast op planken en deze werden dan in de van te voren gemaakte molgangen getrokken (Wallem, 1931). Zowel de Engelse als de Nederlandse methode faalde echter bij toepassing in de praktijk.

Plastic buizen

Na de Tweede Wereldoorlog heeft men op verscheidene plaatsen getracht met behulp van een molploeg geperforeerde plastic buizen in de grond te trekken, om zich aldus het graven van drainsleuven te besparen. De ontwatering via deze plastic buizen was teleurstellend en bleef sterk achter bij die van aarden buizen. Dit werd enerzijds veroorzaakt door het dichtsmieren van de molgang door de grotere mol en anderzijds door het dichtsmieren van de perforaties bij het schuiven door de molgang (De Jager 1960b). In Engeland en Duitsland werd in het begin van de jaren 60 uitvoerig geëxperimenteerd met het in de grond brengen van een vooraf gefabriceerde flexibele ribbelbuis (Segeren en Zuidema, 1966). Een opvallende verbetering was de drainploeg van K. Willner. Het Willner-systeem heeft een V-vormig woellichaam. Via een holle ruimte in het woellichaam wordt de flexibele ribbelbuis in de grond gebracht. De grond wordt tijdens het rijden ca. 20 cm opgelicht, waarna deze weer op de inmiddels gelegde buis zakt. Er treedt minder versmering op, waardoor het drainerende effect voldoende is. Inmiddels is deze ribbelbuis en de methode van leggen zodanig verbeterd, dat er op grote schaal gebruik van wordt gemaakt (figuur 16). De 'gewone' buisdrainage is daarmee zelfs praktisch geheel verdreven. De klassieke gecombineerde moldrainage, waarbij de molgangen uitkomen op hoofddrains met buizen, wordt in de slecht doorlatende kleigronden van onder meer Engeland en Nieuw-Zeeland nog steeds volop toegepast. Het door de molploeg gevormde scheurpatroon is voor de ontwatering van deze gronden van cruciaal belang. Voor de daartoe geëigende gronden is deze eeuwenoude en goedkoopste vorm van drainage dan ook zonder twijfel millenniumbestendig.



Figuur 16: Sleufloze drainage, waarbij een omhulde ribbelbuis in gronden van uiteenlopende samenstelling op elke gewenste diepte kan worden gelegd, is de belangrijkste vorm van drainage geworden.

Literatuur

- Baden, W. en R. Eggelsmann (1961)** Maulwurfdränung im Moor; in: *Zeitschrift für Kulturtechnik* 2, pag 146–166.
- Binsack, R. (1962)** Anwendung neuer Dränverfahren; in: *Mitteilungen der DLG* 38, pag 1254–1257.
- Bowler, D.G. (1980)** The drainage of wet soils, Hodder and Stoughton, Auckland, 259 pag.
- Busch, C. D. (1958)** Low cost subsurface drainage; in: *Agricultural Engineering* 38, pag 92–103.
- Cannell, R.Q., M.J. Goss, G.L. Harris, M.G. Jarvis, J.T. Douglas, K.R. Howse en S. Le Grice (1984)** A study of mole drainage with simplified cultivation for autumn-sown crops on a clay soil. 1. Background, experiment and site details, drainage systems, measurement of drainflow and summary of results, 1978–80; in: *The Journal of Agricultural Science* 102, pag 539–559.
- Cavelaars J.C., W.F. Vlotman en C. Spoor (1994)** Subsurface Drainage Systems; in: *Drainage principles and applications* (red H.P. Ritzema), ILRI Publication 16, pag 827–931.
- Childs, E.C. (1943)** Studies in mole-draining: Interim report on an experimental drainage field; in: *The Journal of Agricultural Science* 33, pag 136–146.
- Directie van de Landbouw (1948)** Moldrainage; in: *Landbouwverslag van Noord-Holland 1947*, pag 70–71.
- Donnan, W.W. en G.O. Schwab (1974)** Current drainage methods in the USA, in: *Drainage for Agriculture* (red J. van Schilfgaarde), pag 93–143.
- Ede, A.N. (1957)** Continuously formed concrete tube for drainage; in: *Agricultural Engineering* 38, pag 864–866.
- Eggelsmann, R. (1987)** Subsurface drainage instructions; in: *Bulletin 6 ICID*, Parey, Hamburg/Berlin, 336 pag.
- Feichtinger, F. (1964)** Maschinelle Dränung und Kunststoffrohre; in: *Österreichische Wasserwirtschaft* 16, pag 84–86.
- Flodkvist, H. (1931)** Kulturtechnische Grundwasserforschungen; in: *Sveriges Geologiska Undersökning*, Arsbok 25 (4).
- Fouss, J.L. en W.W. Donnan (1962)** Plastic-lined mole drains; in: *Agricultural Engineering* 43, pag 512–515.
- Grodau, G. (1959)** Die neuere Entwicklung von Maschinen und Geräten für wasserwirtschaftliche Arbeiten in Deutschland und im Ausland; in: *Wasser und Boden* 4, pag 87–102.
- Gustafson, A.F. (1948)** Using and managing soils, Mc Graw-Hill, New York, 420 pag.
- Haria, A.H., A.C. Johnson, J.P. Bell en C.H. Batchelor (1994)** Water movement and isotoproturon behaviour in a drained heavy clay soil: 1. Preferential flow processes; in: *Journal of Hydrology* 163, pag 203–216.
- Harris, G.L., K.R. Howse en T.J. Pepper (1993)** Effects of moling and cultivation on soil-water and runoff from a drained clay soil; in: *Agricultural Water Management* 23, pag 161–180.
- Hemminga, M.A. (1963)** Aspecten van de technische zijde van het draineren; in: *Flevo-Berichten A no. 38*, pag. 1–19.

- Hodge, C.A.H., R.G.O. Burton, W.M. Corbett, R. Evans en R.S. Seale (1984)** Soils and their use in Eastern England; in: *Soil Survey of England and Wales*. Bulletin No. 13, 450 pag.
- Hofbauer, A. (1975)** Erfahrungen mit Maulwurfsdränungen in Oberösterreich; in: *Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung* 16, pag 337–344.
- Horowitz, A. en C.F. Poelma (1965)** Driehonderdduizend hectaren landbouwgrond behoeven dringend drainage; in: *Boer en Tuinder* 25 november, pag 5.
- Hudson, A.W. en H.G. Hopewell (1950)** The draining of farm lands; Bulletin No. 18, Massey Agricultural College, Palmerston North, 184 pag.
- Hudson, A.W., H.G. Hopewell, D.G. Bowler en M.W. Cross (1962)** The draining of farm lands; Bulletin No. 18, Massey College, Palmerston North, 319 pag.
- Jager, A.W. de (1960a)** Plastic drainbuizen: Nieuwe mogelijkheden voor de mechanische uitvoering; in: *Tijdschrift Nederlandse Heidemij*, pag 194–200.
- Jager, A.W. de (1960b)** Review of plastic drainage in the Netherlands; in: *Netherlands Journal of Agricultural Science* 8(3), pag 261–270.
- Janert, H. (1937)** Arbeiten über die Untergrundbewässerung; in: *Transactions of the 6th Commision Int. Soc. of Soil Science*, Vol. 2, pag 260–267.
- Janert, H. (1955)** Der Greifswalder Rohrpflug und seine Arbeitsweise; in: *Wasserwirtschaft / Wassertechnik*, nr 2, pag 123–150.
- Janert, H. (1961)** Lehrbuch der Bodenmelioration. Band II, Berlin, 324 pag.
- Jarvis, M.G., R.H. Allen, S.J. Fordham, J. Hazelden, A.J. Moffat en R.G. Sturdy (1984)** Soils and their use in South East England; in: *Soil Survey of England and Wales*. Bulletin, nr 15.
- Juusela, T. (1960)** Maulwurfsdränung mit Kunststoffauskleidung; in: *Zeitschrift für Kulturtechnik*, nr 6, pag 81–90.
- Krijger, P.D. en R. Maris (1959)** Cultuurtechniek, Wolters, Groningen, 190 pag.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (1956)** Mole drainage for heavy land, London, 6 pag.
- Nicholson, H.H. (1934)** The durability of mole drains; in: *The Journal of Agricultural Science* 24, pag 185–191.
- Nicholson, H.H. (1953)** The principles of field drainage, Cambridge University Press, 163 pag.
- Ramser, E. (1953)** Unsere bisherigen Versuchsergebnisse bei Maulwurfsdrainagen; in: *Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie* 10, pag 249–261.
- Robinson, M. en K.J. Beven (1983)** The effect of mole drainage on the hydrological response of a swelling clay soil; in: *Journal of Hydrology* 64, pag 205–223.
- Robinson, M., J. Mulqueen en W. Burke (1987)** On flows from a clay soil-seasonal changes and the effect of mole drainage; in: *Journal of Hydrology* 91, pag 339–350.
- Russell, J.L. (1934)** Scientific research in soil drainage; in: *The Journal of Agricultural Science* 24, pag 544–573.
- Sack, H. (1933)** Ein neues Dränverfahren. Dissertation, Danzig.
- Schirmer, I. en U. Calaminus (1956)** Die Anlage unberührter Maulwurfsdränungen, Merkblatt 83, 15 pag.
- Segeren, W.A. en F.C. Zuidema (1966)** Ontwikkeling in de drainagetechniek, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Kampen, 29 pag.

- Smedema, L.K. en D.W. Rycroft (1988)** Land drainage: Planning and design of agricultural drainage systems, Batsford, London, 376 pag.
- Someren, C.L. van (1959)** De ontwikkeling van de techniek van machinale drainage; in: *Mededelingen* no. 4 Cultuurtechnische Dienst, Utrecht, 10 pag.
- Teipel, R. (1963)** Zur Mechanisierung der Dränarbeiten; in: *Zeitschrift für Landeskultur* 4 (2), pag 1–186.
- Visser, M.F. (1933)** Maulwurfdränung, Maulwurf-Rörendränung und ein neues kombiniertes Dränverfahren; in: *Transactions of the sixth commission of the international society of soil science*, Volume B, pag 56–75.
- Wallem, N.L. (1931)** The Poppelsdorf mole-tile drainage system; in: *Agricultural Engineering* 12(11), pag 419–420.
- Weaver, M.M. (1964)** History of tile drainage (In America prior to 1900), Waterloo, N.Y., 343 pag.
- Weckerlin, A. von (1853)** Over den Engelschen Landbouw en de toepassing daarvan op de Landhuishoudkunde van andere natien, inzonderheid van Duitschland, volgens eigene aanschouwing. II.1 Droogmaking, drainage (waterafleiding); in: *Tijdschrift ter bevordering van Nijverheid* XVI, pag 332–349.
- Zanker, K. (1964)** Neuere Erkenntnisse bei der Dränung und Fortschritte in der Dräntechnik; in: *Straßen- und Tiefbau* 8, pag 920–926.
- Zuur, A.J. (1933)** Die Abschliessung und teilweise Trockenlegung der Zuidersee; in: *Transactions of the sixth commission of the international society of soil science*, Volume B, pag 388–405.