

STUDIE NAAR DE EFFECTEN VAN GRONDVERBETERING
IN DE VEENKOLONIËN MET REMOTE SENSING

A. Kok



Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties. Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten. Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

ISBN = 212264-01

VOORWOORD

Remote sensing zal voor lang niet iedereen een bekend begrip zijn. Ook voor mijzelf was de remote sensing een relatief onbekend terrein, wat de theoretische achtergronden en praktische toepassingen waren wist ik niet. Door middel van deze stage wilde ik deze kennis opdoen, daar remote sensing ook op het vakgebied van de HBCS'er een rol kan spelen.

Ik mag zeggen, nu terugkijkend op de stage die ik bij de afdeling remote sensing van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding doorlopen heb, dat het opdoen van remote sensing kennis volledig aan zijn doel is beantwoord. Ook het werken met het remote sensing verwerkingssysteem op het rekencentrum van de Landbouwhogeschool te Wageningen heeft me een ervaring rijker gemaakt.

Dankzij de inbreng en begeleiding van ir. G.J.A. Nieuwenhuis en ir. J. Stolp is dit rapport in deze vorm tot stand gekomen. Ik wil hen hiervoor van harte bedanken. Mijn dank gaat ook uit naar het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding voor de genoten gastvrijheid, de foto- en tekenkamer voor het verzorgen van de tekeningen en figuren, de typekamer voor het typewerk en de heren Van Bakel en Wiebing voor het verschaffen van onmisbare informatie.

Uiteraard dank aan de mensen van de factor-analyseproef, die veel informatie ter beschikking hebben gesteld, dhr. Hamming, Groenwold en Van Soesbergen. Dank ook aan dhr. Bouwmans voor het verstrekken van informatie omtrent de grondverbeteringen.

A. Kok

I N H O U D

	blz.
VOORWOORD	
1. INLEIDING	1
2. THEORETISCHE ACHTERGRONDEN	2
2.1. Remote sensing	2
2.1.1. Algemeen	2
2.1.2. Theoretische achtergronden van remote sensing	3
2.1.3. Remote sensing opnametechnieken	5
2.1.4. Toepassingen van remote sensing	8
2.2. Relatie temperatuur afgeleid uit het warmtebeeld en verdamping voor aardappelen	10
2.3. Hydrologische modelberekening	12
3. BESCHRIJVING ONDERZOEKSGBIED	15
3.1. Geologie Veenkoloniën	15
3.2. Ontginningsgeschiedenis	17
3.3. Bodemtypen in de Veenkoloniën	20
3.4. Grondbewerking in de Veenkoloniën	23
4. BESCHIKBARE LUCHTOPNAMEN EN VELDGEGEVENS	24
5. RESULTATEN	26
5.1. Resultaten hydrologische modelberekeningen	26
5.2. Relatie tussen bodemtype en warmtebeeld	31
5.3. De situatie op de proefpercelen in relatie tot het warmtebeeld	34
5.4. Effecten van grondverbeteringsmaatregelen	40
6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	47
LITERATUUR	49
BIJLAGE	51

1. INLEIDING

Remote sensing, letterlijk op afstand waarnemen is een techniek die de laatste 15 jaar steeds meer als hulpmiddel op het terrein van diverse vakgebieden wordt gebruikt. In dit geval is het toegepast voor het bestuderen van effecten van grondverbeteringsmaatregelen in de Gronings-Drentse Veenkoloniën.

Dit onderzoek is vooral bedoeld om te kijken in hoeverre grondverbeteringsmaatregelen zichtbaar zijn op remote sensing beelden, en als deze zichtbaar zijn trachten de effecten van de maatregelen te kwantificeren. Tot nu toe was het onderzoek voornamelijk gericht op proefpercelen.

Op praktijkniveau is relatief weinig bekend over de effecten en remote sensing zou een uitstekend hulpmiddel kunnen zijn bij het bestuderen van de resultaten van grondverbetering. Bovendien wordt op één moment veel informatie van een relatief groot gebied verkregen.

Om informatie te verkrijgen over het optreden van droogteschade voor diverse bodemtypen in een drogere periode zijn hydrologische modelberekeningen uitgevoerd (hoofdstuk 2.3.).

Alvorens de remote sensing beelden te gaan interpreteren heb ik me verdiept in de theoretische achtergronden van de remote sensing techniek, de relatie tussen de mate van verdamping en gewastemperatuur en de hydrologische modelberekening. (hoofdstuk 2). Deze hydrologische modelberekening is uitgevoerd om een inzicht te krijgen hoe diverse bodemtypen in droge perioden zich gedragen.

Hierna is de geologische/bodemkundige opbouw en ontginningsgeschiedenis van de Veenkoloniën beschreven (hoofdstuk 3).

Voor dat de uiteindelijke onderzoeksresultaten besproken worden wordt eerst nog een beschrijving gegeven van de beschikbare luchtopnamen en veldgegevens (hoofdstuk 4).

In het gedeelte onderzoeksresultaten worden de resultaten gegeven van de hydrologische modelberekening en de interpretatie van de remote sensing beelden en dus de effecten van de grondverbeteringsmaatregelen.

2. THEORETISCHE ACHTERGRONDEN

2.1. Remote sensing

In dit hoofdstuk wordt een beknopt overzicht gegeven van enkele theoretische achtergronden van de remote sensing, opnametechnieken en toepassingen van remote sensing. Met name wordt aandacht besteed aan false-colour fotografie en thermografie.

2.1.1. Algemeen

Remote sensing betekent letterlijk van afstand waarnemen. Het waarnemen met onze ogen is volgens deze definitie ook een vorm van remote sensing. De oudste en wellicht ook de meest bekende vorm van remote sensing is de luchtfotografie. Bij luchtfotografie wordt slechts in een klein golflengtegebied van het elektromagnetische spectrum waargenomen. De laatste jaren is het aantal remote sensing technieken sterk uitgebreid. Nu kan elektromagnetische straling in een groter aantal golflengtegebied worden geregistreerd.

Ieder object wordt gekenmerkt door zijn eigen spectrale eigenschappen. Dat wil zeggen dat de wijze waarop elektromagnetische straling wordt gereflecteerd specifiek is voor de aard van het object en de toestand waarin het zich bevindt. Dit geldt niet alleen voor de reflectie in het zichtbare licht maar ook daarbuiten.

De zon treedt vaak als stralingsbron op. Bij radar betreft het door het meetinstrument zelf uitgezonden straling in het microgolfgebied.

Naast de door objecten gereflecteerde straling kan dankzij de moderne luchtopnametechnieken ook de door objecten zelf uitgezonden straling worden waargenomen. Deze straling wordt de thermisch infrarood straling of warmtestraling genoemd.

2.1.2. Theoretische achtergronden van remote sensing

Wit licht kan met behulp van een prisma worden gesplitst in verschillende kleuren. De zichtbare 'kleurenband' is slechts een klein deel van het elektromagnetisch spectrum. In figuur 2.1., het elektromagnetisch spectrum is het zichtbare gedeelte afgebeeld.

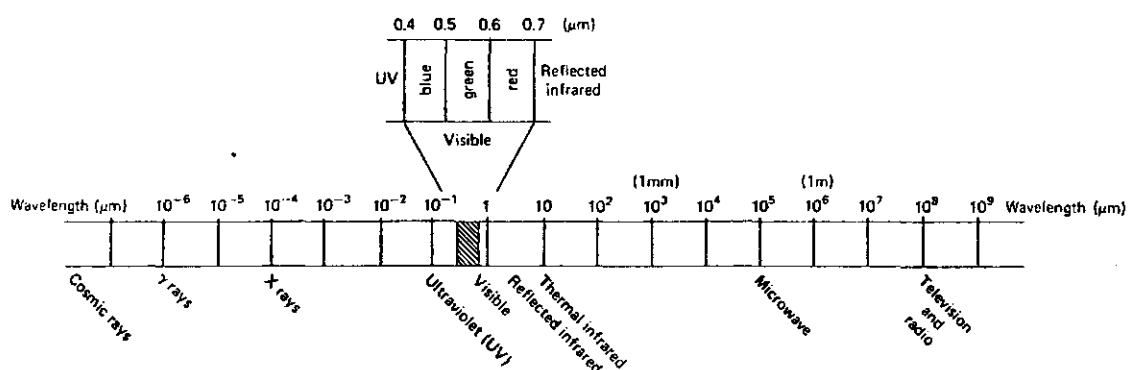


Fig. 2.1. Het elektromagnetisch spectrum (naar LILLESAND and KIEFER, 1979)

Bij de figuur staan tevens de benamingen van de belangrijkste golflengtebanden vermeld. De intensiteit van de elektromagnetische straling die door de zon wordt uitgezonden hangt af van de golflengte (zie fig. 2.2.a.). Niet alle straling die de zon uitzendt bereikt de aarde, een deel wordt geabsorbeerd (zie fig. 2.2.b.). Golflengtegebieden waar weinig absorptie optreedt worden aangeduid met de term 'venster'. Figuur 2.2.c. geeft tevens een overzicht in welke golflengtegebieden de verschillende remote sensing technieken werkzaam zijn.

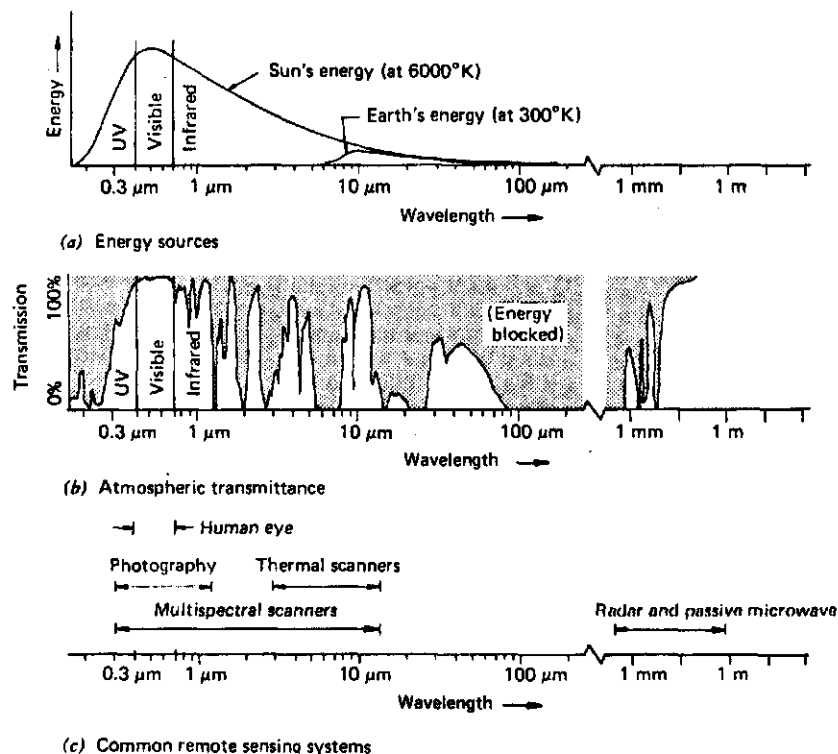


Fig. 2.2. Spectrale karakteristiek van energiebronnen, atmosferische effecten en remote sensing systemen (naar LILLESAND and KIEFER, 1979)

Bij groene vegetatie is de absorptie in het zichtbare gedeelte van het licht hoog. Absorptie gebeurt aan pigmentkorrels onder andere chlorophyl A. De geabsorbeerde energie wordt gebruikt voor de fotosynthese. In het nabij infrarood wordt een groot deel van de ingekomen straling gereflecteerd.

Objecten kunnen slecht worden waargenomen als zij anders reflecteren dan hun omgeving. Anders kan zijn een andere kleur of een andere intensiteit. Als er geen straling wordt gereflecteerd dan is het voorwerp 'zwart'; reflecteert het alle licht dan is het 'wit'. Reflectieverschillen treden niet alleen op in het zichtbare gedeelte van het elektromagnetisch spectrum, maar over het hele spectrum.

Objecten kunnen zelf ook straling uitzenden. De intensiteit van de geëmitteerde straling is afhankelijk van de temperatuur en de

emissie karakteristiek van het object. Hierop wordt nader ingegaan in hoofdstuk 2.2.

2.1.3. Remote sensing opnametechnieken

Bij de bespreking van opnametechnieken wordt een onderverdeling gemaakt naar:

- fotografische technieken;
- scanner technieken;
- microgolftechnieken.

2.1.3.1. F o t o g r a f i s c h e t e c h n i e k e n . Elektromagnetische straling vormt op een fotografische emulsie een latent beeld. Dit wordt tijdens het ontwikkelen omgezet in een zichtbaar beeld. Het beeld kan zowel positief als negatief zijn en zowel in kleur als in zwart/wit. Naast de gewone zwart/wit en kleurenfotografie is er nog de false-colour fotografie en de multispectrale fotografie.

Bij false-colour fotografie wordt gebruik gemaakt van een gewone kleurenfilm die ook gevoelig is voor nabij-infrarode straling tot $0,9 \mu\text{m}$. Ons oog is slechts gevoelig voor straling tussen de $0,4$ en $0,7 \mu\text{m}$.

Met false-colour fotografie wordt dus voor ons oog onzichtbare infrarode straling zichtbaar gemaakt. Met deze techniek wordt het object niet in zijn eigen kleur weergegeven (false-colour). Deze kleurvervalsing is een gevolg van een kleurverschuiving van het beeld ten opzichte van het object. In figuur 2.3. wordt dit verduidelijkt.

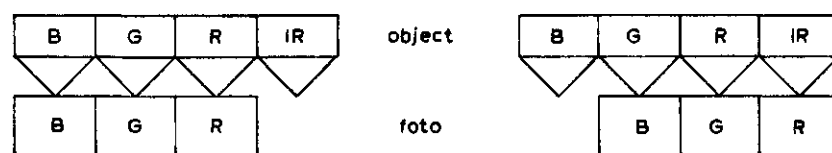


Fig. 2.3. Weergave van kleuren bij een normale foto (links) en bij een false-colour foto (rechts). B = blauw, G = groen, R = rood en IR = infrarood (naar KLAASSEN, 1980)

Nabij infrarode starling wordt door groene vegetatie sterk gereflecteerd. Het gevolg is dat false-colourfoto's doorgaans meer contrast tonen dan de gebruikelijke kleurenfilms. Een voorbeeld van een false-colour foto is opgenomen in hoofdstuk 5.4.

Met multispectrale fotografie wordt gelijktijdig met meerdere camera's opgenomen in verschillende golflengtebanden. Het spectrum van $0,4 - 0,9 \mu\text{m}$ wordt dan in een aantal golflengtebanden onderverdeeld door het gebruik van filters en verschillende typen film.

Met nadruk wordt nog gesteld dat met fotografische technieken verschillen in reflectie worden gemeten en geen temperatuurverschillen. Voordeel van de fotografie is dat het geometrische scheidend vermogen groot is. Het afleiden van verschillen in radiometrische eigenschappen middels densiometrie is echter een moeizame en tijdrovende zaak. Bovendien is het spectraal scheidend vermogen beperkt. Foto-opnamen worden meestal gemaakt vanuit vliegtuigen, daar de films weer terug naar de aarde moeten.

2.1.3.2. S c a n n e r t e c h n i e k e n . Met een scanner wordt het aardoppervlak loodrecht op de vliegrichting lijn voor lijn afgestast (zie fig. 2.4.).

In tegenstelling tot de luchtfoto's bedraagt de opnametijd geen fractie van een seconde, maar afhankelijk van de oppervlakte van het opgenomen gebied, meerdere minuten. De scanner werkt op de volgende manier. Elektromagnetische straling die door een object wordt uitgezonden of gereflecteerd, komt via een roterende spiegel en een prisma of tralie op een detector terecht. Deze laatste twee splitsen de elektromagnetische straling in verschillende banden. De grootte van het aardoppervlak wat op de detector wordt afgebeeld is afhankelijk van de optiek van de scanner en de vlieghoogte. Een zo'n oppervlakje kan variëren van enige vierkante meters tot enkele honderden vierkante meters. De afbeelding van een dergelijk oppervlak wordt een pixel (picture element) genoemd.

De straling in de verschillende golflengtebanden wordt opgeslagen op magneetband.

Het geometrisch scheidend vermogen - de scherpte van scanner opnamen - is meestal slechter dan bij de luchtfoto. Voordeel van de scanner is dat het zogenaamd spectraal scheidend vermogen groot is. Dit

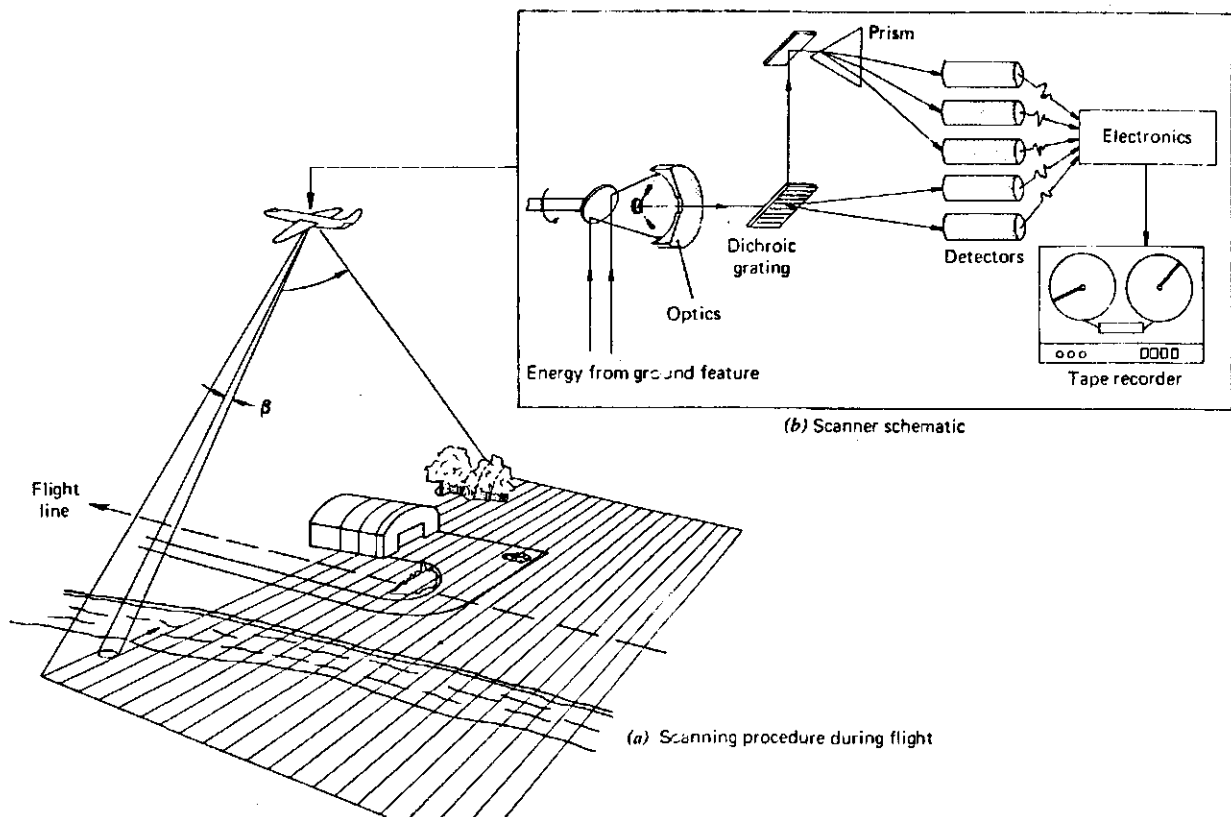


Fig. 2.4. Scanner opnametechniek (naar LILLESAND and KIEFER, 1979)

wil zeggen dat er in een groot aantal afzonderlijke golflengtebanden informatie wordt opgenomen.

In het golflengtegebied van het thermisch infrarood komt nagenoeg geen gereflecteerde zonnestraling voor (zie fig. 2.5.).

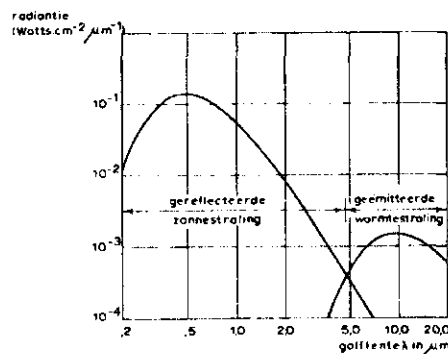


Fig. 2.5. Reflectie en emissie van een gemiddeld object (naar DE LOOR, 1980)

Dit betekent, dat de door aardse objecten geëmitteerde warmtestraling gescheiden kan worden waargenomen van de door objecten gereflecteerde zonnestraling. Ook de intensiteitsverschillen binnen één golflengteband zijn nauwkeurig te onderscheiden. Veelal worden 256 densiteitsniveaus onderscheiden.

Binnen de scanner techniek kunnen twee systemen worden onderscheiden: de Multi Spectrale Scanner (MSS) en de Infra Red Line Scanner (IRLS).

Bij MSS worden detectoren toegepast, die gevoelig zijn voor straling in het zichtbare licht en nabij infrarood. In wezen wordt hetzelfde bereikt als met de multispectrale fotografie, echter er wordt gelijktijdig in een groter aantal golflengtebanden waargenomen.

Bij IRLS wordt in één of meerder banden van het thermisch infrarood waargenomen.

Met deze techniek worden de zogenaamde warmtebeelden gemaakt. Hierbij stellen de kleurverschillen op het beeld temperatuursverschillen voor. Ook hier worden vaak 256 densiteitswaarden onderscheiden, oftewel 256 temperatuurniveau's.

Met deze techniek wordt geëmitteerde warmte-uitstraling vastgelegd en geen gereflecteerde zonnestraling, wat je wel doet met MSS.

2.1.3.3. M i c r o g o l f t e c h n i e k e n . Met RADAR (Radio Detection And Ranging) worden microgolven uitgezonden die na reflectie worden geregistreerd.

Het gaat hier om golven met een grote golflengte variërend van 1 mm tot 1 meter. Het gebruik van microgolftechnieken biedt voordelen doordat het minder weersgevoelig is. Dunne, ijle bewolking is niet hinderlijk daar met straling met grote golflengte wordt gewerkt.

Het verkregen beeld wijkt principieel af van de gebruikelijke MSS en IRLS beelden daar met een kunstmatige stralingsbron, dus onnatuurlijke straling, wordt gewerkt.

2.1.4. Toepassingen van remote sensing

In allerlei vakgebieden wordt gebruik gemaakt van remote sensing als hulpmiddel.

De volgende lijst geeft een globale indruk hoe, er in omvang de remote sensing techniek gebruik wordt. Tussen haakjes staat vermeld

wat voor soort opnametechniek wordt gebruikt (FC = False Colour, TC = True Colour):

- classificatie vegetatie typen, natuurlijke vegetaties + cultuurland (FC, TC);
- automatische vegetatie classificatie met behulp van computer zowel natuurlijke vegetaties als cultuurgronden (MSS);
- bestuderen gezondheidsstoestand vegetatie (laanbomen) (FC);
- bepalen droogte gevoeligheid van gronden (FC + IRLS);
- bepalen van de effecten van grondwateronttrekking van bijvoorbeeld drinkwaterpompstation voor landbouw (FC + IRLS);
- bepalen van de hoeveelheid biomassa, opbrengst van landbouwgewassen (FC, MSS);
- het bestuderen van transporten van koelwater of slib door rivieren (MSS, RADAR, IRLS);
- het constateren van olie-lozingen door schepen (RADAR). NB. Dit wordt al operationeel toegepast door dienst Noordzee van Rijkswaterstaat;
- effecten van beregening, drainage in de landbouw (FC, IRLS).

Men ziet tal van probleemgebieden waarbij remote sensing een hulpmiddel kan zijn. Toepassing van de remote sensing techniek kan bijna nooit zonder aanvullend veldwerk. Informatie die kan worden afgeleid uit remote sensing opnamen moet worden geïkt aan de veldwaarnemingen.

Maar juist het grote voordeel van de remote sensing is dat met betrekkelijk weinig veldwerk veel informatie over een groot gebied wordt verkregen.

Bovendien wordt op één moment de situatie van een groot gebied vastgelegd, hetgeen met veldwerk nagenoeg niet te doen is, tenzij er veel mankracht ter beschikking is.

Geschikte literatuur waarin verder wordt ingegaan in de theoretische achtergronden en toepassingen is onder andere BOUWMANS (1982), LILLESAND & KIEFER (1979), CULTUURTECHNISCH TIJDSCHRIFT, themanummer Remote sensing (februari/maart 1980).

2.2. Relatie temperatuur afgeleid uit het warmtebeeld en verdamping voor aardappelen

Door het opstellen van een energiebalans aan het aardoppervlak kan een relatie tussen de temperatuur van gewassen en de verdamping worden afgeleid (SOER, 1980).

In figuur 2.6. is dit schematisch weergegeven. Wanneer een plant optimaal van water is voorzien (links) dan verdampt de plant mits geen ziekten optreden optimaal. De gewastemperatuur is dan relatief laag.

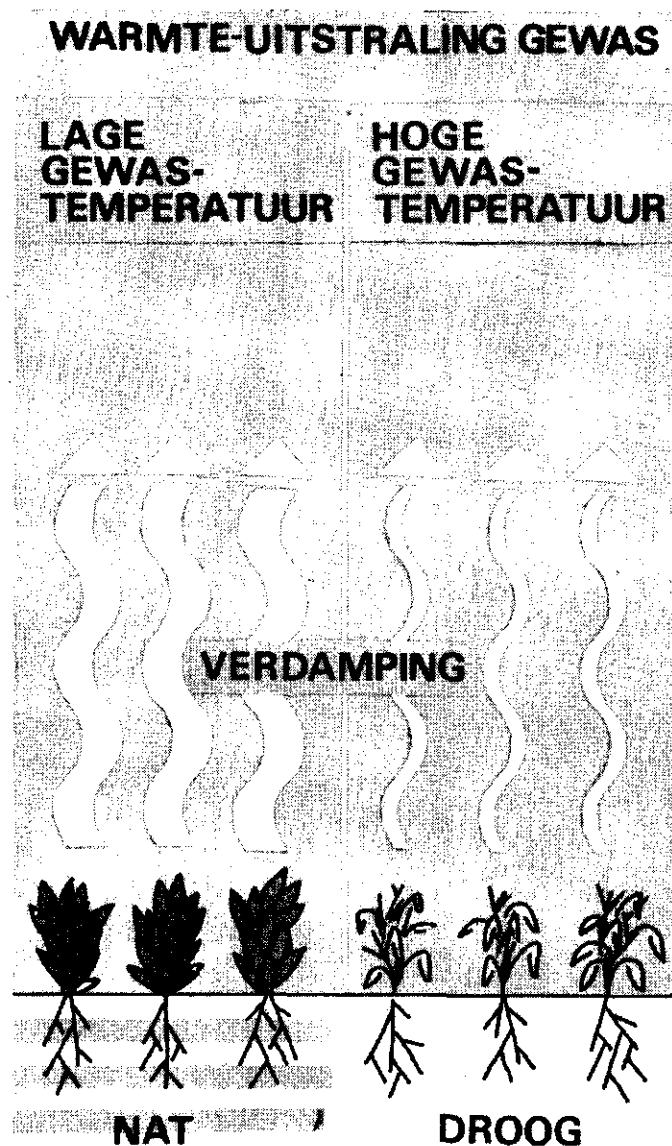


Fig. 2.6. Relatie vochtvoorziening, verdamping en temperatuur van gewassen

Wanneer er in de wortelzone vochttekorten optreden is de plant niet meer in staat optimaal te verdampen en treedt er ten opzichte van een optimaal verdampend gewas een temperatuursverhoging op.

De toename in temperatuur van gewassen kan worden afgeleid uit warmtebeelden. Met de relatie tussen de temperatuur en verdamping van gewassen kan omgekeerd uit warmtebeelden informatie over de gewasverdamping worden verkregen.

Het gemak, waarmee gewassen warmte en waterdamp afstaan aan de atmosfeer wordt vooral bepaald door de gewasruwheid. Deze is voornamelijk bepaald door de gewashoogte. Zo is een gewas als mais aanzienlijk ruwer dan grasland. Dit betekent, dat de relatie tussen de temperatuur en verdamping per gewas verschilt. Op het warmtebeeld mogen dan ook alleen dezelfde gewassen met elkaar worden vergeleken. Zo is bij potentiële verdamping mais aanzienlijk kouder dan aardappelen. Informatie over de aanwezige vegetatie kan worden verkregen uit false-colour foto's. Dergelijke foto's betekenen dan ook een belangrijke ondersteuning bij de interpretatie van warmtebeelden.

Door NIEUWENHUIS en PALLAND (1982) is onderzoek verricht naar de verdamping van aardappelen. Op basis van dit onderzoek en ervaringen opgedaan in het kader van onderzoek, dat momenteel door het ICW in Oost-Gelderland wordt uitgevoerd (THUNNISSEN en VAN POELJE, 1984 en Nieuwenhuis e.a.) is voor 8 augustus 1983 een relatie tussen de scan-
nertemperatuur van aardappelen en reductie in verdamping vastgesteld. De resultaten staan in tabel 2.1.

Tabel 2.1. Relatie tussen de scannertemperatuur van aardappelen en reductie in verdamping voor 8 augustus 1983

Scanner temperatuur (°C)	Verdampingsreductie (%)
18,0	0
18,5	11
19,0	23
19,5	35
20,0	47
20,5	59
21,0	70

Bij het vaststellen van de genoemde relatie tussen temperatuur en verdamping is rekening gehouden met de invloed van de atmosfeer (deze bedraagt ten minste enkele graden) en de invloed van de kale grond op de waarneming van de gewastemperatuur.

2.3. H y d r o l o g i s c h e m o d e l b e r e k e n i n g

Om inzicht te krijgen in het optreden van droogteschade voor de belangrijkste veenkoloniale gronden onder de in het groeiseizoen van 1983 heersende meteorologische omstandigheden is aandacht geschonken aan de modellering van het watertransport in het bodem-plant-atmosfeer systeem. Uit het model van RIJTEMA (1971) is een rekenschema afgeleid waarmee vochttekorten gedurende het groeiseizoen kunnen worden berekend. De methode is gebaseerd op het opstellen van een waterbalans per decade. Is er een verdampingsoverschot, dat wil zeggen de verdamping is hoger dan de neerslag en wordt deze niet volledig gecompenseerd door nalevering vanuit het grondwater, dan droogt de wortelzone uit. De vochtvoorziening wordt per decade van 10 dagen bijgehouden gedurende het groeiseizoen. De waterbalans luidt:

$$(E_p - N) - L = T$$

De uitdroging van het bodemprofiel in een bepaalde periode wordt berekend door voor elke 10 dagen, waarbinnen de situatie stationair wordt verondersteld, de vochttekorten T te berekenen en in mindering te brengen op het beschikbare vocht in de wortelzone. Bij positieve waarden van T treedt uitdroging op terwijl bij negatieve waarden herbevochttingen optreedt.

Voor de berekening van het totale beschikbare vocht in de wortelzone onder evenwichtsomstandigheden is gebruik gemaakt van het onderzoek van VEERMAN (1982).

In het kader van de factor-analyseproef zijn ook hydrologische berekeningen uitgevoerd. De toegepaste methode wijkt echter af van de methode Rijtema. Bij toepassing van beide methoden kunnen onder bepaalde omstandigheden de verkregen resultaten sterk afwijken.

Met name in het pF traject 2,7-3,4 worden soms grote verschillen in de schatting van het beschikbare vocht in de wortelzone gevonden (zie tabel 2.2.).

Tabel 2.2. Uit de pF curve volgens VEERMAN (1982) berekende hoeveelheid beschikbare vocht in mm's in het pF traject van 2,7 tot 3,4 (methode 1) en de bijbehorende hoeveelheid volgens de factor-analyseproef (methode 2)

	Perceelsnummer				
	25	63	65	19	20
methode 1	83	29	49	39	53
methode 2	105	35	60	70	70

Bij de factor-analyseproef wordt er vanuit gegaan dat wanneer pF 2,3 is bereikt het grondwater geen nalevering meer plaats vindt. Vanaf dat moment is de plant aangewezen op de hoeveelheid beschikbare vocht in de wortelzone. Uit het onderzoek van BLOEMEN (1981) blijkt dat deze aanname niet opgaat. Juist bij drogere omstandigheden in de

wortelzone (hogere pF) kan afhankelijk van de afstand tussen de onderkant wortelzone en het grondwater een aanzienlijke capillaire nalevering vanuit het grondwater optreden.

De verschillen tussen de methode van Rijtema en de methode toegepast in het kader van de factor-analyseproef blijven echter beperkt doordat bij laatstgenoemde methode het bergend vermogen in de wortelzone hoger is ingeschat.

De aanpak volgens methode 'factor-analyseproef' is empirisch van aard terwijl methode Rijtema meer fysisch onderbouwd is. Daarom is in dit onderzoek de laatstgenoemde methode toegepast.

3. BESCHRIJVING ONDERZOEKSGBIED

3.1. G e o l o g i e V e e n k o l o n i ë n

De geologische afzettingen die voor onder andere de bodemgesteldheid van belang zijn, dateren uit het Kwartair, het jongste geologische tijdvak dat wordt onderverdeeld in Pleistoceen en Holoceen (zie fig. 3.1.).

In het begin van het Pleistoceen werden in het gebied van de Veenkoloniën grove rivierzanden gedeponerd, die nu niet aan de oppervlakte maar gemiddelde op 15 m diepte liggen. Het pakket rivierzanden werd bedekt met een in dikte zeer wisselend pakket fijne sedimenten. Het betreft fijne zanden met wat klei en leem, maar ook grofzandigde lagen met grind. Dit geheel wordt tot de Formatie van Peelo gerekend.

In het Saalien bereikte het landijs Nederland. Verschillende fasen van ijsuitbreiding zijn te onderscheiden. Voor dit gebied is de laatste (vijfde) fase het belangrijkste toen het landijs in het gebied van Westerwolde een front vormde. Voor het landijsfront vormde zich een diep afwateringsdal, de oer Hunze. Grote delen van het Veenkoloniale gebied liggen ter plaatse van dit dal dat in latere tijden met zand is opgevuld.

In de relatief warme periode van het Eemien steeg de zeespiegel en drong de zee het oerstromdal van de Hunze binnen. Eemien afzettingen zijn in het Veenkoloniale gebied niet aangetroffen.

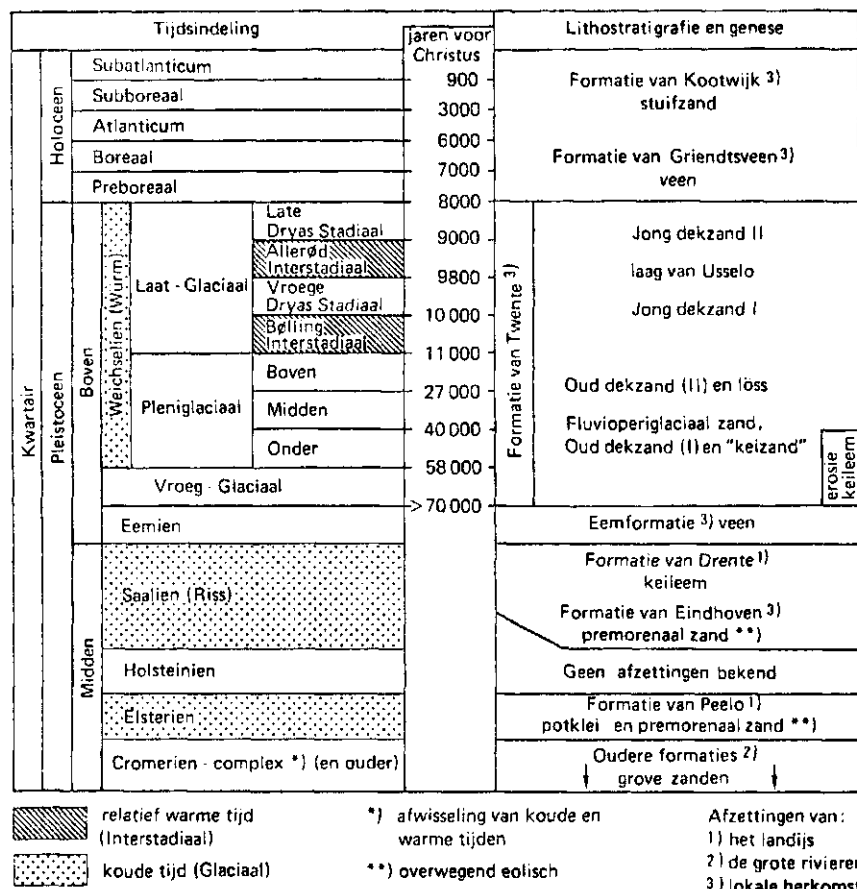


Fig. 3.1. Geologische tijdschaal (toelichting bodemkaart Stiboka, blad 12 Oost)

De volgende periode, het Weichselien was weer een ijstijd, waarin echter het landijs ons land niet bereikte. Wel was soms langdurig een continue bevroren ondergrond aanwezig.

In deze periode is ook veel zand door wind en water verplaatst. Er zijn verschillende fasen voor afzetting te herkennen mede aan de hand van de samenstelling van het afgezette materiaal.

In het westelijke deel van het huidige Veenkoloniale gebied ligt een reeks dekzandruggen evenwijdig aan de huidige Hunzeloop. Deze zijn vermoedelijk uit de dalvlakte van de Hunze opgestoven. Op deze ruggen liggen nu de dorpen Gieterveen en Annerveen. Op sommige plaatsen vindt men dat het dekzand met een zwak golvend reliëf is afgezet terwijl op andere plaatsen het dekzand juist vrij vlak ligt.

Het afzetten van dekzand heeft tot gevolg gehad dat er afvoerloze laagten ontstonden waarin plaatselijk veenvorming kon optreden. Ook ontstonden langgerekte paraboolvormige duinen.

Met de definitieve klimaatsverbetering, circa 10 000 jaar geleden, begint het Holoceen.

In het Holoceen heeft er in het Veenkoloniale gebied voornamelijk veengroei plaatsgevonden. In de relatief lage gebieden met gronden, waar een meerbodemplaat wat ontstaan ontwikkelde zich op dit humusrijk, venig tot sterk lemig fijn zand, moerasbosveen, met daarin elzen en berken.

Veenmossen die buiten de invloed van het voedselrijke grondwater groeien, breidden zich in het Altanticum over het moerasbosveen en de aanliggende zandgronden uit. Het veenmosveen groeide in een systeem van bulten en slenken en groeide als een spons naar alle kanten uit.

Het overgroeide de lage zandgronden aan de rand van de vroegere moerassen, en uiteindelijk raakten ook de hogere zandgronden onder dit oude veenmosveen.

Over het oude veenmosveen is een andere veenmossoort gaan groeien die zich veel vlakker verspreidde, het jonge veenmosveen. Het zo ontstane uitgestrekte hoog veengebied het Bourtangerveen heeft zich tot in de zeventiende eeuw kunnen handhaven.

3.2. O n t g i n n i n g s g e s c h i e d e n i s

Reeds in de 12e en 13e eeuw is men begonnen met de veenontginning van het Bourtangerveen.

In die tijd groef men nog uitsluitend aan de rand van het hoogveencomplex en nog niet zo systematisch, meestal alleen uit behoefte aan extra bouwland en brandstof.

De stad Groningen heeft in de 17e eeuw een belangrijke rol in de ontginning gespeeld. De vervening werd vanaf die datum systematisch en grootschalig aangepakt.

In 1765 werd de aanleg van Stadskanaal gerealiseerd. Hierdoor werd de mogelijkheid voor de ontginning en afvoer van turf van het Drentse veengebied geopend.

Dit gebied werd ontgonnen door de aanleg van zogenaamde monden loodrecht op Stadskanaal. Hierdoor ontstonden Drouwenermond, Gassel-terrijvemsemond, Valthermond, etc. De topografische kaart van 1900 toont aan dat vrijwel het hele hoogveengebied is verdwenen.

Er worden bij de veen ontginningen twee ontginningsmethoden onderscheiden. Namelijk, de randveenontginningen en de ontginning van het centrale veengebied. De randveenontginning vond plaats vanaf de rand van het veen naar het zand (zie fig. 3.2.).

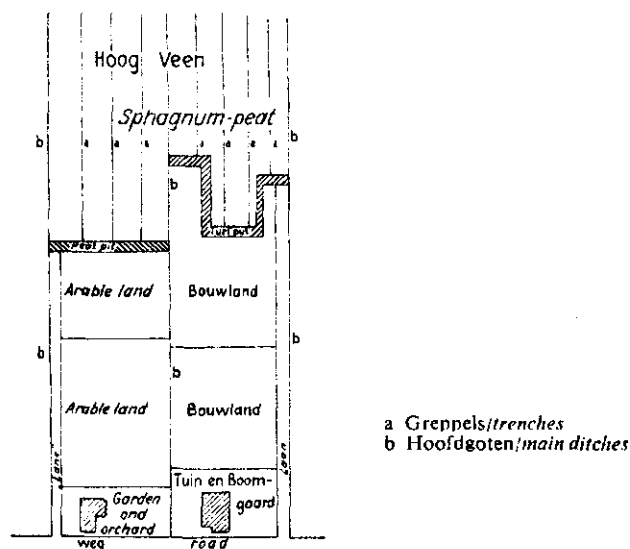


Fig. 3.2. Randveenontginningsmethode

Het veen werd weggegraven achter de plaatsen waar men zich had gevestigd. De vervening vond put voor put plaats, waarbij de vrijgekomen grond direct in cultuur werd gebracht.

Kanalen werden er niet gegraven, de vervening vond dan ook onsystematisch plaats, de snelheid was afhankelijk van de behoefte aan brandstof. Voorbeelden Muntendam, Buinerveen.

De ontginning van het centrale veengebied vond plaats aan de hand van een vooraf opgesteld plan.

Waterwegen, hoofddiepen werden gegraven, met de daarop loodrecht staande wijken.

Aanvankelijk werd één kanalenstelsel toegepast (zie fig. 3.3.). Men ging uit van één hoofddiep met aan weerszijden wijken. De weg ligt aan één kant van het diep, met over iedere wijk een brug. Voorbeelden van dit ontginningsstype zijn Borgercompagnie en Tripscompagnie.

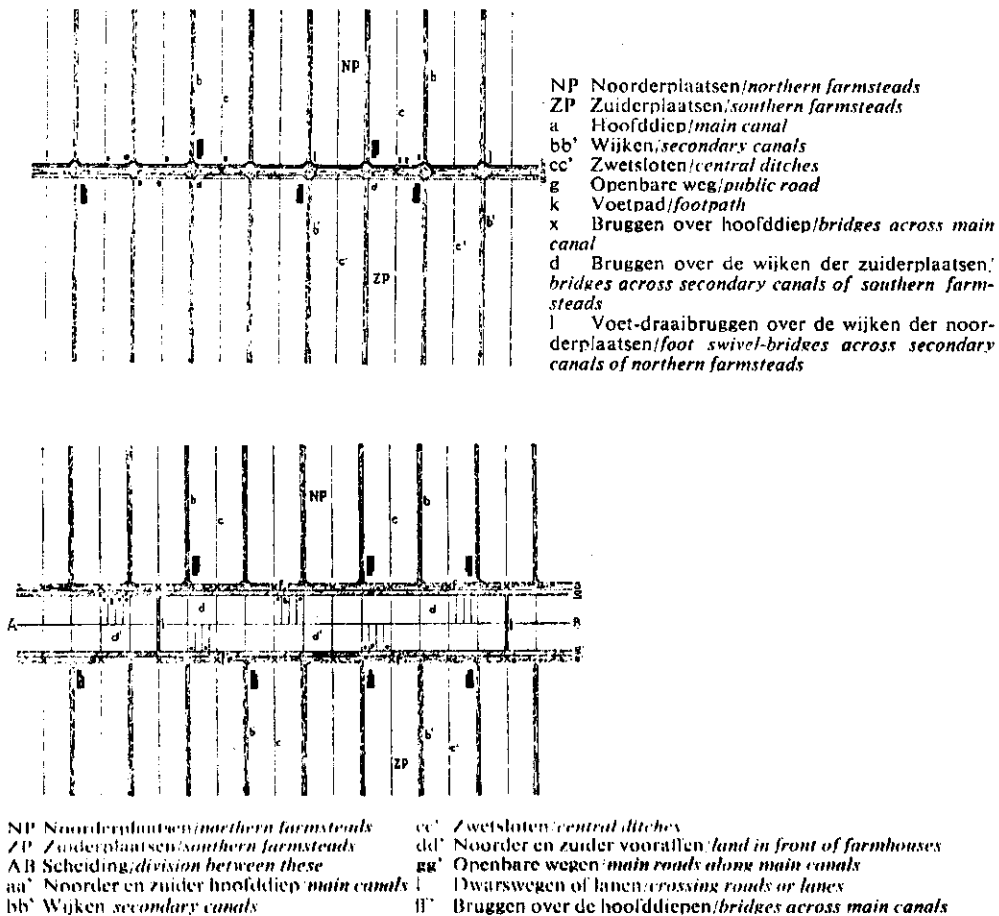


Fig. 3.3. Veenontginning vanuit het centrum volgens het één kanalenstelsel (boven) en het twee kanalenstelsel (onder) (naar: DE SMET, 1969)

Het andere systeem is het twee kanalenstelsel (zie fig. 3.3.). Hierbij vinden we twee evenwijdige hoofddiepen. Langs de binnenkant van iedere diep wordt een weg aangelegd en het tussenliggende gebied werd gebruikt voor bebouwing. Voorbeelden Nieuw Buinen, Drouwenermond.

De vervening vond plaats in langgerekte putten, evenwijdig aan de wijken met een lengte van ± 180 m en een breedte van circa 5 meter, vaak omgeven door dunne wallen.

Niet altijd is het veen tot aan het Pleistocene zand afgegraven, daar de maaiveldsligging plaatselijk anders te laag zou worden.

Het afgraven van het veen tot op verschillende diepte, het laten zitten van veenwallen en het zogenaamde moerasbosveen hebben een onregelmatige diepteligging van de vaste veenondergrond tot gevolg.

Al in het begin van de vervening stelde men eisen aan het te maken cultuurland, wat betreft egalisatie, etc. Afspraken als deze werden in de regel slecht nageleefd. Ook het afbonken gebeurde op zeer wisselende manieren. Dit losse veen, of bolster is echter zeer belangrijk voor het vochthoudend vermogen van de grond. Vandaar dat in 1900 er een verordening kwam dat men verplicht was 50 cm zodelaag en bolster terug te bonken. Na het afbonken vond er bezanding plaats met zand dat bij het graven van de wijken was vrijgekomen.

De wijken en kanalen hebben hun oorspronkelijke functie, transport voor turf en landbouwprodukten, verloren. Sommige monden en diepen zijn gedempt en in het wegennet opgenomen.

3.3. B o d e m t y p e n i n d e V e e n k o l o n i ë n

De bodemkundige opbouw van het veenkoloniale gebied is zeer afwisselend. Er zijn veel verschillen te constateren binnen betrekkelijk korte afstand, vooral gevolg van de ontginning/afgraving.

De bodemkundige indeling van de veenkoloniale gronden houdt rekening met de volgende factoren:

1. de hoogteligging van het profiel in het terrein;
2. het humusgehalte van de bouwvoor;
3. de aard en dikte van het humushoudende dek;
4. de aard en dikte van de onder de bouwvoor voorkomende veenlaag;
5. de diepteligging van de zandondergrond en de mate van podrolering.

Het één en ander laat zich in figuur 3.4. verduidelijken.

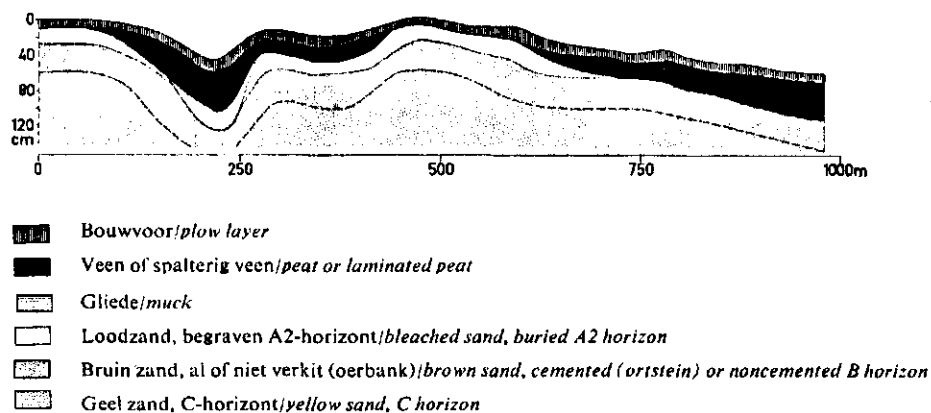


Fig. 3.4. Schematische doorsnede van oude veenkoloniale gronden (naar: DE SMET, 1969)

Relatief hoog gelegen gronden bevatten meestal geen veen en bestaan overwegend uit zwak lemig fijn zand. Ze hebben een dunne humushoudende bouwvoor, een al of niet duidelijke A_2 (uitspoelingshorizont) en een duidelijke humuspodzol B horizon (inspoelingshorizont). Deze gronden rekenen we tot de veldpodzolgronden. (Code Hn 21 op de systematische bodemkaart, schaal 1:50 000.)

De middelhoog gelegen gronden bevatten in de regel wel enig veen. Ook hier is de bouwvoor dun (15-20 cm) terwijl de veenlaag in dikte varieert van 15 tot 40 cm. In de vlakken met deze gronden ontbreekt plaatselijk de dunne veenlaag. Er komen twee typen voor. Bij de een bevindt zich onder de veenlaag een B2 inspoelingshorizont met soms daarboven een A_2 uitspoelingshorizont.

Dit type moerige gronden met een veenkoloniaal dek worden gerekend tot de moerige podzolgronden, iWp op bodemkaart 1:50 000. Bij het andere type de moerige eerdgronden (iWz) ontbreekt een duidelijke B horizon. Deze gronden liggen gemiddeld lager dan de eerder genoemde moerige podzolgronden. Gronden met een veenlaag dikker dan 40 cm worden ingedeeld bij de veengronden. De veenkoloniale veengronden hebben eveneens een dunne A_1 en liggen relatief het laagst. De veenlaag rust op zand dat meestal binnen de 120 cm begint. In het zand kan een duidelijke podzol B horizon zijn ontwikkeld. Dit zijn dan de

veengronden met een veenkoloniaal dek op zand met een humuspodzol B dek op zand met een humuspodzol B horizont. (Kaarteenheid iVp op de bodemkaart 1:50 000.)

De veengronden zonder humuspodzol B horizont in het zand onder het veen worden aangeduid met code iVz en verschillen verder van de iVp gecodeerde gronden doordat direct op het zand en mesotroof veen (moerasbosveen) voorkomt en niet oligotroof oud veenmosveen.

De veengronden met daarin de zandondergrond dieper dan 120 cm beneden maaiveld, krijgen een benoeming naar de aard van de overheersende veensoort. In het veenkoloniale gebied onderscheiden de gronden met oligotroof veenmosveen (code iVs) zich van de gronden met mesotroof (en beter doorlatende) moerasbosveen (code iVc). Vooral de met iVc gecodeerde gronden nemen de laagste delen in het veenkoloniale gebied in.

De hiervoor beschreven bodemtypen worden verder onderverdeeld naar het niveau van de grondwaterstand. De indeling berust op een klasse-indeling van gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG) (zie tabel 3.1.)

Tabel 3.1. Indeling naar grondwatertrappen

Grondwatertrap	GHG (cm-mv)	GLG (cm-mv)
I	(< 20)	< 50
II	(< 40)	50- 80
III	< 40	80-120
IV	> 40	80-120
V	< 40	> 120
VI	40-80	> 120
VII	> 80	(> 160)

In de Veenkoloniën varieert de grondwatertrap van III voor de lager gelegen delen (voornamelijk bodemtype iVz) tot VII voor de hoger gelegen delen (voornamelijk bodemtype t/m 21).

3.4. Grond bewerking in de Veenkoloniën

De totale oppervlakte van de Veenkoloniën beslaat ongeveer 100 000 ha en is ontstaan door afgraving van veen (zie hoofdstuk 3.2.). De bouwvoor bestaat uit bonkveen vermengt met zand, met daar onder een veenlaag variërend van 0 tot 2,0 meter dik en wisselende samenstelling, spalterveen, zwartveen, grauwwveen.

Door het regelmatig aanploegen van het veen bestaat de bouwvoor nu uit humusrijk zand (> 15% organische stof). Het opgeploegde veen oxydeert langzamerhand en om het organisch stofpercentage te handhaven en verstuiving te voorkomen moest regelmatig weer veen worden aangeploegd. Gronden met een dunne bouwvoor op veen zijn vaak pas laat in het jaar bewerkbaar waardoor laat gezaaid of gepoot kan worden. Ook de nachtvorst gevoeligheid is hoog door het hoge organisch stofpercentage.

In de herfst doen zich tijdens de oogst ook problemen voor met de bewerkbaarheid. Al met al is de landbouwproduktie dus niet optimaal. Bodemverbetering probeert aan deze problemen het hoofd te bieden.

Men probeert met de bodemverbetering storende lagen zoals B horizon en veenlaag te scheuren en te verbreken. De bodemverbetering heeft tot doel een diepere beworteling van het profiel te bereiken en waar dat gewenst is de bouwvoor zandiger en dikker te maken. Dit kan worden bereikt door in de bouwvoor zand en veen te mengen. Deze behandeling heeft ook effect op de doorlatendheid van het profiel. Met als gevolg dat men in het voorjaar eerder het land op kan, en capillaire opstijging in droge perioden groter is.

Men kan 4 grondverbeteringsmethoden onderscheiden afhankelijk van de opbouw en fijnheid van het mengen (WIND, 1976):

- Proportionele menging. De samenstelling van het mengsel is op elke diepte in het verbeterde profiel nagenoeg gelijk.
- Conservatieve menging. Na de bewerking bevindt zich meer dan 50% van het materiaal in het bovenste gedeelte, wat hier voor de bewerking ook al zat.
- Revolutionaire menging. In de bovenste helft bevindt zich minder dan 50% van het bodemmateriaal dat voor de menging hier te vinden was.
- Selectieve menging. Bepaalde lagen van het profiel worden naar bepaalde diepten gebracht.

Aanvankelijk werd bodemverbetering uitgevoerd met ploegen die een werkdiepte hadden van ± 80 cm. Later heeft men ploegen gebruikt die dieper konden. Vooral in de beginperiode van de grondverbetering zijn door verkeerd handelen de beoogde effecten wel eens uitgebleven.

Nadeel van het proportioneel ploegen was dat niet kon worden ingespeeld op plaatselijke verschillen. Daardoor is men selectief gaan ploegen. Met een woeler kan goedkoper worden gewerkt, echter de benodigde trekkracht kan wel eens tekort schieten.

Later is men overgestapt op de mengwoeler. Deze eist minder trekkracht als woeler of diepploeg en kan zowel proportioneel, conservatief als selectief worden gebruikt.

In de loop der jaren is op proefvelden uitgebreid onderzoek gedaan naar de effecten van grondverbetering. Hierbij bleek dat op praktijkniveau gemiddeld over meerdere jaren de volgende meeropbrengsten worden gehaald (WIEBING en WIND, 1979): graan 7%, aardappelen 7 à 8% en suikerbieten 12 à 13%.

4. BESCHIKBARE LUCHTOPNAMEN EN VELDGEGEVENS

Voor het onderzoek naar de effecten van grondverbeteringsmaatregelen met remote sensing, zijn false-colour en warmtebeeldopnamen toegepast. Deze luchtopnamen zijn uitgevoerd door de firma Eurosense bv. Beide opnamen werden gelijktijdig vanuit hetzelfde vliegtuig opgenomen vanaf een hoogte van ± 5000 meter, om 14.30 uur op 8 augustus 1983. De opnameschaal van de false-colour foto is ongeveer 1/30 000. Op het moment van de vlucht waren de opname-omstandigheden matig. De cumulus bewolking nam in de loop van de middag toe van 2/8 tot 4/8.

Door de sterk wisselende bewolking werd besloten het gebied twee keer op te nemen. Zo werd een redelijke kans verkregen dat een bepaald gebied wolkenvrij werd opgenomen. Naast de luchtopnamen was een uitgebreide set van veldgegevens voorhanden. Deze betreffen:

- Bodemkaart 1:50 000, uitgave Stichting voor Bodemkartering. Blad 12, 13, 17 en 18.
- De Groninger Veenkoloniën (westelijk deel), L.A.H. DE SMET, 1969. Bodemkundige en landbouwkundige onderzoeken in het kader van de bodemkartering. Bodemkaart 1:25 000.
- Grondverbeteringskaart, stand van de grondverbeteringen in het veenkoloniale gebied tot 1-8-1983 samengesteld door de Landinrichtingsdienst te Assen.
- Hoogtekaart, zuidelijk en midden gedeelte van de Veenkoloniën, Waterschap de Veenmarken.
- Factor analyseproef uitgevoerd door:
 - . Stichting Bodemkartering, Wageningen;
 - . Consultantschap voor de akkerbouw, Assen en Groningen;
 - . Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren;
 - . Landbouw Economisch Instituut, Den Haag;
 - . Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen;
 - . Laboratorium voor bodemziekten, Assen;
 - . Proefstation voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Volle Grond, Lelystad;
 - . AVEBE, aardappelverwerkende industrie, Veendam.

De proef werd in 1983 uitgevoerd aan bewerkte percelen met aardappels van het ras prominent. Daarbij werden de volgende gegevens verzameld die van belang zijn voor het onderzoek: bedekkingsgraad, grondwaterstand, worteldiepte, bodemtype en opbrengst. Deze gegevens werden om de 10 dagen bijgehouden gedurende het groeiseizoen. Binnen het gebied van de luchtopnamen waren de gegevens van een 30 tal proefpercelen bruikbaar.

Tabellen voor het bepalen van de beschikbare hoeveelheid vocht binnen de wortelzone, opgesteld door VEERMAN (1982).

Tabellen voor de berekening van de capillaire opstijging vanuit het grondwater opgesteld door BLOEMEN (1981). Hierbij is uitgegaan van één achtergrond voor het gehele gebied. Deze bestaat uit zwak lemig fijnzandig materiaal (zie hoofdstuk 3.3.).

5. RESULTATEN

Alvorens in te gaan op de resultaten verkregen met de remote sensing benadering worden eerst de resultaten van de hydrologische modelberekeningen gepresenteerd.

5.1. Resultaten hydrologische modelberekeningen

De modelberekeningen zijn uitgevoerd voor de periode van 1 juni tot 1 september 1983. Door de natte meimaand is aangenomen dat de vochtvoorraad in de wortelzone op 1 juni op veldcapaciteit was. Vervolgens is gekeken naar de uitdroging van het bodemprofiel tot 1 september, daar dit van belang was voor de interpretatie van het warmtebeeld opgenomen op 4 augustus 1983.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor enkele extreme situaties. Situaties met uitzonderlijk lage of hoge grondwaterstand, diepe of ondiepe beworteling.

Informatie over tussenliggende situaties werd verkregen door interpolatie tussen genoemde extremen.

Voor de in tabel 5.1. genoemde proefpercelen zijn berekeningen uitgevoerd.

Tabel 5.1. Beschrijving proefpercelen toegepast in de hydrologische modelberekening

Perceel nr.	Bodemtype	Bewortelings- diepte (cm)	Grondwaterstand (min-max) (cm-mv)
19	Hn21	65	150 - 230
63	Hn21	35	90 - 170
70	iWp	35	85 - 110
25	iWp	80	185 - > 230
65	iWp	45	145 - 215
20	iWz	55	80 - 130

De berekening werd uitgevoerd van pF 2,0 tot pF 4,2, verdeeld in 4 trajecten (zie tabel 5.2.).

Tabel 5.2. Opsplitsing pF-curve in 4 trajecten

pF-traject	Gemiddeld
2,0 - 2,3	2,15
2,3 - 2,7	2,50
2,7 - 3,4	3,05
3,4 - 4,2	3,8

Bij de berekening van de capillaire nalevering wordt in een bepaald pF-traject uitgegaan van de gemiddelde pF-waarde. Is door uitdroging het beschikbare vocht in een bepaald pF-traject op dan wordt er overgestapt op de gemiddelde pF-waarde van het volgende traject.

In tabel 5.3. is per decade het verloop van de beschikbare hoeveelheid vocht uitgezet. Voor de totale hoeveelheid beschikbaar vocht op 1 juni 1983 is de hoeveelheid vocht in het pF-traject van 2,0 tot 4,2 genomen.

In figuur 5.1. is de uitdroging nog eens grafisch weergegeven voor de betreffende proefpercelen.

Tabel 5.3. Verdampingsoverschot (mm) nalvering vanuit het grondwater (mm) en totaal beschikbare hoeveelheid vocht in de wortelzone (mm) en gemiddelde pF-waarde per decade voor de periode van 1 juni tot 1 september 1983

	Juni			Juli			Aug.		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
verdampingsoverschot	14,7	28,2	3,3	20,2	33,8	37,9	28,4	37,5	17,6
perceel 19 Hn21									
nalvering	6	3	-	-	-	-	-	-	-
tot. beschikbaar vocht	145	136,3	111,1	107,8	87,6	53,8	15,9	- 12,5	- 50,0
gem. pF	2,15	2,15	2,50	2,50	2,50	3,05	3,80	3,80	3,80
perceel 63 Hn21									
nalvering	60	17	6	7	4	4	4	4	-
tot. beschikbaar vocht	89	89	77,8	77,8	64,6	34,8	0,9	- 23,5	- 61,0
gem. pF	2,15	2,15	2,15	2,15	2,50	3,05	3,80	3,80	3,80
perceel 70 iWp									
nalvering	100	60	50	50	50	40	50	100	50
tot. beschikbaar vocht	101	101	101	101	101	101	101	101	101
gem. pF	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
perceel 25 iWp									
nalvering	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tot. beschikbaar vocht	225	210,3	182,1	178,8	158,6	124,8	86,9	58,5	21
gem. pF	2,15	2,15	2,50	2,50	2,50	3,05	3,05	3,05	3,80
perceel 65 iWp									
nalvering	2	2	-	-	-	-	-	-	-
tot. beschikbaar vocht	130	117,3	91,1	87,8	67,6	33,8	4,1	- 32,5	- 70,0
gem. pF	2,15	2,15	2,50	2,50	3,05	3,05	3,80	3,80	3,80
perceel 20 iWz									
nalvering	100	100	100	100	50	40	40	30	30
tot. beschikbaar vocht	153	153	153	153	153	153	153	153	145,5
gem. pF	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15

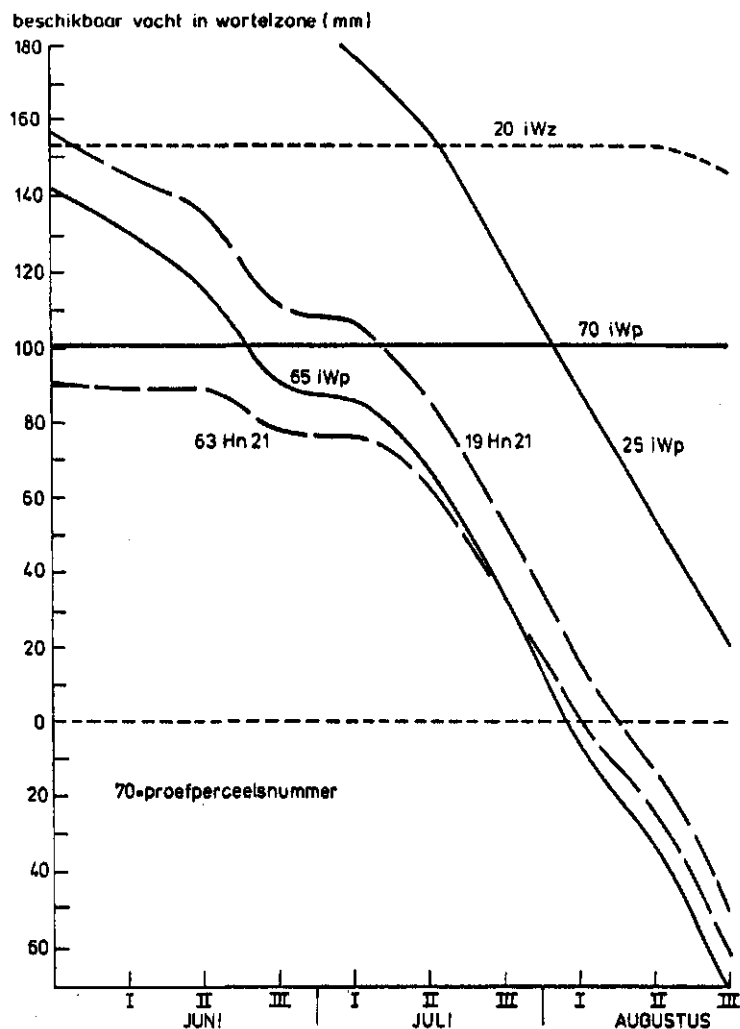


Fig. 5.1. Afname totale hoeveelheid beschikbaar vocht in de wortelzone voor 6 proefpercelen in de periode van 1 juni tot 1 september 1983

Opmerkingen over de resultaten van de hydrologische modelberekening:

- Beide Hn21, veldpodzolprofielen zowel met een relatief diepe als ondiepe grondwaterstand hebben aan het eind van het groeiseizoen te lijden aan een ernstig vochttekort.
- Op deze profielen is reeds vroeg in het seizoen (eind juli) aanzienlijke droogteschade te verwachten.

- Bij de iWp profielen treden afhankelijk van de grondwaterstand al dan niet sterke uitdrogingsverschillen op.
Perceel 70 met slechts een bewortelingsdiepte van 35 cm komt het groeiseizoen toch zonder enige verdrogingsverschijnselen goed door, daar de grondwaterstand niet al te diep is weggezakt (85-110 cm). Door de hoge grondwaterstand vindt steeds nalevering vanuit de ondergrond plaats.
Perceel 65 (iWp) heeft ook een geringe bewortelingsdiepte en lage grondwaterstand (145-215). Hierdoor is het beschikbare vocht binnen de wortelzone gering en vindt er geen capillaire opstijging plaats in droge perioden. Met als gevolg een ernstig vochttekort aan het eind van het groeiseizoen.
- Het iWz profiel is in staat grote hoeveelheden vocht vast te houden, bovendien vindt er vanuit de ondergrond voldoende nalevering plaats waardoor het totaal beschikbare vocht gedurende het seizoen nagenoeg op peil blijft.

Figuur 5.1. toont dat tot de 3e decade van juni, de afname van het beschikbare vocht geleidelijk verloopt (0,5 - 1 mm per dag) en tijdens deze 3e decade nagenoeg op peil blijft zelfs bij de later sterk verdrogende profielen. Oorzaak hiervan is dat in deze periode relatief veel neerslag is gevallen zodat het verdampingsoverschot praktisch nul is. Begin juli zakt de beschikbare hoeveelheid vocht snel weg. Per dag verdwijnt er op dat moment $\pm$ 2 mm vocht uit de wortelzone.

Concluderend kan worden gesteld dat behalve de profielopbouw en worteldiepte, die de beschikbare hoeveelheid vocht in de wortelzone bepalen ook de grondwaterstand in samenhang met de bewortelingsdiepte de z afstand een zeer belangrijke rol speelt in de vochtvoorziening van het gewas.

Bij de zwaklemige fijnzandige ondergronden in de Veenkoloniën kan mits z niet te groot is, de nalevering vanuit het grondwater, door capillaire opstijging een belangrijke bijdrage leveren aan de vochtvoorziening van landbouwgewassen.

5.2. Relatie tussen bodemtype en warmtebeeld

Het warmtebeeld (zie fig. 5.2.) toont dat op de vluchtdag grote temperatuursverschillen optraden.

Binnen één gewas onder verwaarlozing van het optreden van ziekten en dergelijke, hangen verschillen in gewastemperaturen samen met vochtleverend vermogen van de grond (zie hoofdstuk 2.2.). Onderzocht is in hoeverre patronen op het warmtebeeld - waarbij met name naar temperaturen van aardappelen en bieten is gekeken - overeenkomen met de verbreiding van bepaalde bodemtypen op de bodemkaart (schaal 1:50 000). Enkele voorbeelden worden besproken.

De Hn21, grondwatertrap VII (veldpodzol), is in gebieden waar deze in omvangrijke mate voorkomt nauwkeurig te volgen.

Waar op de bodemkaart de veldpodzol voorkomt wordt op het warmtebeeld sterke verdroging geconstateerd.



Fig. 5.2. Sterk verdrogende hoge zandrug (veldpodzol) afgeleid uit de bodemkaart aangegeven op het warmtebeeld opgenomen op 8 augustus 1983 om 14.30 uur zometertijd. Wit = warm en zwart = koud

In figuur 5.2. is als een witte halve cirkel de verdrogende veldpodzol waar te nemen. Deze rug ligt gemiddeld 2,5 meter hoger dan het omliggende gebied. Door de wat hogere ligging en het verschil in bodemtype met de omgeving komt dit gebied naar voren als een zeer warm gebied.

Op de zandrug ligt de temperatuur gemiddeld tussen 20,5 en 25°C, dit betekent een verdampingsreductie en opbrengstverlies op die dag van meer dan 70% voor aardappels. Links van de zandrug worden lager gelegen percelen aangetroffen met een meer veen in het profiel, de moerige eerdgronden (iWz IV).

De temperatuur ligt hier gemiddeld op een 18°C. Dit betekent voor deze percelen nauwelijks verdampingsreductie of opbrengstverlies.

Het blijkt dat de ruimtelijke variatie van de diverse bodemtypen groot is en de vorm die ze hebben zeer grillig. Vooral de kleine zandkoppen en zandruggen (Hn21) die zeer grillig van vorm zijn, zijn kenmerkend. Een idee krijgt men op figuur 5.3. rechts onder de zandrug waar de zandbanen als witte strepen/vlekken op het warmtebeeld te zien zijn.

Duidelijk is ook dat de ruimtelijke structuur van de verschillende bodemtypen vermoedelijk grilliger is dan op de bodemkaart wordt aangegeven.

Wordt het warmtebeeld vergeleken met een meer gedetailleerde bodemkaart 1:25 000 (DE SMET, 1958) dan komen de overeenkomsten beter naar voren.

De homogene moerige eerdgronden en veengronden met een veenkoloniaal dek (iVz) komen duidelijk blauw/groen naar voren. Het betekent dat op deze gronden de temperatuur gemiddeld rond de 18,5 en 19°C ligt wat enige reductie in verdamping inhoud (zo'n 15%).

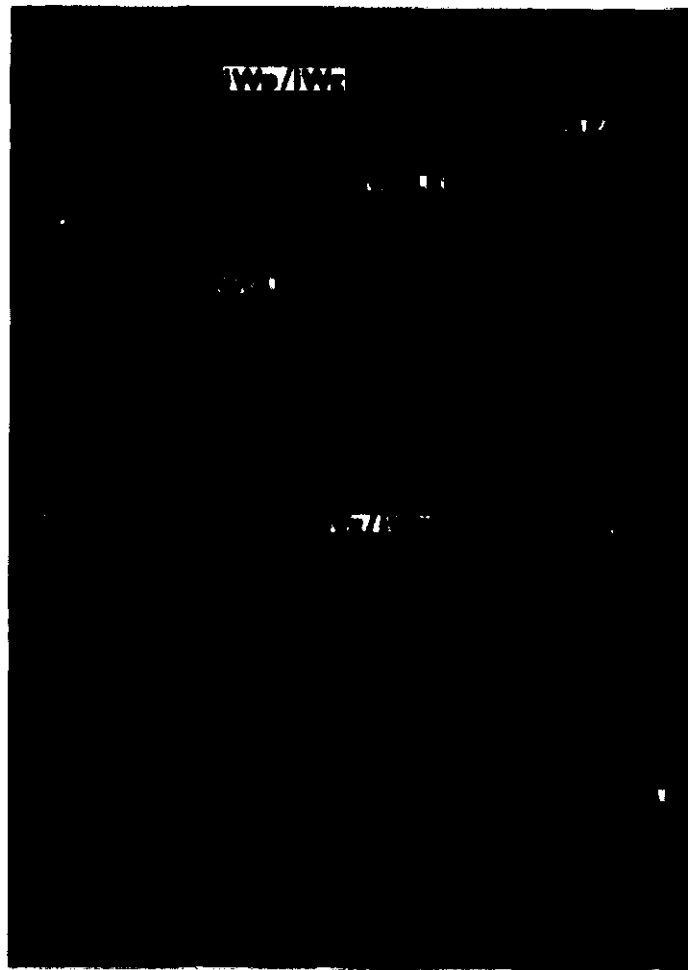


Fig. 5.3. Warmtebeeld westelijk deel Groningse Veenkoloniën bij Borger-compagnie opgenomen op 8 augustus 1983 om 14.30 uur zomertijd. De scannertemperatuur neemt van zwart, blauw, groen, geel, rood naar wit

Naar het westen en oosten toe op de overgangen naar wat hogere gedeelten met bebouwing komen gemiddeld hogere temperaturen voor ($19,5 - 21^{\circ}\text{C}$, dit betekent 30-60% reductie in verdamping). Op de hoogste delen waar de pure zandgronden (Hn21) zijn te vinden komen de hoogste temperaturen voor $> 21^{\circ}\text{C}$ met meer dan 70% reductie in verdamping.

Het is de vraag of bij zulke hoge en extreme temperaturen de gewasbedekking nog volledig is en of de hoge temperaturen van de kale grond invloed heeft op het warmtebeeld.

Op het kleuren-warmtebeeld zijn vooral langs Borgercompagnie en in het zuiden opvallend grillige patronen te zien. In deze gebieden toont ook de detailbodemkaart bijzonder grillige patronen.

De voorbeelden tonen dat op diverse plaatsen patronen op het warmtebeeld overeenkomen met de variatie in bodemtype aangegeven op de bodemkaart.

5.3. De situatie op de proefpercelen in relatie tot het warmtebeeld

Doordat er veel veldinformatie van de proefpercelen voor de factoranalyseproef voorhanden was, is de situatie op de proefpercelen bestudeerd aan de hand van warmtebeelden. Op alle proefpercelen zijn grondverbeteringsmaatregelen toegepast. De warmtebeelden toonden echter aan dat binnen enkele percelen de variatie in temperatuur (verdamping) erg groot was. Daardoor is aan de hand van de warmtebeelden nagegaan in hoeverre de plaats in het perceel waar de factoranalyseproef heeft plaatsgevonden representatief was voor het gehele gebied.

Doordat per proefperceel bodemtype, grondwatertrap en opbrengst bij de factoranalyseproef waren bepaald is geprobeerd een relatie te leggen tussen bodemtype en grondwatertrap enerzijds en opbrengst en gewastemperatuur anderzijds.

De beeldverwerking is uitgevoerd op het remote sensing verwerkingsysteem van de Landbouwhogeschool te Wageningen.

Per perceel is met behulp van de computer de gemiddelde dichtheitswaarde bepaald. Tevens is de dichtheitsverdeling per perceel (zie fig. 5.4.) in een histogram weergegeven.

10:	0.00 %	0
16:%%	0.78 %	2
22:%%	1.57 %	3
28:%%%%%%%%	8.18 %	18
34:%%%%%%%%%%%%%%%%	17.49 %	39
40:%%%%%%%%%%%%%%%%%	18.72 %	42
46:%%%%%%%%	10.20 %	23
52:%%%%%%%%	9.19 %	20
58:%%%%%%%%	10.20 %	23
64:%%	5.61 %	13
70:%%	4.37 %	10
76:%%	5.72 %	13
82:%%	2.24 %	5
88:%%	2.24 %	5
94:%%	1.57 %	3
100:%%	1.57 %	3

Maximum frequency =18.72% one % =0.94%

Mean = 52.17 +/-18.15

Skewness = 0.88 Kurtosis = 0.19

Fig. 5.4. Densiteitsverdeling van een optimaal verdampend gewas
(10 = 16,0°C en 100 = 20,5°C)

Door een interne calibratie van de scanner kunnen densiteitswaarden (kleuren of grijstinten op warmtebeelden) worden vertaald in scan-
nertemperaturen. De resultaten voor de proefpercelen staan vermeld in
tabel 5.4.

Tabel 5.4. Temperatuur afgeleid uit het warmtebeeld opgenomen op 8 augustus 1983 om 14.30 uur zomertijd en de eindproductie per proefperceel

Perceel	Bodemtype	Grondw. trap	Droogte klasse	Temperatuur (°C)	Opbrengst (ton/ha)
19	Hn21	VII	III	20,8 +/- 0,7	53
21	Hn21	VII	III	21,2 +/- 0,7	40
63	Hn21	VII	III	21,8 +/- 0,8	57
66	Hn21	VII	III	20,7 +/- 1,1	28
5	Hn21	VII	III	20,2 +/- 1,0	45
70	iWp	IV	I	19,5 +/- 2,2	60
4	iWp	VI	I	18,9 +/- 0,6	57
65	iWp	VI	III	-	56
68	iWp	VI	II	19,1 +/- 0,5	42
3	iWp	VII	I	19,9 +/- 0,8	56
6*	iWp	VII	III	18,5 +/- 0,3	68
18	iWp	VII	II	21,6 +/- 0,8	42
24	iWp	VII	II	19,7 +/- 0,5	47
25	iWp	VII	II	21,5 +/- 1,1	44
72	iWp	VII	I	17,2 +/- 0,6	67
73	iWp	VII	II	18,1 +/- 1,1	45
20	iWz	IV	I	19,8 +/- 0,9	50
9	iWz	IV	I	21,1 +/- 0,9	34
60	iWz	IV	I	19,8 +/- 0,7	61
50	iWz	VI	I	20,3 +/- 1,1	53
11	iWz	VI	I	18,9 +/- 0,9	70
71	iWz	VI	I	20,4 +/- 1,4	54
7	iWz	VI	II	19,5 +/- 0,7	45
8	iWz	VI	II	-	48

*Ondanks dat perceel 6 een diepe grondwaterstand heeft en gerekend wordt tot droogteklasse III wordt op dit perceel een opbrengst gehaald van 68 ton per ha. Oorzaak is de berekening

De informatie over, bodemtype, grondwatertrap en opbrengst zijn gehaald uit de gegevens van de factoranalyse proef.

De droogteklasse is ingeschat per proefplek aan de hand van de resultaten van de hydrologische modelberekeningen.

Droogteklasse I : geen of bijna geen uitdrogingsverschijnselen.

Droogteklasse II : matige uitdrogingsverschijnselen.

Droogteklasse III: sterke uitdrogingsverschijnselen.

Tabel 5.5. geeft de gemiddelde opbrengst per bodemtype en per droogteklasse.

Tabel 5.5. Relatie tussen bodemtype, droogteklasse en gemiddelde opbrengst

Bodemtype	Droogteklasse	Gem. opbrengst (ton/ha)
Hn21	III	34,6
iWp	I	57,4
iWp	II	45,4
iWp	III	62
iWz	I	53,7
iWz	II	45,0

Tot verdrogingsklasse III bij de iWp werden slechts 2 percelen gerekend. De al eerder genoemde perceel 6 met berekening en perceel 65.

Op het warmtebeeld vertoonde dit laatste perceel een grote variatie in temperatuur. De exactheid van de opbrengst van dit perceel, bepaald op één proefplek, moet door deze variatie in twijfel worden getrokken.

Figuur 5.5. toont per bodemtype de relatie tussen de scannertemperatuur en de door proefrooiing bepaalde eindproduktie. Voor de proefpercelen met bodemtype Hn21 werd een grote variatie in produktie gevonden terwijl de scannertemperaturen in het algemeen erg hoog waren. Mede door het beperkte aantal waarnemingen werd voor dit bodemtype geen relatie gevonden tussen de scannertemperatuur en de eindproduktie.

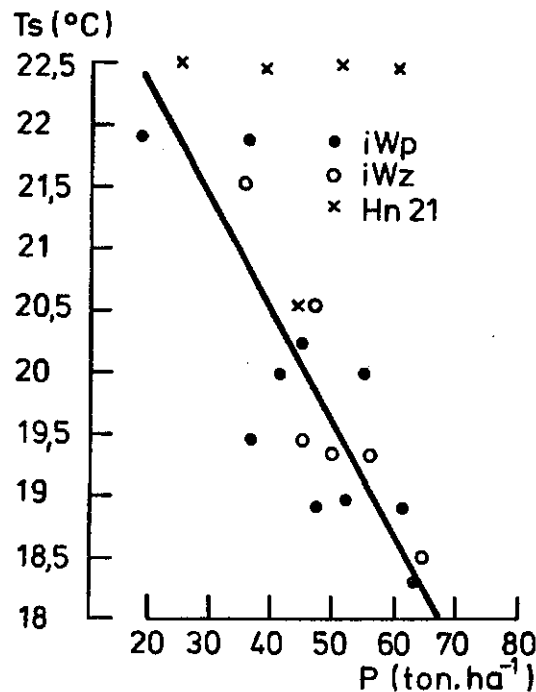


Fig. 5.5. Relatie tussen scannertemperatuur (T_s) en de eindproduktie (P) voor een drietal bodemtypen

Voor de bodemtypen iWz en iWp werd daarentegen een duidelijke correlatie gevonden tussen de scannertemperatuur en de eindproduktie. Dit betekent dat in 1983 de eindproduktie in belangrijke mate bepaald is door het al dan niet optreden van droogteschade in juli en augustus. Bovendien blijkt, dat met warmtebeelden mits opgenomen op het goede moment, informatie wordt verkregen over waar en in welke mate schade optreedt na een relatief droge periode.

Behalve naar de gemiddelde waarden van percelen is ook naar de temperatuurvariatie binnen percelen gekeken. Figuur 5.6. toont een uitvergroting van het warmtebeeld, waarop de proefpercelen 64, 65 en 66 te zien zijn.

Aan de hand van dergelijke uitvergrotingen is te constateren of de gekozen proefplek binnen het perceel, welke onder de stereoscoop exact is vast te stellen op de false-colour foto, representatief is voor de rest van het perceel.



Fig. 5.6. Uitvergroting van het warmtebeeld van de proefpercelen 64, 65 en 66 opgenomen op 8 augustus 1983 om 14.30 uur zomertijd (voor de kleurenreeks zie fig. 5.3.)

Vooraf op de wat hoger gelegen gronden, in en rondom gebieden met veldpodzolen (Hn21) worden binnen percelen grote verschillen aangetroffen, waardoor de kans groot is, dat een proefplek binnen een perceel niet representatief is voor het gehele perceel.

Binnen deze percelen varieert de situatie van vrijwel geen tot sterke verdroging.

In de lagere delen, met meer veengronden, worden veel homogene percelen aangetroffen zoals perceel 72 en 73.

Verschillen tussen percelen onderling zijn duidelijk te constateren op het warmtebeeld. Deze worden veroorzaakt door variatie in de vochtvoorziening door bodemkundige verschillen dan wel verschillen in grondwaterstand.

5.4. Effecten van grondverbeteringsmaatregelen

Alvorens te kijken naar de effecten van grondverbetering in het hele veenkoloniale gebied, is eerst gekeken naar de effecten van een grondverbeteringsproef met aardappels op de proefboerderij Borgercompagnie.

5.4.1. Grondverbeteringseffecten op de proefboerderij Borgercompagnie

Op de proefboerderij is de laatste 20 jaar uitgebreid onderzoek gedaan naar de effecten van verschillende grondverbeteringsmaatregelen.

Door in detail naar de proefboerderij te kijken is getracht het effect van grondverbetering te bepalen.

Het achterste deel van de langgerekte kavel van de proefboerderij is in de lengte-richting verdeeld in 4 banen.

De twee buitenste banen zijn bewerkt, de middelste baan heeft nog een onbewerkt oorspronkelijk veenkoloniaal bodemprofiel. De banen zijn elk ± 8 m breed.

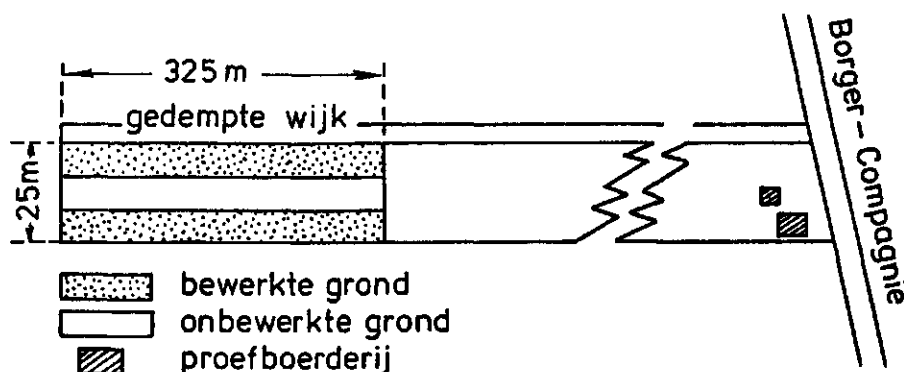


Fig. 5.7. Schets proefboerderij Borgercompagnie

In 1983 werden op dit gedeelte van de proefboerderij aardappels verbouwd. Wordt de proefboerderij op de false-colour foto bekeken, dan zijn er geen tintverschillen te constateren. Het gewas staat er zo te zien over het hele perceel homogeen en fris groen (rood op de false-colour foto) bij.

Een uitvergroting van het warmtebeeld toont echter dat er temperatuursverschillen optreden tussen bewerkte en onbewerkte delen. Figuur 5.8. toont de uitvergroting.

De middelste, onbehandelde baan grond is warmer dan de twee buitenste onbewerkte banen.

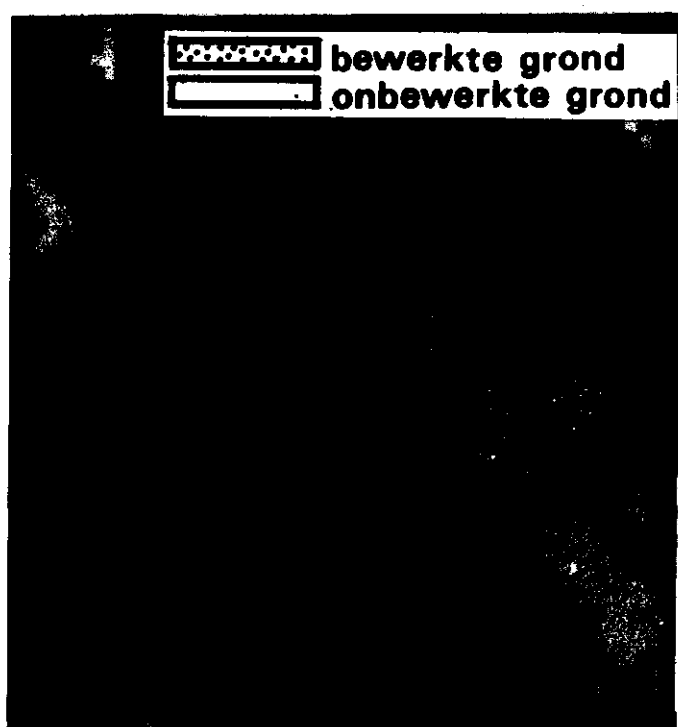


Fig. 5.8. Uitvergroting van het warmtebeeld van de proefboerderij Borgercompagnie opgenomen op 8 augustus 1983 om 14.30 uur zomertijd. Voor de kleur-temperatuurkoppeling wordt verwezen naar tabel 5.6.

Tabel 5.6. Kleur-temperatuurkoppeling alleen geldend voor het warmtebeeld van figuur 5.8.

blauw-zwart	17,3 - 17,5 °C	geel	19,1 - 19,3 °C
donker blauw	17,6 - 17,8 °C	oranje	19,4 - 19,6 °C
blauw	17,9 - 18,1 °C	rood-paars	19,7 - 19,9 °C
donker groen	18,2 - 18,4 °C	helder rood	20,0 - 20,2 °C
groen	18,5 - 18,7 °C	crème	20,3 - 20,5 °C
bruin	18,8 - 19,0 °C	wit	20,6 - 23,8 °C

Tabel 5.6. toont de met de kleuren in figuur 5.8. overeenkomende scannertemperaturen.

De temperatuur van de stroken met grondverbeteringsmaatregelen is gemiddeld 18,5 °C. De strook met het oorspronkelijk profiel heeft een gemiddelde temperatuur van 19,1 °C.

Met de scanner worden gemiddelde temperaturen verkregen van oppervlakten van 10 bij 10 m. Dat wil zeggen, dat bij een strookbreedte van 8 m altijd gemiddelde waarden worden verkregen van een deel bewerkt en een deel onbewerkt. In de werkelijkheid zal het verschil dan ook groter geweest zijn dan de 0,6 °C die uit dit warmtebeeld volgt. Dit betekent volgens tabel 2.1. een verschil in reductie in verdamping van tenminste 15%. Met de verschillen in reductie in verdamping treden evenredige verschillen in produktie op (FEDDES e.a., 1978).

De koudere blauwe vlekken die in het proefperceel liggen op het warmtebeeld hebben ook een oorzaak. Volgens een gedetailleerde bodemkartering (WIEBING, 1981) bevindt zich in het hele achterste gedeelte een dikkere laag weinig materiaal dan in de verst van het proefperceel.

Veen heeft de eigenschap veel water vast te houden waardoor de vochtvoorziening vooral in droge perioden wat gunstiger is dan in de zandiger bodemtypen. Vermoedelijk heeft de koudere plek midden op het proefperceel ook een dergelijke betekenis.

Ook hier is te constateren, wat ook al uit hoofdstuk 5.2. bleek, dat verschillen in bodemtype en bodemstructuur terug komen op het warmtebeeld in de vorm van temperatuurverschillen.

De situatie op de proefboerderij is ook een goed voorbeeld dat het warmtebeeld toevoegd aan hetgeen op de false-colour foto is te zien. Op de false-colour foto is geen onderscheid tussen de 3 banen waar te nemen. Ook de meer weinig plekken zijn niet waarneembaar. Het proefperceel lijkt egaal van tint.

Het is de vraag of de grondverbetering toegepast op de proefboerderij op praktijkniveau een vergelijkbaar resultaat oplevert. De proefboerderij staat min of meer model voor het omringende gebied en werkzaamheden vinden er plaats onder zo optimaal mogelijke omstandigheden.

5.4.2. Effecten van grondverbetering in het veenkoloniale gebied

De effecten van grondverbetering zijn bestudeerd voor een beperkt gebied aan de hand van een door de Landinrichtingsdienst te Assen samengestelde kaart met grondverbeteringsmaatregelen tot en met 1983.

Dit gebied wordt begrensd door de dorpen Tweede Exloërmond, Drouweniermond en Stadskanaal.

Allereerst is er om een goed vergelijk te maken op de false-colour foto en het warmtebeeld aangegeven op welke percelen grondverbetering is toegepast. Figuur 5.9. toont een enkel voorbeeld.

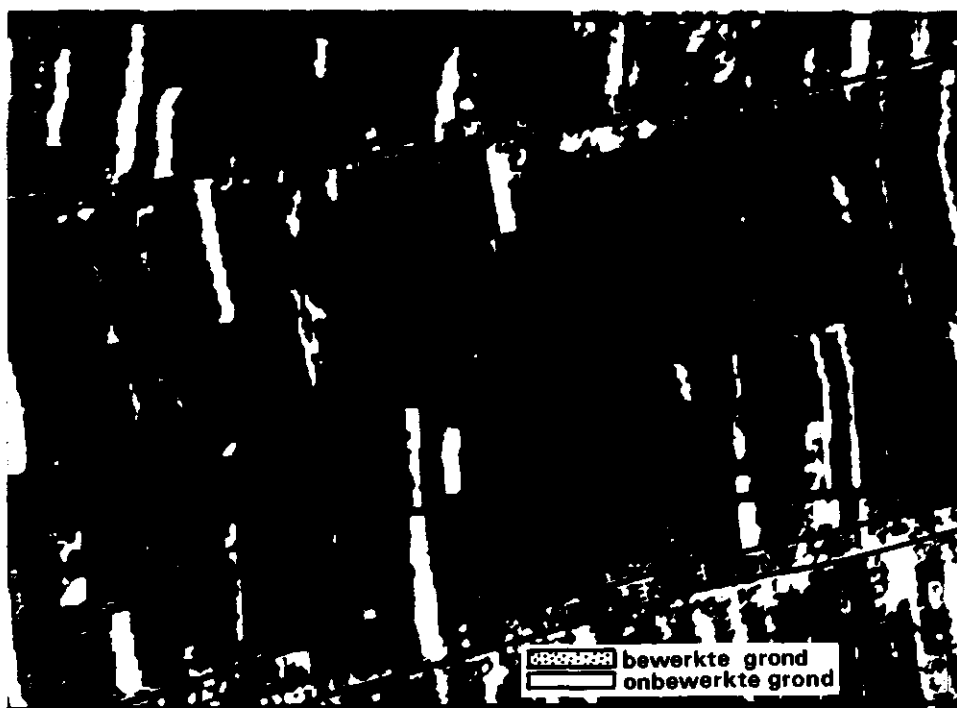
Vervolgens is uitgezocht op welke percelen aardappels werden verbouwd. Vervolgens zijn systematisch de temperaturen genoteerd van zo dicht mogelijk naast elkaar liggende bewerkte en onbewerkte percelen. Bovendien zijn de percelen ingedeeld naar bodemtype.

Het bodemtype werd bepaald aan de hand van de 1:50 000 bodemkaart in samenhang met de gegevens van de factoranalyseproef.

De op bovengenoemde wijze verkregen resultaten staan vermeld in tabel 5.7.



Fig. 5.9. False-colour foto (boven) en warmtebeeld (onder) van een gebied van ongeveer 3 bij 5 km opgenomen op 8 augustus 1983 om 14.30 uur zomertijd (voor de kleurenreeks zie fig. 5.3.)



Tabel 5.7. Temperaturen afgeleid uit het warmtebeeld van bewerkte en onbewerkte percelen. Bovendien zijn de gemiddelde temperaturen en de verschillen in temperatuur (ΔT) en verdamping (ΔE) tussen bewerkte en onbewerkte percelen per bodemtype opgenomen

Bodem- type	Kleur		Temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)		Gem. temp. ($^{\circ}\text{C}$)		ΔT	ΔE (%)
	bewerkt	onbewerkt	bewerkt	onbewerkt	bewerkt	onbewerkt		
iVz	donker blauw	blauw	18,0	18,9				
	blauw	groen	18,9	19,5				
	blauw	blauw/groen	18,9	19,2				
	donker blauw	blauw/groen/geel	18,0	19,5	18,7	20,1	1,4	30
	groen	rood	20,0	24,2				
	donker blauw	groen/geel	18,0	20,6				
iWz	blauw	blauw	18,9	18,9				
	blauw	geel	18,9	21,2				
	blauw	groen	18,9	19,7				
	blauw	groen/geel	18,9	20,6	19,1	20,1	1,0	25
	groen	blauw	19,5	18,9				
	blauw/groen	geel/paars	19,2	22,1				
iWp	groen/geel	blauw/groen	20,6	19,2				
	blauw/groen	geel/paars	19,2	22,1				
	blauw/groen	groen/geel	19,2	20,6				
	geel	blauw	21,2	18,9				
	blauw	geel/paars	18,9	22,1	19,3	20,9	1,6	33
	blauw/groen	paars/rood	19,2	23,6				
Hn21	blauw/groen	geel/bruin	19,2	20,9				
	blauw/groen	groen/geel	19,2	20,6				
	blauw/groen	groen/geel	19,2	20,6				
	donker blauw	groen/geel	18,0	20,6				
	blauw	groen	18,9	19,5				
	blauw tot paars	blauw tot paars						

Opmerkingen over het resultaat van de tabel:

- Grondverbetering heeft effect bij iVz, iWz en iWp. Bij de Hn21 zijn effecten moeilijk te constateren daar percelen met Hn21 zeer wisselend van temperatuur zijn ook de bewerkte percelen. De temperatuursverschillen resulteren op de vluchtdag in verdampingsreductieverschillen van 30% voor iVz, 25% voor iWz en 33% voor iWp. Voor die dag mag eenzelfde procentueel opbrengstverlies worden gerekend (FEDDES e.a., 1978).
- De gemiddelde temperatuur wordt hoger naarmate het profiel zandiger wordt. Een constatering die wordt onderbouwd door de resultaten van de hydrologische modelberekening.
- De temperatuursverschillen tussen de percelen met eenzelfde grondsoort worden na grondverbeteringsmaatregelen kleiner. Er ontstaat kennelijk een meer homogeen profiel.

Aangenomen wordt dat de relatie tussen de scannertemperatuur en eindproduktie (zie fig. 5.5.) afgeleid voor de bewerkte proefpercelen van de factoranalyseproef ook mag worden toegepast op onbewerkte percelen.

Op deze wijze kan een schatting worden gemaakt van de effecten van grondverbetering in het relatief droge jaar 1983.

De uit de in tabel 5.7. vermelde gemiddelde temperaturen geschatte eindproducties aan aardappelen staan in tabel 5.8.

Tabel 5.8. Uit de scannertemperatuur geschatte eindproduktie aan aardappelen voor een tweetal bodemtypen in ton.ha^{-1} en elk percentage van het potentiële produktieniveau

Bodem- type	Opbrengst				Verschil in opbrengst (%)
	bewerkt		onbewerkt		
	(ton.ha ⁻¹)	(%)	(ton.ha ⁻¹)	(%)	
iWz	63	90	52	74	16
iWp	57	80	38	53	27

Effecten van 16 en 27% liggen in dezelfde orde van grote als resultaten verkregen aan de hand van proefveldwaarnemingen (WIEBING, 1984).

6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De laatste 15 jaar is toepassing van bodemverbetering in de Veenkoloniën aanzienlijk toegenomen. Met de grondverbeteringsmaatregelen worden storende lagen in het profiel gebroken waardoor een betere worteling mogelijk is. Veelal wordt door grondverbetering zowel de afvoer in een natte periode als de mogelijkheden voor aanvoer vanuit het grondwater in een droge periode verbeterd.

Grondverbetering wordt ook toegepast voor het conserveren van het nog aanwezige veen. In het kader van dit onderzoek is nagegaan of het effect van grondverbeteringsmaatregelen op de gewasproductie te constateren is op remote sensing beelden. In dit verslag wordt ingegaan op de remote sensing technieken.

Het onderzoek is uitgevoerd aan het gewas aardappelen. Verder is gebruik gemaakt van false-colour foto's en warmtebeelden. De false-colour foto geeft vooral informatie waar welk gewas staat, terwijl het warmtebeeld iets zegt over de toestand hoe het gewas kwalitatief erbijstaat.

Bestudeerd zijn opnamen van 8 augustus 1983, opgenomen na een relatief droge periode. Tijdens de opname was het wisselend bewoekt, waardoor geen volledige bedekking van het gehele onderzoeksgebied werd verkregen.

Op het warmtebeeld worden temperaturen gemeten die direct gekoppeld zijn aan de verdamping van het gewas (NIEUWENHUIS en PALLAND, 1982). De verdampingsreductie komt overeen met een reductie in produktie. Dankzij een factoranalyseproef uitgevoerd aan aardappelen op percelen met grondverbetering was van een groot aantal percelen in het veenkoloniale gebied gedurende het groeiseizoen van 1983 gedetailleerde veldgegevens beschikbaar. Bovendien zijn voor de meest voorkomende bodemtypen hydrologische modelberekeningen uitgevoerd om inzicht te krijgen in het optreden van droogteschade. De modelberekening afgeleid uit de methode RIJTEMA (1971), is erop gebaseerd dat per decade de vochtvoorziening per profiel wordt bijgehouden door middel van het opstellen

van een waterbalans. In het veenkoloniale gebied is er een grote variatie aan bodemtypen, zowel qua opbouw als qua structuur. De verschillen worden onder andere veroorzaakt door de ontginning van het veenkoloniale gebied in het verleden.

Ook in de hydrologische modelberekeningen komen de verschillen in vochtleverantie bij de verschillende bodemtypen naar voren. Enkele bodemtypen, voornamelijk de veenprofielen tonen in augustus 1983 na een uitzonderlijk droge periode nog bijna geen uitdrogingsverschijnselen, terwijl bij pure zandgronden zoals veldpodzol sterke uitdrogingsverschijnselen zijn te constateren. Gebleken is dat de patronen op de bodemkaart (1:50 000) op verschillende plaatsen overeenkomen met patronen op het warmtebeeld. Droogtegevoelige gronden manifesteren zich op het warmtebeeld als een gebied met hoge temperaturen. Volgens het warmtebeeld hebben bodemtypen een veel grilligere ruimtelijke verbreiding dan op de bodemkaart staat aangegeven.

Met de uitkomsten van de hydrologische modelberekeningen is de vochtvoorziening van alle proefpercelen (25 stuks) in te schatten.

Voor proefpercelen van hetzelfde bodemtype, waarop grondverbetering is toegepast, werd een relatie gevonden tussen scannertemperatuur en eindopbrengst.

In sommige extreme verdrogende situaties echter, met name bij de veldpodzolen, is de temperatuur binnen één perceel zo gevarieerd dat de kans dat de door middel van proefrooing bepaalde opbrengst representatief is voor het gehele perceel, klein is.

Bij de studie naar de effecten van grondverbeteringsmaatregelen is allereerst gekeken naar de proefboerderij Borgercompagnie. Op dit bedrijf is uitgebreid onderzoek gedaan naar de effecten van grondverbetering (WIEBING, 1976).

Gekeken is naar betrekkelijk smalle stroken bewerkte en niet-bewerkte grond binnen één aardappel perceel.

Het rendement van de grondverbetering is voor die dag op de proefboerderij tenminste 15%. Doordat de stroken smal zijn en het detail van de scanner beperkt, zijn de minimale en maximale temperaturen afgevlakt, waardoor het rendement wordt onderschat. Bij de studie naar de effecten van grondverbetering in het veenkoloniale gebied zelf is een vergelijk gemaakt tussen aardappelpercelen die dicht naast elkaar

lagen en hetzelfde bodemtype hebben (volgens de bodemkaart 1:50 000). Door systematisch percelen te vergelijken is uit de scannertemperatuur uiteindelijk het rendement van de grondverbetering per bodemtype vastgesteld.

Dit rendement geldt voor die ene dag, en wel een dag in een uitzonderlijk droge periode.

Voor de veengronden met veenkoloniaal dek en de moerige podzolgronden werd een rendement van $\pm 30\%$ voor die dag gevonden. De moerige eerdgronden vertoonden een rendement van 15%.

Het effect van de grondverbeteringsmaatregelen bij de veldpodzolen is niet vastgesteld door de grote variatie van temperaturen binnen een perceel op het warmtebeeld, zowel op bewerkte als onbewerkte percelen. Met de relatie tussen scannertemperatuur en opbrengst afgeleid voor de proefpercelen van de factoranalyseproef is zowel voor de bewerkte als onbewerkte percelen per bodemtype, behalve de veldpodzol, een schatting gemaakt van de opbrengst.

Onder de in 1983 heersende meteorologische omstandigheden bleek remote sensing een uitstekend hulpmiddel te zijn voor het vaststellen van de effecten van grondverbetering. Echter het tijdstip en omstandigheden waarop wordt gevlogen heeft invloed op de resultaten.

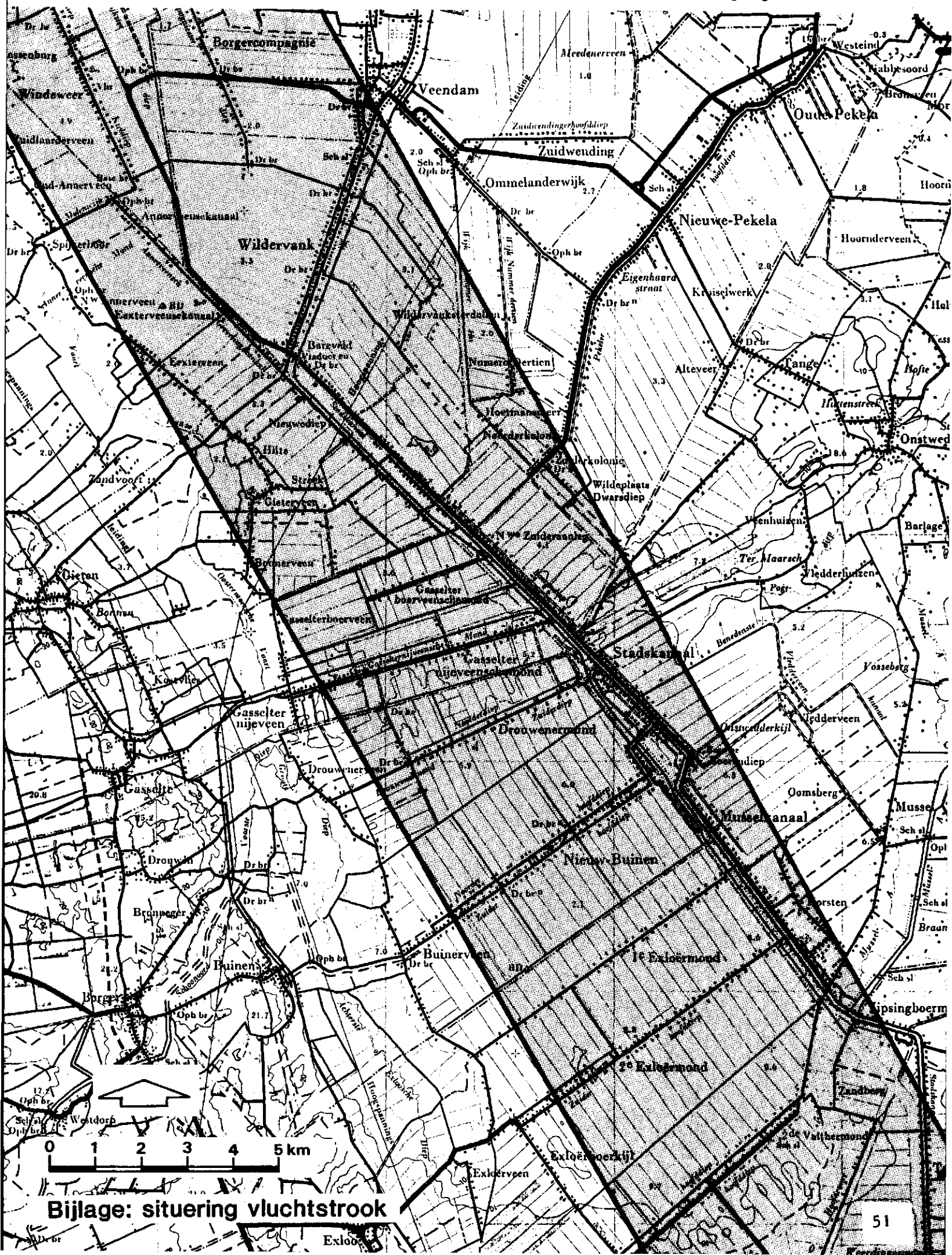
Wordt in het voorjaar of na een natte periode gevlogen dan zijn de gewassen goed van water voorzien en is het effect van grondverbetering nihil.

Oorzaak van verschillen liggen in de vochtvoorziening van de plant. Deze komen naar voren in droge perioden.

LITERATUUR

- BLOEMEN, G.W., 1982. De capillaire eigenschappen van de gronden het wateraanvoergebied 'De Monden'. Nota 1332, ICW, Wageningen.
- BOUWMANS, J.M.M., 1982. Remote sensing, wat is het en wat heeft de HBCS-er er aan. Nota 1346, ICW, Wageningen.
- FEDDES, R.A., P.J. KOWALIK en H. ZARADNY, 1978. Simulation of field water use and crop yield. Pudoc, Wageningen.
- KLAASSEN, W., 1980. Toepassingen van remote sensing. Cultuurtechnisch tijdschrift, 19e jaargang, nr. 5, p. 236-246.

- LILLESAND, T.M. en R.W. KIEFER, 1979. Remote sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, New York.
- LOOR, G.P. DE, 1980. Remote sensing en algemene inleiding. Cultuurtechnisch tijdschrift, 19e jaargang, nr. 5, p. 222-235.
- NIEUWENHUIS, G.J.A. en PALLAND, C.L., 1982. Verdamping van een aardappelgewas en de meting daarvan via remote sensing. Rapporten (nieuwe serie) nummer 2, ICW, Wageningen.
- , E.H. SMIDT and H.A.M. THUNNISSEN, 198 . Estimation of regional evatranspiration of arable crops from thermal infrared images. Int. Journ. of remote sensing (in voorbereiding).
- RIJTEMA, P.E., 1971. Een berekeningsmethode voor de benadering van landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekking. Nota 587, ICW, Wageningen.
- SMET, L.A.H. DE, 1969. De Groninger Veenkoloniën (westelijk deel). Bodemkundige en landbouwkundige onderzoeken in het kader van de bodemkartering. Verslag landbouwkundige onderzoeken nr. 722, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- THUNNISSEN, H.A.M. en H.A.C. VAN POELJE, 1984. Deelrapport 3. Bepaling regionale gewasverdamping met remote sensing in een gebied ten oosten van Hengelo (Gld.). Nota 1525, ICW, Wageningen.
- VEERMAN, G.J., 1982. Resultaten van fysische bepalingen in grondwatermonsters afkomstig uit het wateraanvoergebied 'De Monden'. Nota 1331, ICW, Wageningen.
- WIEBING, R., 1984. Persoonlijke mededeling.
- en A. SCHEPERS, 1977. De groei en opbrengst van aardappelen op wel en niet gediëpploegde veenkoloniale grond te Borgercompagnie. Verspreide overdrukken nr. 206, ICW, Wageningen. Bedrijfsontwikkeling, 8e jaargang, nr. 12, p. 1136-1141.
- , 1977. Grondverbetering beperkt droogteschade in de Veenkoloniën. Verspreide overdrukken nr. 205, ICW, Wageningen. Bedrijfsontwikkeling, 8e jaargang, nr. 6, p. 591-594.
- , 1979. Bodemverbeteringsonderzoek in de Veenkoloniën. Verspreide overdrukken nr. 246, ICW, Wageningen. Cultuurtechnisch Tijdschrift, 18e jaargang, nr. 6, p. 1-5.
- WIND, G.P. en R.A. POT, 1976. Bodenverbesserung in den holländischen Veenkoloniën. Verspreide overdrukken nr. 191, ICW, Wageningen. Z.f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, nr. 17, p. 193-206.



Bijlage: situering vluchtstrook