

NN31545.1687

BIBLIOTHEEK
STARINGSCENTRUM

ICW nota 1687 ^{II}

januari 1986



nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen

DE HYDROLOGIE OP AFSTAND IN BEELD GEBRACHT

ir. G.J.A. Nieuwenhuis

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS



0000 0131 0594

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

18 FEB. 1986

JSN 237616 *

Deze nota bevat de tekst van de voordracht, die is gepresenteerd tijdens het symposium 'Ontwikkelingen in het hydrologisch onderzoek'. Dit symposium werd georganiseerd door de Hydrologische Kring en werd gehouden op 18 december 1985

I N H O U D

	Blz.
SAMENVATTING	1
1. INLEIDING	1
2. BESCHIKBARE LUCHTOPNAMEN	2
2.1. Remote sensing systemen	2
2.2. Platforms	4
3. TOEPASSING VAN REMOTE SENSING IN DE HYDROLOGIE	6
4. TOEPASSING VAN REMOTE SENSING IN DE LANDBOUW- WATERHUISHOUDING	8
5. ENKELE KANTTEKENINGEN BIJ DE TOEPASSING VAN REMOTE SENSING	12
6. PERSPECTIEVEN REMOTE SENSING	12
LITERATUUR	14

Samenvatting

Na een korte toelichting op de beschikbare luchtopnamesystemen wordt een aantal toepassingsmogelijkheden van remote sensing in de hydrologie besproken. Electronische luchtopnametechnieken lenen zich goed voor een kwantitatieve analyse. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van resultaten, die zijn verkregen bij de kartering van verdamping aan de hand van digitaal opgenomen reflectie- en warmtebeelden.

Afgelopen jaren is het belang van remote sensing op diverse terreinen aangetoond. Om het daadwerkelijke gebruik van remote sensing in de praktijk van de grond te krijgen, is het van groot belang dat de remote sensing beeldverwerking wordt afgestemd op bestaande Geografische Informatie Systemen (GIS), zoals het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS) en de Cultuurtechnische Inventarisatie (CI).

1. Inleiding

Met opnamen vanuit een vliegtuig of satelliet kan in korte tijd een overzicht worden verkregen voor een groot gebied. Door de ontwikkeling van elektronische opnametechnieken is het waarnemingsvermogen sterk uitgebreid. Gereflecteerde zonnestraling kan nu in diverse gescheiden golflengtebanden worden waargenomen. Bovendien hebben de thermografie en radar een sterke ontwikkeling doorgemaakt. Mede daardoor is de belangstelling voor remote sensing in de jaren zeventig sterk toegenomen.

Daar met satellietbeelden regelmatig een overzicht wordt verkregen over een groot gebied lenen deze zich bij uitstek voor het volgen van processen. De jongste generatie aardobservatiesatellieten verschaffen opnamen met een detail van 10 tot 30 m. Mede door het verbeterde ruimtelijk oplossend vermogen worden satellietopnamen meer en meer toegepast.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de mogelijkheden van electronische opnamesystemen. Bovendien wordt het verschil tussen vliegtuig- en satel-

liet remote sensing besproken. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 een aantal toepassingen in de hydrologie kort toegelicht. Daarbij worden ook enkele voorbeelden genoemd betreffende de kwaliteit van het oppervlaktewater. In hoofdstuk 4 wordt meer uitgebreid de toepassing van remote sensing in de landbouwwaterhuishouding besproken.

Op het ICW is een methodiek ontwikkeld voor de kartering van verdamping aan de hand van reflectie- en warmtebeelden, die zijn opgenomen vanuit vliegtuigen of satellieten. In het kader van het Remote Sensing Studieproject Oost-Gelderland (Projectteam, 1985) is gebleken dat de remote sensing benadering een belangrijke aanvulling kan leveren op de conventionele methoden voor het verkrijgen van inzicht in de hydrologische situatie van een bepaald gebied. In hoofdstuk 5 worden enkele kanttekeningen geplaatst bij de toepassing van remote sensing. Ten slotte wordt in hoofdstuk 6 ingegaan op de perspectieven van remote sensing toepassingen in de hydrologie.

2. Beschikbare luchtopnamen

2.1. Remote sensing systemen

Een veel gebruikte techniek in de remote sensing betreft de false colour fotografie. De kleurgevoeligheid van de verschillende emulsielagen van een false colour film wijkt af van die van een normale kleurenfilm. Hierdoor treedt er een kleurenverschuiving op (zie fig. 1): blauwe straling wordt door een geelfilter tegengehouden, groene straling krijgt op een false colour foto een blauwe kleur, rode straling een groene kleur en nabij infrarode straling een rode kleur.

Omdat nabij infrarode straling door vegetatie veel sterker wordt gereflecteerd dan zichtbaar licht heeft groene vegetatie op false colour foto's een rode kleur.

De elektronische remote sensing systemen zijn de nieuwste categorie hulpmiddelen om de waarnemingsmogelijkheden van het oog uit te breiden. Deze uitbreiding bestaat met name uit:

1. waarnemen in delen van het electromagnetisch spectrum, waarvoor ons



Fig. 1. Weergave van de kleuren bij een normale foto (links) en bij een false colour foto (rechts).

B = blauw, G = groen, R = rood en IR = infrarood

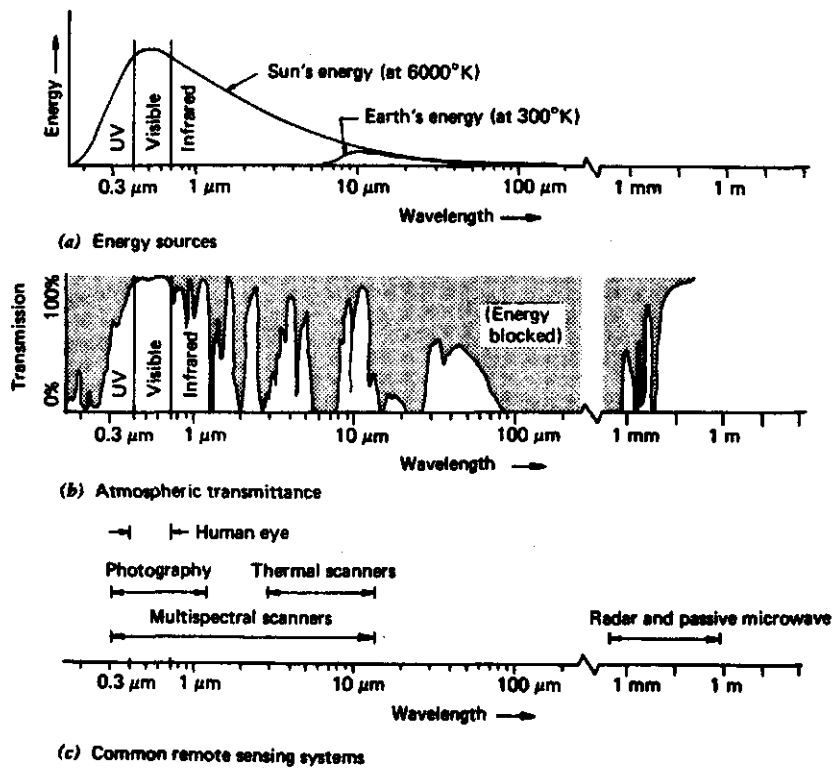


Fig. 2. Spectrale karakteristiek van energiebronnen (a), atmosferische effecten (b) en remote sensing systemen (c) (naar: Lillesand and Kiefer, 1979).

- oog niet gevoelig is (vergroting spectraal bereik),
2. onderscheiden van zeer geringe kleurverschillen (vergroting spectraal scheidend vermogen),
 3. onderscheiden van zeer geringe helderheidsverschillen (vergroting radiometrisch scheidend vermogen).

Naast deze uitbreiding heeft waarnemen vanuit de lucht of vanuit de ruimte bovendien als voordeel dat het object in samenhang met zijn omgeving wordt waargenomen.

Er kan slechts worden waargenomen in die delen van het electromagnetisch spectrum, waarin de doorlatendheid van de atmosfeer relatief groot en de absorptie dus gering is (fig. 2B). Dergelijke gebieden worden aangeduid met de term 'vensters'. Zo onderscheidt men het venster zichtbaar licht en nabij-infrarood (0,4-1,1 μm), twee thermische vensters (3-5 μm en 8-14 μm) en het microgolf venster (>1 mm).

In fig. 2c staat aangegeven met welke sensoren in de verschillende golflengtegebieden kan worden waargenomen. Alle systemen, die de beeldruimte lijn voor lijn aftasten, worden 'line-scan' systemen genoemd. Een voordeel van dit type systemen is dat het beeldsignaal direct in elektrische vorm beschikbaar komt en vervolgens kan worden opgeslagen op een magneetband. Wel betekent het gebruik van een line-scan systeem dat men bij de verwerking rekening moet houden met de lijnenstructuur op de beelden: het beeld komt niet in zijn geheel tot stand zoals bij een luchtfotocamera, maar lijn na lijn.

Voor specificatie van enkele scanners, die bij satelliet remote sensing worden toegepast, wordt verwezen naar tabel 1.

2.2. Platforms

Gebruikelijke platforms zijn vliegtuigen en satellieten. Het grote verschil tussen vliegtuig en satelliet remote sensing is de flexibiliteit. Bij satelliet remote sensing liggen de opnameschaal, het opnametijdstip en de opnamefrequentie vast (zie tabel 1). Bovendien is vanwege bewolking niet iedere opname bruikbaar. De toepasbaarheid van satellietopna-

Tabel 1. Specificaties van enkele satelliet scanners.

	Landsat- 4 en 5-TM	SPOT	NOAA(AVHRR)	Meteosat
	Nr. Banden	Nr. Banden	Nr. Banden	Nr. Banden
	1 450-520 nm			
	2 520-600	1 500-590 nm	1 580-680 nm	1 500-900 nm
Positie spectrale banden	3 630-690	2 610-690		
	4 760-900	3 790-900	2 725-1100	
	5 1,55-1,75 μm	P 510-730		
	7 2,08-2,35		3 3,55-3,93 μm	2 5,7- 7,1 μm
	6 10,4-12,5		4 10,5-11,3	3 10,5-12,5
			5 11,5-12,5	
strookbreedte	185 km	60 km	3000 km	-
ruimtelijke resolutie	30x30 m	20 m	1100 m	2500 m voor band 1
opnamefrequentie	120x120 m voor band 6	10 m P		5000 m voor band 2+3
	16 dagen	26 dagen	12 uur	0,5 uur

men wordt wel steeds groter, omdat het geometrisch scheidend vermogen van de nieuwe apparatuur steeds beter wordt. In de nabije toekomst zal een geometrische resolutie van 10 x 10 m (panchromatisch) en 20 x 20 m in de verschillende spectrale banden van het spectrum worden bereikt (Franse satelliet SPOT te lanceren in januari 1986). Dit ligt in dezelfde orde van grootte als de geometrische resolutie, die momenteel vanuit vliegtuigen wordt gehaald bij opnamen van 4 à 5 km hoogte.

Satellieten worden naar de baan die ze beschrijven onderscheiden in zonsynchrone en geostationaire satellieten (zie fig. 3). De eerste beschrijven een baan over de polen op een hoogte van 800 tot 900 km. Geostationaire satellieten bevinden zich in een baan op 35 900 km hoogte boven de evenaar en nemen daardoor een vaste positie in ten opzichte van het aardoppervlak (bijv. Meteosat).

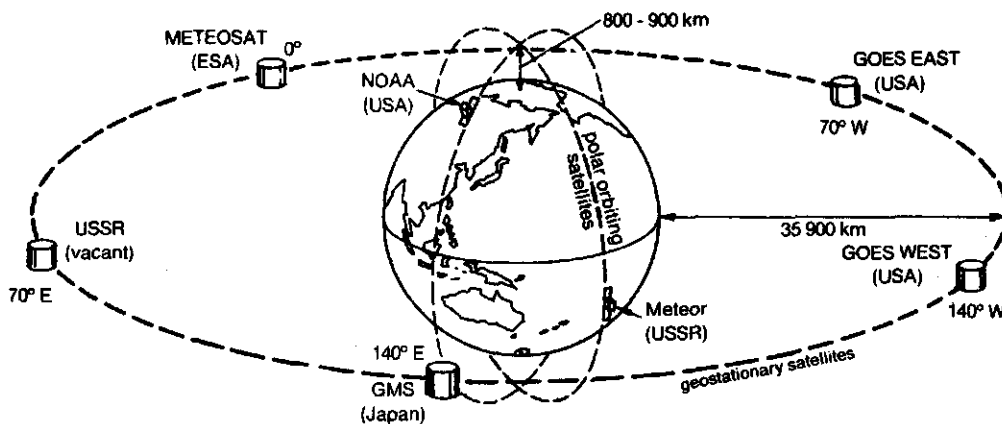


Fig. 3. Baan die zonsynchrone (polaire baan) en geostationaire satellieten beschrijven rond de aarde.

3. Toepassing van remote sensing in de hydrologie

Bij de weersvoorspelling wordt al gedurende meerdere jaren operationeel gebruik gemaakt van satellietopnamen. Op het gebied van de hydrologie zijn er momenteel enkele operationele toepassingen. Zo heeft Rijkswater-

staat op 1 januari 1983 een oliedetectiesysteem in gebruik genomen. Het bestaat uit een tweezijdig Side Looking Airborne Radar (SLAR-)systeem. Voorts wordt gebruik gemaakt van een Infrarood/Ultra Violet Line Scanner (IR/UVLS) en luchtfotocamera's. Met de apparatuur wordt een beter inzicht verkregen over het aantal en de omvang van verontreinigingen op de Noordzee.

De schatting van de hoeveelheid sneeuwsmeltwater - van groot belang voor het peilbeheer bij stuwmeren - is in Noorwegen mede gebaseerd op beelden van de NOAA-weersatelliet. De te verwachten hoeveelheid sneeuwsmeltwater in het voorjaar wordt geschat mede aan de hand van de uit NOAA-beelden afgeleide sneeuwbedekking (Anderson, 1984).

Naast de genoemde operationele toepassingen zijn nog diverse potentiële toepassingsmogelijkheden in onderzoek. Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- Voor het opstellen van een waterbalans is informatie over het bodemgebruik van groot belang. Met name voor ariede gebieden, waar dergelijke gegevens vaak ontbreken, wordt meer en meer gebruik gemaakt van Landsat-beelden. Met het in gebruik nemen van de Thematic Mapper scanner in de Landsat 4 en 5 satelliet, waarmee reflectiebeelden met een detail van 30 m worden verkregen, zijn de toepassingsmogelijkheden sterk toegenomen. Met deze scanner wordt voor het eerst vanuit een satelliet informatie op perceelsniveau verkregen.
- Menenti (1984) ontwikkelde een methode voor de kartering van de verdamping in woestijngebieden aan de hand van satellietbeelden. In gebieden, waar grondwater aan of dichtbij het aardoppervlak komt, kunnen grote verdampingsverliezen optreden. Deze gebieden staan bekend als "playa's". Een nauwkeurige schatting van verdampingsverliezen is voor een meerjarig gebruik van het grondwater voor bijvoorbeeld irrigatie van groot belang.
- Barrett en Martin (1981) presenteren een methode voor de voorspelling van de hoeveelheid neerslag aan de hand van satellietbeelden. Hierbij worden reflectie- en warmtebeelden toegepast. De uit satellietbeelden voorspelde neerslaggegevens kunnen dan direct worden gekoppeld aan optredende afvoeren. Deze methode is onder andere toegepast door Rott

(1985) voor een tweetal afvoergebieden van de Donau. Voor gebieden met een beperkt aantal gegevens lijkt deze wijze van afvoervoorspelling veelbelovend.

- Reflectiebeelden verkregen via scanneropnamen verschaffen informatie over de "kleur" van open water. Daarmee kan kwantitatieve informatie worden verkregen over de aanwezige watervegetaties, algen al dan niet in drijfslagen, zwevende stof en humuszuren (Dardeau, 1983; Meulstee en van Stokkom, 1985 en Rijkswaterstaat, 1985). Luchtfotografie levert slechts informatie in kwalitatieve zin.
- De temperatuur aan het wateroppervlak kan met thermische scanners worden vastgelegd. Naast informatie over de momentane temperatuur op een bepaalde plaats wordt het ruimtelijke temperatuurpatroon verkregen, hetgeen voor de bepaling van effecten van koelwaterlozingen van groot belang is (Van Wakeren en Sweers, 1979).

De temperatuurverdeling geeft informatie over stromingspatronen en mengingsprocessen. Opgemerkt wordt dat met deze methode géén gegevens worden verkregen over de verticale verdeling van de temperatuur.

- Een veelbesproken toepassing van remote sensing op het gebied van de milieuproblematiek is de opsporing van vuilstortplaatsen (Van Genderen et al., 1983). Gebleken is dat false colour foto's voor dit doel zeer geschikt zijn. Ongewenste ontwikkelingen op vuilstortplaatsen kunnen worden gedetecteerd met een combinatie van false colour luchtfotografie en thermische scanning. Met nadruk wordt gesteld dat slechts die ingrepen kunnen worden bestudeerd, die een verandering veroorzaken in kleur, structuur of temperatuur aan het aardoppervlak.

4. Toepassing van remote sensing in de landbouwwaterhuishouding

In het kader van het Remote Sensing Studieproject Oost-Gelderland is ervaring opgedaan met de toepassing van remote sensing onder praktijkomstandigheden. Hierbij zijn onder andere de mogelijkheden in de landbouwwaterhuishouding onderzocht (Thunnissen en Van Poelje, 1984; Thunnissen, 1984). Een methode is ontwikkeld voor de kartering van de verdamping aan de hand van reflectie- en warmtebeelden. Voor het vaststellen van het belang van remote sensing in de landbouwwaterhuishouding is in het studieproject remote sensing toegepast in combinatie met conventionele methoden.

Voor het gebied in de omgeving van het pompstation 't Klooster zijn in het groeiseizoen van 1982 en 1983 veldwaarnemingen en berekeningen met het hydrologisch model SWATRE (Belmans et al., 1983) uitgevoerd. Bovendien zijn zowel in 1982 als 1983 op een aantal dagen remote sensing opnamen gemaakt. Vooral de opnamen na een relatief droge periode op 30-7-1982 en 17-7-1983 waren van belang voor het hydrologisch onderzoek.

De relatie tussen de stralings-temperatuur en de verdamping verschilt per gewas. Op het ICW zijn voor diverse gewassen standaardrelaties bepaald tussen de opwarming van een gewas midden overdag en de dagverdamping. Om een warmtebeeld te kunnen vertalen in een kaart met dagverdampingswaarden is allereerst een gewassenkaart nodig. Deze is samengesteld uit de simultaan met het warmtebeeld opgenomen reflectiebeelden in het groen, rood en nabij-infrarood. Door het combineren van de uit reflectiebeelden afgeleide gewassenkaart met het warmtebeeld werd voor het eerst een verdampingskaart van een gebied vervaardigd door automatische verwerking van digitaal opgenomen reflectie- en warmtebeelden. Hierbij is het beeldverwerkingssysteem RESEDA van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium te Amsterdam gebruikt. Figuur 4 toont een voorbeeld van een dergelijke dag-verdampingskaart voor 30 juli 1982 voor het onderzoeksgebied in de omgeving van het pompstation 't Klooster. Zwart betekent niet geklassificeerd. Deze klasse betreft (bijna) kale grond, bos en open water. Verdampingswaarden zijn toegekend voor de gewassen middelhoog en hoog grasland en maïs.

Door de invloed van berekening en de variatie in bodemtypen en grondwatertrappen was er geen cirkelvormig verdrogingspatroon zichtbaar rondom het onttrekkingspunt. Vanwege het berekende kegelvormige verlagingspatroon rondom het pompstation (De Laat and Awater, 1978) was dit wel verwacht (zie ook de 10 cm verlagingslijn in figuur 4). Uit een systematische analyse van de met remote sensing bepaalde verdampingswaarden per gewas, bodemtype en grondwatertrap werd echter wel informatie verkregen over de invloed van de grondwateronttrekking op de gewasverdamping. Figuur 5 toont 2 typische resultaten.

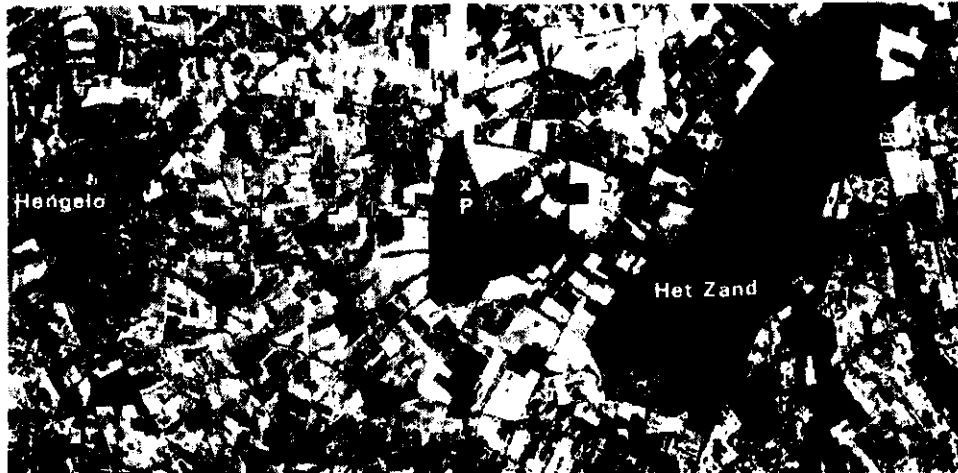


Fig. 4. Dagverdampingskaart voor 30 juli 1982 van het onderzoeksgebied in de omgeving van het pompstation 't Klooster (P), die is samengesteld door automatische verwerking van reflectie- en warmtebeelden. Zwart betekent niet geklassificeerd. Van donkergrijs naar wit neemt de verdamping af van potentiële naar extreme verdroging.

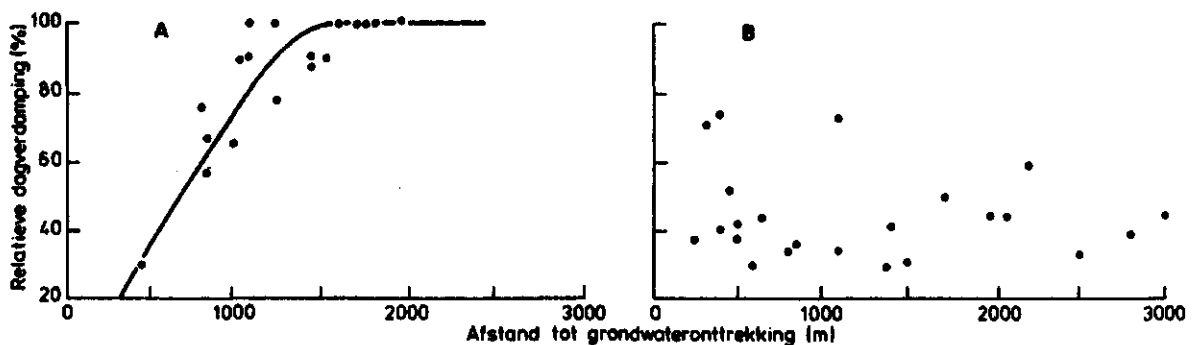


Fig. 5. Relatieve dagverdamping afgeleid uit het warmtebeeld op 30 juli 1982 uitgezet tegen de afstand tot het centrum van de grondwateronttrekking.
 A, gras op veldpodzolgrond (Hn53) met grondwatertrap V;
 B, mais op hetzelfde bodemtype met grondwatertrap VI.
 De grondwatertrap is van toepassing op de situatie zonder onttrekking (naar: Thunnissen, 1984).

Figuur 5A toont dat de verdamping van gras op een veldpodzolgrond met de oorspronkelijk aanwezige grondwatertrap V (GHG <40 cm en GLG >120 cm) afneemt naar het pompstation toe. Bij een afstand tot de onttrekking van meer dan ongeveer 1300 m heeft de grondwaterwinning geen waarneembare invloed meer op de verdamping. Bovendien is dan door capillaire nalevering vanuit het grondwater de gewasverdamping vrijwel potentieel.

Figuur 5B geeft een heel ander resultaat te zien. Het betreft maïs op een veldpodzolgrond met de oorspronkelijke grondwatertrap VI (GHG 40-80 cm en GLG >120 cm). Uit het warmtebeeld kan worden afgeleid dat de verdamping bijzonder laag is en dat er geen relatie bestaat met de afstand tot de onttrekking. Er is op het moment van de opname sprake van een hangwaterprofiel, waarbij de diepte van de grondwaterstand geen of slechts een zeer geringe invloed heeft op de vochtleverantie.

Met remote sensing kan worden vastgesteld waar en in welke mate op een bepaald moment in het groeiseizoen droogteschade optreedt. Voor een verklaring van de oorzaak van het optreden van droogteschade is aanvullende informatie onontbeerlijk. In het kader van het studieproject in Oost-Gelderland is gebleken dat effecten van grondwateronttrekking gedetailleerder en betrouwbaarder dan tot nu toe kunnen worden vastgesteld door in aanvulling op de conventionele werkwijze, die is gebaseerd op veldwaarnemingen plus berekeningen met computermodellen, remote sensing technieken toe te passen. Met remote sensing methoden wordt op bepaalde tijdstippen in het groeiseizoen de verdampingssituatie vastgesteld voor een heel gebied. Op de conventionele manier wordt daarentegen met behulp van hydrologische modellen voor een beperkt aantal locaties de verdamping van gewassen gedurende het hele groeiseizoen gesimuleerd.

Enerzijds worden berekeningen met hydrologische modellen toegepast voor de interpretatie van remote sensing resultaten. Van de andere kant is ook gebleken, dat remote sensing kan worden toegepast voor het controleren van berekeningen met hydrologische modellen. Op opnamedagen moet voor die locaties, waarvoor berekeningen zijn uitgevoerd met een hydrologisch model, de met het betreffende model berekende gewasverdamping overeenkomen met die volgens de remote sensing benadering.

5. Enkele kanttekeningen bij de toepassing van remote sensing

Bij vliegtuig remote sensing is er een grote flexibiliteit wat het opnametijdstip betreft. In het algemeen is remote sensing met vliegtuigen echter duur. Wat betreft de thermografie is voor opnamen van qua oppervlakte beperkte gebieden thermische videoapparatuur een goedkoop alternatief voor de scannertechniek. Ook de conventionele luchtfotografie is relatief goedkoop. Door luchtfoto's bovendien geometrisch nauwkeurige en gedetailleerde informatie verschaffen hebben zij zeker voor opnamen van relatief kleine gebieden voordelen boven scanneropnamen. Electronische opnamen lenen zich ten opzichte van luchtfoto's beter voor een kwantitatieve analyse. Vanwege de digitale opslag op magneetband hebben zij bovendien voordelen bij automatische verwerking van opnamen.

Voor vrijwel alle toepassingen geldt dat remote sensing opnamen informatie verschaffen over het optreden van een bepaald verschijnsel. Voor een betrouwbare interpretatie zijn aanvullende veldwaarnemingen onmisbaar.

Naast de toepassing van reflectie- en warmtebeelden worden momenteel vooral de mogelijkheden van radartechnieken onderzocht. Het grote voordeel van de radar is dat onder vrijwel alle weersomstandigheden een beeld wordt verkregen. Microgolven ondervinden nauwelijks hinder van wolken. Bij kale grond zijn relaties gevonden tussen het gereflecteerde radarsignaal en de bodemvochtvoorraad van de toplaag (bovenste centimeters). De bepaling van bodemvochtvoorraden bij met gewassen bedekte grond is echter niet mogelijk met radar. Indien een gewas aanwezig is, wordt de reflectie van microgolven vrijwel volledig bepaald door het gewas zelf en nauwelijks door de ondergrond. Dit betekent dan ook dat bij het waarnemen van droogteschade in de landbouw de radar geen alternatief is voor thermografische technieken.

6. Perspectieven remote sensing

Bij het opstellen van een waterbalans is informatie over het bodemgebruik van groot belang. Met remote sensing kan deze informatie snel en efficiënt worden verkregen. Bovendien kan remote sensing in de toekomst als on-

afhankelijke meettechniek een belangrijk middel zijn bij het vaststellen en vastleggen van effecten van ingrepen in de hydrologische situatie. Hierbij wordt opgemerkt dat remote sensing dient te worden toegepast in aanvulling op en niet in plaats van conventionele methoden.

Met het beschikbaar komen van satellietopnamen met details op perceelsniveau (Landsat 4 en 5 en in de nabije toekomst SPOT) is het belang van remote sensing sterk toegenomen. Vanwege de weersafhankelijkheid zullen we in Nederland echter de komende jaren afhankelijk blijven van remote sensing met vliegtuigen, hetgeen relatief duur is.

Met remote sensing wordt actuele informatie verkregen van een bepaald gebied over bodemgebruik en verdamping. Om het daadwerkelijke gebruik van deze informatiebron van de grond te krijgen, is afstemming van remote sensing beeldverwerking op bestaande informatiesystemen van groot belang. In Geografische Informatie Systemen (GIS) is de informatie opgeslagen in vectoriele vorm (Bodemkundig Informatie Systeem en Cultuurtechnische Inventarisatie). Remote sensing opnamen en daarvan afgeleide thematische kaarten zijn echter opgeslagen in rastervorm. Een belangrijk deel van de problemen, die ontstaan bij het koppelen van remote sensing data aan bestaande vectoriële bestanden (zie fig. 6) wordt veroorzaakt, door het feit dat remote sensing beeldverwerking zich onafhankelijk van GIS heeft ontwikkeld (Lindgren, 1985). Indien de uit remote sensing opnamen afgeleide informatie (bijvoorbeeld gewassenkaart, verdampingskaart) kan worden gekoppeld aan bestaande databestanden zal remote sensing een steeds belangrijker rol gaan spelen bij de beschrijving van de hydrologische situatie van een bepaald gebied en bij het volgen van processen, die aan het aardoppervlak gaande zijn.

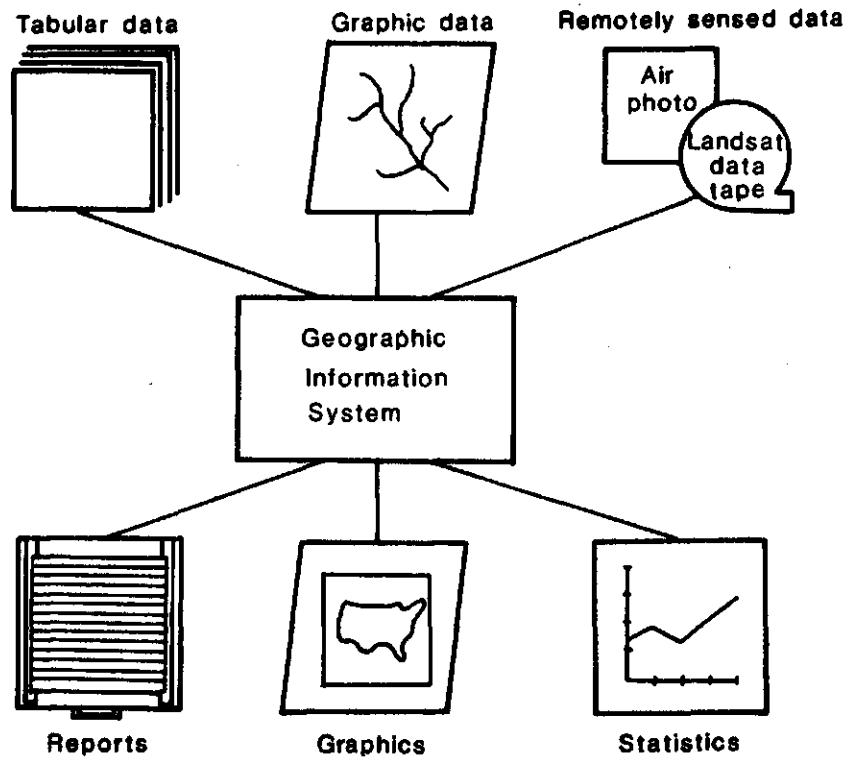


Fig. 6. Schematische voorstelling van een Geografisch Informatie Systeem (naar: Lindgren, 1985).

Literatuur

- Anderson, T., 1984. Operational snow mapping by satellites.
In: Herschy R.W., Barrett E.C. and Roozkrans J.N.
Remote Sensing in Hydrology and Water Management.
ESA Contract nr. 5769/A84/D/JS(SC), 10 pp.
- Barrett, E.C. and Martin, D.W., 1981. The use of satellite data in
rainfall monitoring. Academic Press, London, 340 pp.
- Belmans, C.J., Wesseling, J.G. and Feddes, R.A., 1983. Simulation
model of the water balance of a cropped soil: SWATRE.
J. of Hydrol. 63: 271-286.
- Dardeau, E.A.jr., 1983. Aerial Survey Techniques to Map and
Monitor Aquatic Plant Populations. Techn. Report A-83-
U.S.Army, Engineer Waterways Experiment Station,
CE Vicksburg, Miss.

- Genderen, J.L. Van, Griend, J.A. Van de and Stokkom, H.T.C. Van, 1983. An operational remote sensing methodology for the detection, inventory and environmental monitoring of waste disposal sites. Procs. EARSEL/ESA Symposium on Remote Sensing Applications for Environmental Studies, Brussels (ESA SP-188).
- Laat, P.J.M. De and Awater, R.H.C.M., 1978. Groundwater flow and evapotranspiration. A simulation model. Part 2: applications. Basisrapport ten behoeve van de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland. Prov. Waterstaat Gelderland, Arnhem 53 pp.
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 1979. Remote Sensing and image interpretation, John Wiley & Sons, New York, 612 pp.
- Lindgren, D.T., 1985. Land use planning and remote sensing. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 173 pp.
- Menenti, M., 1984. Physical aspects and determination of evaporation in deserts applying remote sensing techniques. ICW, Wageningen. Report ISW ns.10 (special issue), 202 pp.
- Meulstee, C. en Stokkom, H.T.C. Van, 1985. Biomassavariatie van macrophyten in de Randmeren. Meetkundige Dienst Rijkswaterstaat, MDLK-R-8514.
- Projectteam, 1985. Remote Sensing Studieproject Oost-Gelderland: eindrapport. ICW, Wageningen. Nota 1641, 41 pp.
- Rott, H., 1985. Estimation of daily runoff based on Meteosat data. Presented at the Workshop on Hydrologic Applications of Space Technology, Cocoa Beach, Florida, 10 pp.
- Rijkswaterstaat, 1985. Remote sensing en waterkwaliteit in het IJsselmeergebied, Meetkundige Dienst Rijkswaterstaat, MDLK-R-8537.
- Thunnissen, H.A.M., 1984. Hydrologische beschrijving van een studiegebied rond het pompstation 't Klooster: toepassing van hydrologische modellen en remote sensing. Nota ICW 1542, 85 pp.
- Thunnissen, H.A.M. en Poelje, H.A.C. Van, 1984. Bepaling van de regionale gewasverdamping met behulp van remote sensing in een studiegebied ten oosten van Hengelo (Gld). Nota ICW 1525, 105 pp.
- Wakeren, J.H.A. Van en Sweers, H.E., 1979. De koelwaterpluim van de Eemscentrale, KEMA rapport 4304-79-MO-K.