

NN31545.0750

NOTA 150

Juli 1973

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

BIBLIOTHEEK DE HAAFF

Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

HET DIGITALISEREN VAN KAARTEN EN
HET VERWERKEN VAN
HIERMEE VERKREGEN GEGEVENS (2)

Ir. A. C. Visser

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

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

1752724



0000 0941 0339

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	1
2. VOORBEREIDING	2
3. OPNAME VAN KNIKPUNTEN	3
4. PUNTENKAART	8
5. GEBRUIKERSKAART	11
6. AFSTANDENKAART	12
6.1. Afstandenkaart met cijfers	12
6.2. Afstandenkaart met cirkels	13
6.3. Afstandenkaart in kleur	14
7. NAUWKEURIGHEIDSONDERZOEK	15
7.1. Inleiding	15
7.2. Vergelijking van uit gedigitaliseerde kaarten 1 : 10 000 berekende oppervlakten met kadastrale oppervlakten	15
7.3. Vergelijking van uit coördinaten berekende oppervlakten met oppervlakten die door een Haromat uit met dezelfde coördinaten op schaal 1 : 2000 getekende kaarten zijn bepaald	18
7.4. Vergelijking van uit coördinaten berekende oppervlakten met oppervlakten ontleend aan de uitgevoerde cultuurtechnische inventarisatie	19
7.5. Vergelijking van op verschillende manieren verkregen coördinaten van punten	20
8. SAMENVATTING	22
Literatuur	23

1. Inleiding

Deze nota geeft de resultaten weer van een onderzoek, dat een vervolg vormt op het in nota 730 beschreven onderzoek.

In de eerste plaats is op kleine schaal de methode E, die in par. 5.5 van nota 730 is beschreven, getoetst op zijn praktische bruikbaarheid. Deze toetsing vond plaats in een gebied ter grootte van 433 ha waarin 105 kavels zijn gelegen.

In de tweede plaats is het nauwkeurigheidsonderzoek ten aanzien van de bepaling van oppervlakten uitgebreid. Dit is gedaan door het vergelijken van oppervlakten die zijn berekend met coördinaten van punten die werden ontleend aan topografische kaarten met schaal 1 : 10 000 met door het Kadaster bij een recente hermeting berekende oppervlakten. Gezien de hoge nauwkeurigheid van de kadastrale meting kan worden gesteld dat, waar de kadastrale grenzen van een kavel overeenkomen met de topografische grenzen, de kadastrale oppervlakten overeenkomen met de werkelijke oppervlakten.

Mede ten behoeve van de gedachtenvorming omtrent het Interim-rapport van de Commissie Grootschalige Basiskaart is tevens nagegaan wat het effect is op de snelheid van werken en de nauwkeurigheid van de oppervlaktebepaling wanneer in plaats van topografische kaarten 1 : 10 000 wordt gewerkt met goede kaarten met een schaal 1 : 2000. Onder deze goede kaarten worden verstaan kaarten met een nauwkeurigheid die overeenkomt met de nauwkeurigheid waarmee maten aan de kaarten kunnen worden ontleend. Vergrotingen van bijvoorbeeld kaarten van schaal 1 : 10 000 voldoen niet aan dit criterium.

Voor het maken van een puntenkaart, die in nota 730 werd aangeduid, zijn rekenregels ontwikkeld en getoetst.

De schrijver is dank verschuldigd aan het Geografisch Instituut van de Rijksuniversiteit te Utrecht voor het beschikbaar stellen van

de Haromat en aan de afdeling Geodesie van de Technische Hogeschool te Delft voor het vervaardigen van tekeningen met behulp van de tekenautomaat.

De benodigde oppervlakteberekeningen werden, in afwijking met de voor nota 730 uitgevoerde berekeningen, uitgevoerd door de rekenkamer van het Instituut.

2. Voorbereiding

Ten behoeve van het onderzoek is een gebied gekozen waar in 1967-1968 een hermeting van de kadastrale grenzen en een herberekening van de kadastrale oppervlakten heeft plaats gevonden en in dezelfde tijd een cultuurtechnische inventarisatie werd uitgevoerd. Dit gebied, ter grootte van 433 ha, is gelegen in het ruilverkavelingsgebied Salland-Oost, direct ten westen van het dorp Nieuw Heeten.

De te digitaliseren kavelgrenzen zijn ontleend aan de cultuurtechnische inventarisatie en aangegeven op de topografische kaart 1 : 10 000. Niet op de topografische kaart voorkomende grenzen zijn ontleend aan een fotomontage, schaal 1 : 10 000, door na plaatselijke inpassing van de foto op de kaart de grens over te nemen. In bijlage 3 is te zien waar dit het geval is. Op de invloed op de nauwkeurigheid in de bepaling van de oppervlakten die deze werkwijze heeft wordt in par. 7.2 gedeut.

Het gebruik van topografische kaarten die zijn afgebeeld op enkelzijdig gematteerde film is zeer plezierig. Het is mogelijk op deze films de grenzen vanaf de foto's op eenvoudige wijze over te nemen en tevens de knikpunten in de te digitaliseren grenzen aan te duiden.

De knikpunten in de grenzen zijn met ballpoint op de film aangeduid. Hierbij is voor het aangeven van het hoofdonthoudingspunt van de kavel een andere kleur gebruikt.

Bij het vaststellen van de knikpunten is rekening gehouden met de in par. 5.3 van nota 730 vermelde eisen ten aanzien van de minimale afstand tussen de knikpunten. Waar deze afstand minder zou worden dan 5 meter is de plaatselijke situatie op de kaart door het aanbrengen van een kleine knik in een grens zodanig aangepast dat de knikpunten op meer dan 5 meter komen te liggen. In bijlage 2 is

bij de grens tussen de kavels 1250 0111 0100 en 1250 0111 0300 een dergelijke aanpassing te zien. Door deze werkwijze is een goede koppeling van de meermalen geregistreerde coördinaten van een punt gewaarborgd, terwijl de vertekening van de werkelijkheid zeer klein is.

Er is nog geen rekening gehouden met het vastleggen van de aard van de grenzen bij het vaststellen van de knikpunten.

Voor het nauwkeurigheidsonderzoek op kaarten 1 : 2000 zijn de grenzen van de kadastrale kaart 1 : 2000 gedigitaliseerd. De oppervlakten die met deze waarnemingen zijn verkregen werden vergeleken met de door het Kadaster bepaalde oppervlakten. De koppeling van laatstgenoemde oppervlakten met het kaartbeeld van de kadastrale kaarten is zeer goed omdat een tekenautomaat de kaart heeft getekend met coördinaten die ook voor de oppervlakteberekening zijn gebruikt.

Het vastleggen van de plaats van de te digitaliseren knikpunten heeft op deze kaarten op eenzelfde wijze plaats gevonden als op de kaarten 1 : 10 000.

3. Opname van knikpunten

De coördinaten van de knikpunten zijn met de Haromat van het Geografisch Instituut van de Rijksuniversiteit te Utrecht gemeten. Conform de werkwijze van methode E, in nota 730 beschreven, zijn in een rondgaande beweging per kavel de coördinaten van de knikpunten geregistreerd. Hierbij bleek het efficiënt te zijn gebruik te maken van een teller die het aantal registraties telt. Door vooraf het aantal knikpunten per kavel te tellen en de teller het aantal registraties per kavel te laten bijhouden is op eenvoudige wijze na te gaan of tijdens het digitaliseren geen punten worden overgeslagen.

Ten gevolge van de instelonzuiverheden zijn de coördinaten van punten die in meerdere kavels zijn geregistreerd niet gelijk. Nadat de coördinaten, die in eenheden van 0,01 mm op de kaart of 10 cm in het terrein bij een kaartschaal 1 : 10 000 werden gemeten, zijn getransformeerd naar het coördinatensysteem van de Rijksdriehoeksmeting werden zij afgerond. Voor de kaartschaal 1 : 10 000 is afgerond op eenheden van 1 m in het terrein, voor kaartschaal 1 : 2000 op eenheden van 0,1 m in het terrein. Met deze transformatie is tevens

bereikt dat de bladen waarop de te digitaliseren grenzen moesten worden aangegeven aan elkaar zijn aangesloten. Vervolgens zijn de coördinaten van meermalen geregistreeerde punten bij elkaar gezocht. Na bepaling van de verschillen zijn de coördinaten gemiddeld. Het gemiddelde is naar beneden afgerond op meters respectievelijk decimeters.

Het bepalen van de verschillen was belangrijk in verband met de eisen die zullen worden gesteld bij het te maken computerprogramma dat deze handelingen zal verzorgen. In par. 5.3 van nota 730 is op basis van een nauwkeurigheidsonderzoek van HOEKSTRA (1972) gesteld dat de toe te laten verschillen van de coördinaten van de meermalen geregistreeerde punten 2 meter kunnen bedragen bij een kaartschaal van 1 : 10 000. Deze conclusie blijkt juist te zijn hetgeen tabel 1, waarin de resultaten van dit proefgebied zijn vermeld, illustreert.

Tabel 1. Verschillen in absolute zin van coördinaten van meermalen geregistreeerde punten bij een kaartschaal 1 : 10 000

Aantal punten	368
Aantal punten met 2x geregistreeerde coördinaten	286
Aantal punten met 3x geregistreeerde coördinaten	73
Aantal punten met 4x geregistreeerde coördinaten	9
Aantal voorkomende verschillen tussen de coördinaten in absolute waarde van:	
0 m	457
1 m	404
2 m	54
3 m	2
4 m	1
>4 m	0

De in tabel 1 aangegeven verschillen groter dan 2 m wijzen op punten die minder duidelijk zijn aangegeven.

Wanneer goede kaarten met schaal 1 : 2000 zouden worden gebruikt kan deze tolerantie logischerwijs, de schaal is 5x groter, worden gesteld op $1/5 \times 2\text{m} = 0,4\text{ m}$. Uit de resultaten van de meting, waarbij kadastrale kaarten werden gedigitaliseerd blijkt de

juistheid van deze conclusie. De gevonden verschillen in coördinaten van meermalen geregistreeerde punten zijn in tabel 2 weergegeven.

Tabel 2. Verschillen in absolute zin van coördinaten van meermalen geregistreeerde punten bij een kaartschaal 1 : 2000

Aantal punten	355
Aantal punten met 2x geregistreeerde coördinaten	331
Aantal punten met 3x geregistreeerde coördinaten	24
Aantal voorkomende verschillen tussen de coördinaten in absolute waarde van	
0,0 m	233
0,1 m	338
0,2 m	134
0,3 m	41
0,4 m	11
0,5 m	1
>0,5 m	0

In par. 9.2 van nota 730 wordt een normstelling gegeven voor de snelheid van digitaliseren. Met de thans uitgevoerde proeven, waarbij de methode E, van par. 5.5 uit nota 730, zowel voor een digitalisering op kaarten 1 : 10 000 als op kaarten 1 : 2000 is gebruikt was het mogelijk deze normstelling te controleren. Deze controle betreft de snelheid van registratie van coördinaten van nauwkeurig aangeduide ongenummerde punten, die in par. 9.10 van nota 730 wordt gebruikt voor een vergelijking van de personele inzet bij toepassing van de methoden B of E.

Tijdens de meting bleek dat de controle op de juistheid van de digitalisering, wat betreft het overslaan van te registreren punten en het herstellen van gemaakte fouten, zoveel tijd kost dat de normstelling van 5500 punten per dag moet worden teruggebracht tot 3500 punten per dag voor de meting op schaal 1 : 10 000.

Er is een tendens aanwezig dat het werken met de kaarten 1 : 2000 vermoeiender is omdat het te bestrijken vlak veel groter is voor eenzelfde op schaal 1 : 10 000 voorgestelde kavel. Dit betekent dat veel tijd staande moet worden doorgebracht in een sterk wisselende houding. Bovendien treedt een vertraging op omdat vaker van blad moet

worden gewisseld. Hiertegenover staat dat de aanduiding van de te digitaliseren punten wat ruimer kan worden opgezet dan bij de kaarten met schaal 1 : 10 000. Het digitaliseren van 3000 punten per dag is bij een kaartschaal 1 : 2000 op de aangegeven wijze mogelijk.

Bij de gegeven normen is inbegrepen de controle op het vergeten van te digitaliseren punten, het op een juiste wijze op de meettafel aanbrengen van de te digitaliseren kaarten en het in machine-coördinaten bepalen van de op de kaart voorkomende ruitpunten.

Voor kaarten met schaal 1 : 10 000 wordt de in par. 9.10 van nota 730 vermelde tijdbesteding dan als volgt voor een gebied van 1000 ha:

- a. methode B (par. 5.2 uit nota 730): 0,6 dag machinetijd en 5,1 dag personele inzet bij een controle met een 'kladkaart' (zie par. 5.2 van nota 730 en figuur 1);
- b. methode E (par. 5.5 uit nota 730): $1,9 \times 2500 : 3500 = 1,4$ dag machinetijd en 2,4 dag personele inzet bij een controle met een 'kladkaart'.

Voor kaarten met schaal 1 : 2000 moet men rekening houden met het feit dat de punt dichtheid hoger wordt daar minder wordt generaliseerd. Uit de waarnemingen van de bij de proef gebruikte identieke topografische kavels en kadastrale percelen is te concluderen dat op schaal 1 : 2000 38% meer punten werden gebruikt dan bij de kaart met schaal 1 : 10 000. Indien deze verhouding representatief voor Nederland is worden de benodigde tijden voor kaarten 1 : 2000 bij een gebiedsgrootte van 1000 ha voor:

- a. methode B: 0,8 dag machinetijd en 7,1 dag personele inzet bij controle met een 'kladkaart';
- b. methode E: 2,2 dag machinetijd en 3,6 dag personele inzet bij controle met een 'kladkaart'.

Nadat de digitalisering van de kavelgrenzen van de topografische kaart 1 : 10 000 is uitgevoerd werd door de tekenmachine van de afdeling Geodesie van de Technische Hogeschool te Delft een 'kladkartering' gemaakt waarvan het resultaat in figuur 1 is weergegeven. De dikkere lijnen wijzen op een meervoudige kartering met verschillende coördinaten. Hoe breder de lijn, hoe minder zuiver de meting is geweest.



Fig. 1. 'Kladkaart' van een gedeelte van het onderzoeksgebied
waarop gemeenschappelijke grenzen dubbel zijn getekend
met verschillende coördinaten. Uitvoering in inkt.
Schaal 1 : 10 000

4. Puntenkaart

De meervoudig geregistreerde coördinaten van punten zijn met de hand bij elkaar gezocht en gemiddeld. De punten (619 stuks) zijn vervolgens genummerd volgens de in par. 14 van nota 730 beschreven methode.

Ten behoeve van het weergeven van de puntnummers is een rekensysteem ontwikkeld dat op het gebied waarop het onderzoek betrekking heeft is getoetst. Dit rekensysteem heeft ten doel te bewerkstelligen dat de puntnummers zodanig worden geplaatst dat duidelijk is bij welk punt zij behoren en dat zij niet door elkaar worden geschreven. Bij het systeem is uitgegaan van een toepassing op een kaart-schaal 1 : 10 000.

Het puntnummer bestaat uit 9 cijfers waarvan de eerste 6 de ruit van het coördinatensysteem aanduiden waarin het punt is gelegen. Deze 6 cijfers worden, aangevuld met 6 nullen, vermeld bij het zuid-westelijk hoekpunt van de ruit (zie bijlage 1). De laatste 3 cijfers geven een volgnummer aan binnen de ruit. Dit volgnummer wordt op de kaart aangebracht waarbij de volgende rekenregels in acht worden genomen:

- a. over het gehele gebied wordt een vakindeling gelegd van 10x10 m in het terrein of wel 1 x 1 mm op de kaart waardoor de op de topografische kaart voorkomende ruiten in 100x100 vakjes worden verdeeld;
- b. binnen elk vakje mogen op de kaart óf punten óf cijfers voorkomen;
- c. in eerste instantie worden voor het nummer, dat een cijferhoogte krijgt op de kaart van 0,9 mm, twee vakjes gereserveerd ten oosten van het vakje waarin het punt is gelegen. Deze ruimte van twee vakjes is voldoende groot voor het weergeven van 3 cijfers. Een voorbeeld moge dit verduidelijken: voor punt 218 480 236 met coördinaten $X = 218236$ en $Y = 480865$ worden gereserveerd de vakjes p 21823 48086, c 21824 48086 en c 21825 48086, waarbij p een aanduiding vormt voor het voorkomen van een punt in het vakje en c voor cijfers in het vakje. De vakaanduiding geschiedt ook weer met de coördinaten van het zuid-westelijk

- hoekpunt van het vakje, die in decameters zijn aangegeven;
- d. nagegaan wordt waar vakjes meermalen zijn bezet. Alleen in gevallen waar telkens de code p is vermeld is het toegestaan dat meerdere malen een vak wordt bezet, in alle andere gevallen moet een verplaatsing worden aangebracht;
- e. bij een noodzakelijke verplaatsing wordt de plaatsing van het meest oostelijke puntnummer gehandhaafd. De plaatsing van het nummer van het meest westelijke punt wordt gewijzigd in een plaatsing van het nummer ten westen van het punt. Hierbij wordt aan het nummer een minusteken toegevoegd om een onderscheid aan te kunnen geven tussen een plaatsing van het nummer ten oosten of ten westen van het punt. In dit geval moeten voor het vergrote nummer drie vakjes worden gereserveerd. De plaatsing van de andere nummers wordt onder f, g en h besproken. Een voorbeeld moge een en ander toelichten. De plaatsingen van de nummers 218 480 191, 218 480 213 en 218 480 236 van punten met coördinaten respectievelijk $X = 218 \ 191 \ Y = 480 \ 869$, $X = 218 \ 213 \ Y = 480 \ 867$ en $X = 218 \ 236 \ Y = 480 \ 865$ beïnvloeden elkaar. Het meest oostelijke punt kan worden geplaatst op een wijze die in het voorbeeld onder c is aangegeven. Voor het meest westelijke punt 218 480 191 worden de vakjes c 21816 48086, c 21817 48086, c 21818 48086 en p 21819 48086 gereserveerd. Dit is mogelijk daar deze plaatsing een andere plaatsing niet stoort. Voor het nummer van het middelste punt zouden de vakjes c 21818 48086, c 21819 48086, c 21820 48086 en p 21821 48086 moeten worden gereserveerd. Dit is door de voorgaande plaatsing en de plaats van het punt 218 480 191 niet mogelijk (zie tevens bijlage 1);
- f. voor de nog niet geplaatste nummers wordt nagegaan of een plaatsing onder een hoek van 90° met de richting van de andere cijfers mogelijk is, waarbij het nummer ten noorden van het punt komt te staan. Voor het nummer moeten twee vakjes ten noorden van het vakje waarin het punt zich bevindt worden gereserveerd. In het voorbeeld vormt dit de oplossing voor punt 218 480 213. De vakjes p 21821 48086, c 21821 48087 en c 21821 48088 worden gereserveerd;

- g. voor de thans nog niet geplaatste nummers wordt nagegaan of een plaatsing onder een hoek van 90° ten zuiden van het punt mogelijk is. In dit geval wordt aan het nummer een minusteken toegevoegd om een duidelijk onderscheid te verkrijgen met een plaatsing ten noorden van het punt. Voor het nummer moeten dan drie vakjes worden gereserveerd;
- h. omdat het ongewenst lijkt voor de plaatsing van de overgebleven niet geplaatste nummers algemene rekenregels te geven zal de keuze afhankelijk van de situatie worden gemaakt. Hiertoe is het gewenst de ter plaatse aanwezige situatie door een regeldrukker te laten weergeven. Afgebeeld wordt de situatie van 11×11 vakjes met in het midden het punt waarvoor de plaats van het nummer moet worden gevonden. De coördinaten en het nummer van het punt worden tevens vermeld. Aan de hand hiervan kan een plaats voor het nummer worden gekozen en aan de tekenmachine worden opgegeven. Als voorbeeld volgt hier de plaatsing van het nummer van punt 220 481 126 met coördinaten $X = 220\ 126$ en $Y = 418\ 843$. De presentatie van de regeldrukker zoals deze zou kunnen zijn is in tabel 3 aangegeven.

Tabel 3. Afbeelding van de presentatie van een regeldrukker zoals deze ten behoeve van de keuze van de plaatsing van een puntnummer zou kunnen worden ontworpen

	22007	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
48189	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48188	-	-	-	-	-	-	-	-	p	c	c
48187	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48186	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48185	-	-	-	p	c	c	-	-	-	-	-
48184	-	-	p	c	c	?	p	c	c	-	-
48183	-	-	-	-	-	p	c	c	-	-	-
48182	-	-	-	-	-	-	-	p	c	c	-
48181	-	-	-	-	-	-	-	p	c	c	-
48180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48179	-	-	-	-	-	c	c	c	p	p	c

Punt 220 481 126 $X = 220\ 126$ $Y = 481\ 843$

In dit voorbeeld is een goede keuze voor de plaatsing van het nummer ten noorden van het punt, dat met een vraagteken is aangeduid, in de vakjes 22012 48186 en 22012 48187 (zie ook bijlage 1);

- i. naar aanleiding van de berekende plaatsingen worden de tekeninstructies voor de tekenautomaat samengesteld. Uit het in bijlage 1 gegeven voorbeeld blijkt dat aan de instructies enkele correcties moeten worden aangebracht om een wat gaver kaart te kunnen leveren.

Voor de puntenkaart van het gebied waarop het onderzoek betrekking heeft zijn 565 puntnummers ten oosten van het punt geplaatst, 46 ten westen, 6 ten noorden, waarvan 1 is gekozen nadat de plaatselijke situatie bekeken is, en 2 ten zuiden van het punt.

Het is een kleine stap in plaats van nummers de coördinaten van de punten weer te geven op de kaart. Naast de coördinaten van het zuid-westelijk hoekpunt van de ruit waarin het punt is gelegen moeten dan de coördinaten, in meters, van het punt binnen de ruit worden genoteerd. Dit zijn zes cijfers per punt. Uit de situatie van bijlage 1 blijkt dat deze verhoging, van drie naar zes cijfers, in veel gevallen geen bezwaar is. Een nadeel kan zijn dat de kosten voor het vervaardigen van een dergelijke kaart ongeveer het dubbele zullen zijn van de kaart met puntnummers. Of dit nadeel bezwaarlijk is hangt af van het gebruik dat men van de puntenkaart maakt.

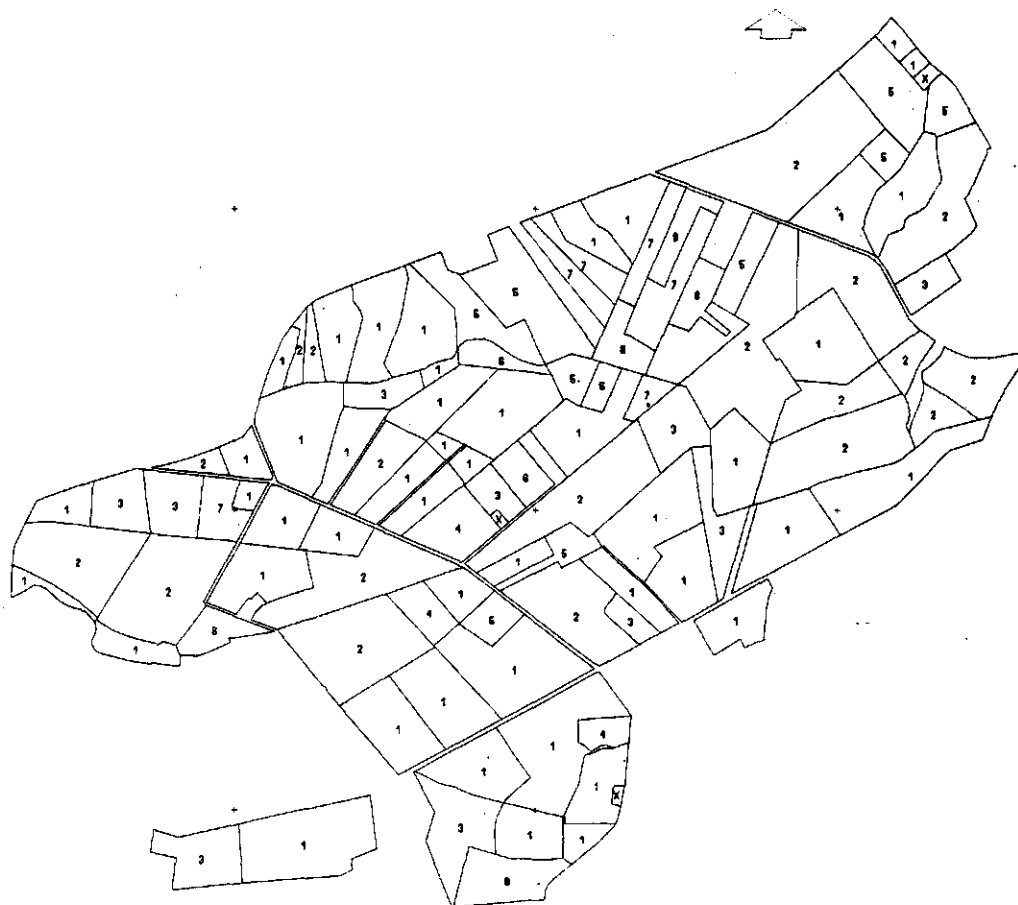
5. Gebruikerskaart

De gebruikerskaart, die is afgebeeld in bijlage 2, is gemaakt op een wijze die in nota 730 is beschreven. Deze kaart onderscheidt zich van fig. 6 en 7 uit die nota doordat nu de topografische ondergrond is toegevoegd.

6. Afstandenkaart

6.1. Afstandenkaart met cijfers

De meest eenvoudige vorm waarin een afstandenkaart kan worden gepresenteerd is een kaart waarop met een in de kavel geplaatst cijfer een aanduiding wordt gegeven van de klasse waarin de afstand van de grond tot de bedrijfsgebouwen valt. Een voorbeeld van een dergelijke kaart, die met de tekenmachine op eenvoudige wijze kan worden geproduceerd is afgebeeld in fig. 2.



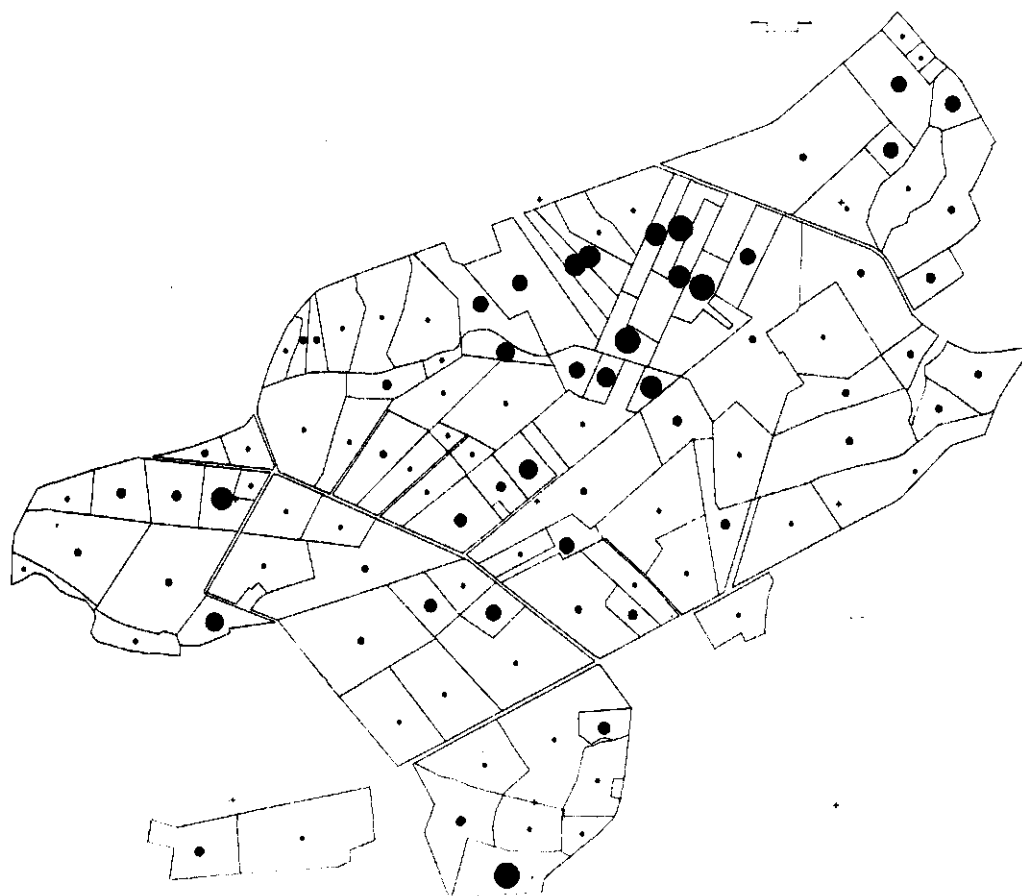
Afstand van de grond tot de bedrijfsgebouwen
(incl. $\frac{1}{2}D$ in meters)

< 200	1	1000 - 1500	5
200 - 400	2	1500 - 2000	6
400 - 700	3	2000 - 3000	7
700 - 1000	4	≥ 3000	8

Fig. 2. Afstandenkaart met cijfers. Schaal 1 : 25 000

6.2. Afstandenkaart met cirkels

Een andere eenvoudige wijze van voorstellen van de afstands-klasse van de kavel is mogelijk met cirkels van variërende diameter. In par. 12.5 van nota 730 werd hierop ingegaan. De in fig. 3 weergegeven voorstelling wijkt van het onderste gedeelte van fig. 13 uit nota 730 op een tweetal punten af. In de eerste plaats is een grotere variatie in diameter van de cirkels aangebracht. In de tweede plaats zijn de cirkels zwart opgevuld hetgeen door gebruikmaking van peel-coat (zie nota 730) op een eenvoudige en snelle wijze mogelijk is.



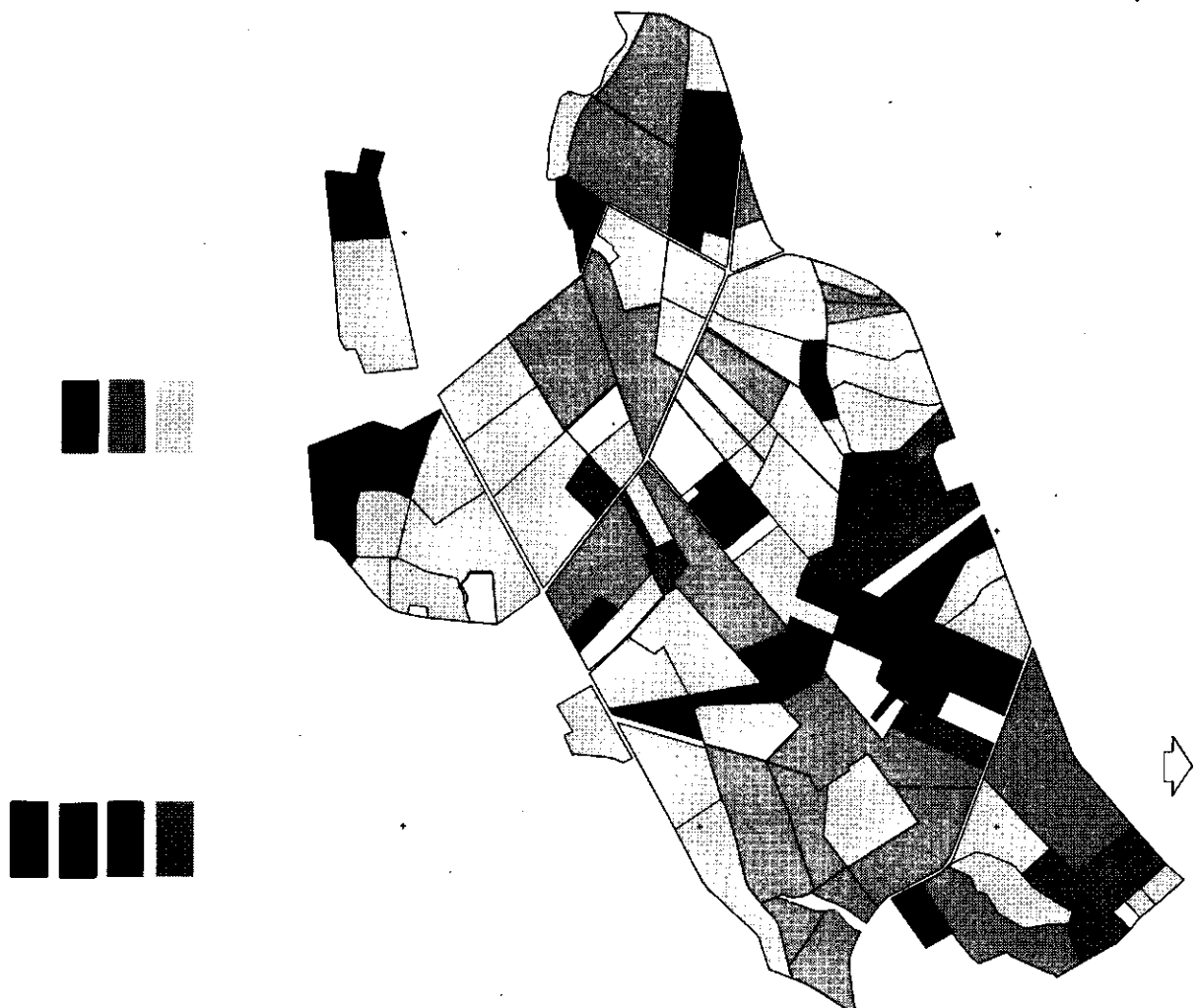
Afstand van de grond tot de bedrijfsgebouwen
(incl. $\frac{1}{2}D$ in meters)

< 200	•	1000 - 1500	●
200 - 400	•	1500 - 2000	●
400 - 700	•	2000 - 3000	●
700 - 1000	•	> 3000	●

Fig. 3. Afstandenkaart met cirkels. Schaal 1 : 25 000

6.3. Afstandenkaart in kleur

Daar bij het maken van de afstandenkaart in kleur van nota 730 enkele tegenslagen zijn ondervonden is nu ook een dergelijke kaart gemaakt en wel volgens de in par. 12.3 van nota 730 genoemde methoden d en a. Ook nu is de kaart in twee kleurendruk uitgevoerd, evenwel met een ander kleurenschema dan in nota 730 is gebruikt. Het resultaat is in fig. 4 weergegeven.



Afstand van de grond tot de bedrijfsgebouwen
(incl. $\frac{1}{2}D$ in meters)

< 200	1000 - 1500
200 - 400	1500 - 2000
400 - 700	2000 - 3000
700 - 1000	> 3000

Fig. 4. Afstandenkaart in kleur. Schaal 1 : 25 000

7. Nauwkeurigheidsonderzoek

7.1. Inleiding

Het onderzoek naar de nauwkeurigheid van de oppervlaktebepaling uit gedigitaliseerde topografische kaarten, waarvan in nota 730 de eerste resultaten zijn weergegeven, is uitgebreid met een onderzoek op de volgende punten:

- a. vergelijking van oppervlakten ontleend aan de topografische kaart 1 : 10 000 met kadastrale oppervlakten van een recent hermeten gebied;
- b. vergelijking van oppervlakten ontleend aan kadastrale kaarten 1 : 2000 met kadastrale oppervlakten van het recent hermeten gebied;
- c. bestudering van het effect op de nauwkeurigheid van het gebruik van eenmaal bepaalde coördinaten en van het gebruik van gemiddelde coördinaten van meermalen gedigitaliseerde punten;
- d. vergelijking van oppervlakten ontleend aan de topografische kaart 1 : 10 000 en oppervlakten ontleend aan de cultuurtechnische inventarisatie.

Het verzamelde materiaal leende zich ook voor het bestuderen van een puntnauwkeurigheid. Dit is in par. 7.5 beschreven.

7.2. Vergelijking van uit gedigitaliseerde kaarten 1 : 10 000 berekende oppervlakten met kadastrale oppervlakten

In nota 730 (par. 13.5) zijn uit gedigitaliseerde kaarten 1 : 10 000 berekende oppervlakten vergeleken met kadastrale oppervlakten in enkele gebieden waar slechts oudere kadastrale metingen beschikbaar zijn. De conclusie van dit onderzoek was dat 95% van de gevonden verschillen geringer zijn dan 3% of 0,2 ha bij oppervlakten kleiner dan 6,7 ha. Hoewel de koppeling van topografische grenzen en kadastrale grenzen zo goed mogelijk is gemaakt door het weglaten van die kavels waarvan de grenzen niet zichtbaar corresponderen, is de relatie vrij slecht tengevolge van de verouderde kadastrale metingen. Bij de thans gebruikte basisgegevens, waarbij de resultaten van een

kadastrale hermeting zijn gehanteerd, is de overeenkomst veel groter. In het algemeen zijn in dit gebied de kadastrale grenzen identiek aan de topografische grenzen. Gezien de grote nauwkeurigheid waarmee de kadastrale grenzen zijn gemeten kan men in dit geval stellen dat de kadastrale oppervlakten gelijk zijn aan de werkelijke in het terrein te meten topografische oppervlakten. Een vergelijking van uit coördinaten, die zijn ontleend aan topografische kaarten 1 : 10 000, berekende oppervlakten met kadastrale oppervlakten zou hierom ook gezien kunnen worden als een vergelijking met werkelijke oppervlakten. De resultaten van dit vergelijkend onderzoek, weergegeven in fig. 5, tonen aan dat 95% van de verschillen geringer zijn dan 1,5% of 0,15 ha bij oppervlakten kleiner dan 10 ha. Deze resultaten zijn duidelijk beter dan de eerder genoemde. Een vergelijking met de resultaten van een in par. 13.2 van nota 730 beschreven onderzoek, waarin de verschillen zijn nagegaan tussen uit coördinaten berekende oppervlakten en oppervlakten die ontleend zijn aan kaarten die met deze coördinaten zijn getekend, toont aan dat de verschillen gering zijn. Het onderzoek uit par. 13.2 gaf aan dat de verschillen voor 95% van de kavels geringer waren dan 1% of 0,03 ha bij kavels kleiner dan 3 ha. Bij dit onderzoek werd gevonden 1,5% of 0,15 ha bij oppervlakten kleiner dan 10 ha. Het verschil in beide onderzoeken is de invloed die de relatie terrein-kaart heeft op de nauwkeurigheid van de meting. Deze blijkt gering te zijn.

Zowel in fig. 5 als op bijlage 3 is aangeduid van welke kavels een gedeelte van de grens werd ontleend aan het fotomosaïek. Hieruit blijkt dat de uitschieters betrekking hebben op deze kavels. Waarschijnlijk is de nauwkeurigheid van de kavelgrenzen die direct aan de topografische kaarten kunnen worden ontleend iets beter. Van een exacte bepaling hiervan is in verband met de geringe aantallen waarnemingen afgezien. Wel kan worden gesteld dat hetgeen in par. 2 van nota 730 ten aanzien van de noodzakelijkheid van het ontschraken of stereoscopisch uittekenen van luchtfoto's is beschreven kan vervallen. In die gevallen waarbij door een eenvoudige inpassing van de foto in het kaartbeeld de ontbrekende grenzen kunnen worden gekopieerd, kan men rechtstreeks van de foto de maten ontleen. Hier toe dient men te beschikken over vergrotingen van de foto's op een

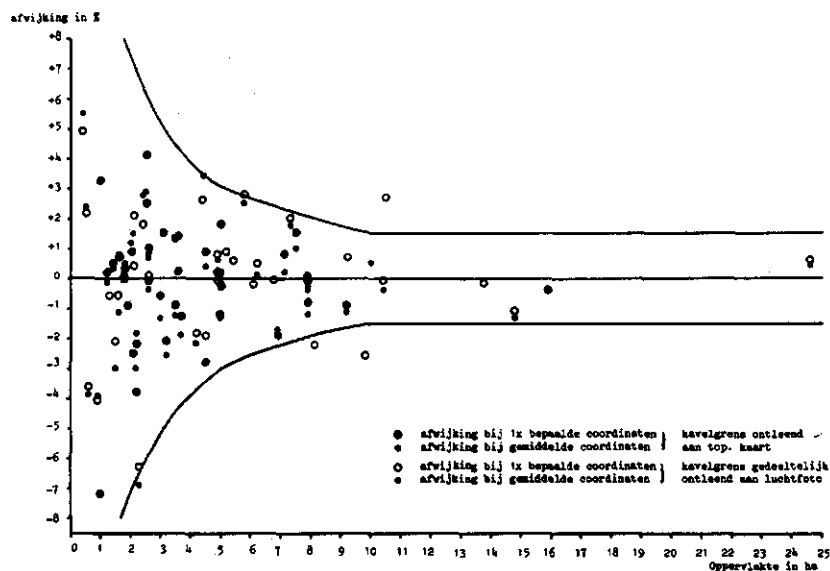


Fig. 5. Vergelijking van uit coördinaten berekende oppervlakten van op topografische kaarten 1 : 10 000 voorgestelde kavels met oppervlakten van hermeten kadastrale percelen

schaal van ca. 1 : 10 000 of over een Sketchmaster van de firma Zeiss die het beeld visueel vergroot en op de kaart projecteert. In andere gevallen blijft de noodzaak tot het ontschranken of stereoscopisch uittekenen van de foto's aanwezig.

Bij de methoden C en E uit de par. 5.3 en 5.5 van nota 730 worden de coördinaten van meermalen geregistreerde punten gemiddeld. Het effect hiervan op de nauwkeurigheid van de bepaling van de oppervlakten is nagegaan. Hiertoe zijn zowel de oppervlakten met de eenmalig bepaalde als met de gemiddelde coördinaten berekend. Er is aangenomen dat de oppervlakten van kavels waarvan minder dan tweederde van het aantal punten meermalen in coördinaten zijn bepaald in beide gevallen gelijk is. De resultaten van dit onderzoek zijn ook in fig. 5 aangegeven. Hieruit blijkt dat er geen verschil bestaat met het eerder in deze par. beschreven onderzoek.

7.3. Vergelijking van uit coördinaten berekende oppervlakten met oppervlakten die door een Haromat uit met dezelfde coördinaten op schaal 1 : 2000 getekende kaarten zijn bepaald

De bij de hermeting van het Kadaster verkregen coördinaten van knikpunten in kadastrale grenzen zijn gebruikt voor de bepaling van de kadastrale oppervlakten en voor het tekenen, met een tekenautomaat, van kadastrale kaarten. Deze kaarten, met een schaal van 1 : 2000, zijn met een Haromat opnieuw gedigitaliseerd op een wijze die als methode E (par. 5.5 van nota 730) is beschreven. De verkregen coördinaten zijn, na transformatie in het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting, afgerond op decimeters. Uit dit onderzoek kan blijken welke verbetering in de nauwkeurigheid te verwachten is wanneer in plaats van topografische kaarten met schaal 1 : 10 000 goede topografische kaarten schaal 1 : 2000 zouden worden gebruikt (zie ook par. 1). De gevonden verschillen zijn in figuur 6 grafisch uitgezet.

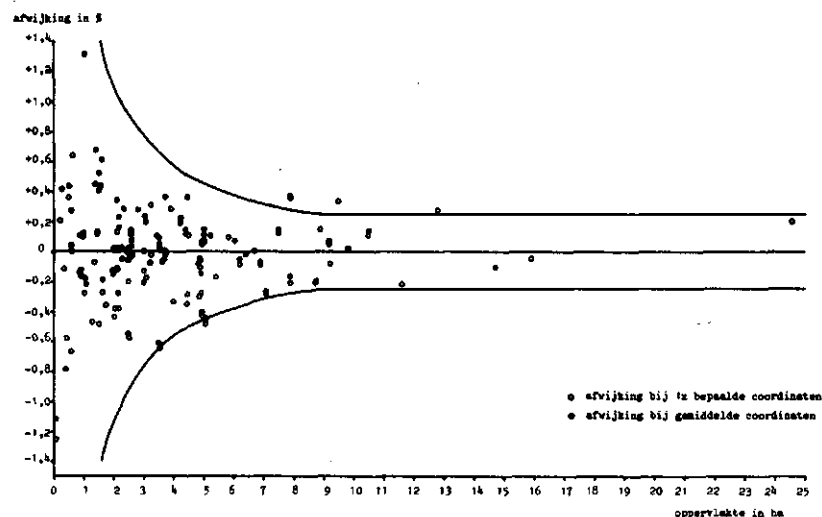


Fig. 6. Vergelijking van uit coördinaten berekende oppervlakten met oppervlakten die zijn berekend uit gedigitaliseerde kaarten, schaal 1 : 2000, die met een elektronische tekenmachine op basis van dezelfde coördinaten zijn getekend

Voor de percelen waarvan meer dan tweederde van het aantal punten meermalen in coördinaten is bepaald is zowel het verschil

van de uit eenmalig bepaalde coördinaten berekende oppervlakten met de kadastrale oppervlakten als het verschil van de uit de gemiddelde coördinaten berekende oppervlakten met de kadastrale oppervlakten uitgezet. Hier blijkt een gering verschil te bestaan. In 95% van het aantal gevallen blijkt het verschil van oppervlakten berekend uit gemiddelde coördinaten met de kadastrale oppervlakten geringer te zijn dan 0,2% of 225 m^2 bij percelen kleiner dan 11,25 ha. Bij gebruik van de eenmalig bepaalde coördinaten bedraagt deze waarde 0,25% of 225 m^2 bij percelen kleiner dan 9 ha.

Deze waarde kan het best worden vergeleken met de in par. 13.2 van nota 730 gevonden waarde voor een dergelijk onderzoek, waarbij een kaartschaal 1 : 10 000 werd gehanteerd. Hier bedroeg deze waarde 1% of 300 m^2 bij kavels kleiner dan 3 ha. Een belangrijk verschil dus waarvan de waardering afhangt van het gebruik van de berekende oppervlakten.

7.4. Vergelijking van uit coördinaten berekende oppervlakten met oppervlakten ontleend aan de uitgevoerde cultuurtechnische inventarisatie

Evenals voor de bij het onderzoek van nota 730 betrokken gebieden is voor het gebied van dit onderzoek een vergelijking gemaakt van oppervlakten ontleend aan de cultuurtechnische inventarisatie en de uit coördinaten, verkregen uit topografische kaarten met schaal 1 : 10 000, berekende oppervlakten. Hierbij zijn kavels waarvan de situatie tengevolge van minder juiste overname van grenzen in beide kaarten niet overeenkomt buiten beschouwing gelaten.

De resultaten zijn in fig. 7 weergegeven. Hieruit blijkt dat de verschillen bij 95% van het aantal kavels geringer zijn dan 4% of 5200 m^2 waarbij de grens ligt bij 13 ha. Deze verschillen zijn vergelijkbaar met die van de resultaten in de gebieden Haaksbergen en Smilde uit nota 730. Het gebied Oosthem uit die nota blijkt een uitschieter te zijn.

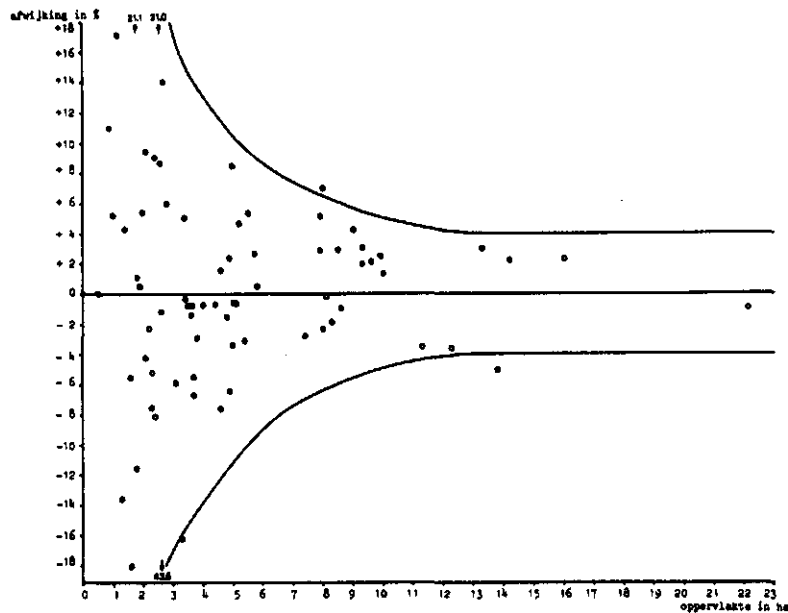


Fig. 7. Vergelijking van uit coördinaten berekende oppervlakten met oppervlakten ontleend aan een cultuurtechnische inventarisatie

7.5. Vergelijking van op verschillende manieren verkregen coördinaten van punten

Van 130 op de topografische kaart herkenbare knikpunten is een vergelijking gemaakt van de met de Haromat verkregen coördinaten en de door het Kadaster uit metingen in het terrein bepaalde coördinaten. Hiervoor is nagegaan of de door het Kadaster vastgelegde grens een topografische grens is. Van dezelfde punten is tevens een vergelijking gemaakt van de aan de kadastrale kaarten 1 : 2000 ontleende coördinaten en de door het Kadaster uit metingen in het terrein bepaalde coördinaten.

Er zijn twee standaardafwijkingen bepaald volgens de formules 1 en 2.

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2}{n-1}} \quad (1)$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{(X_A - X_C)^2 + (Y_A - Y_C)^2}{n-1}} \quad (2)$$

waarin:

X_A = X-coördinaat van een punt door het Kadaster uit metingen
in het terrein bepaald

Y_A = Y-coördinaat, idem

X_B = X-coördinaat van hetzelfde punt ontleend aan de topo-
grafische kaart 1 : 10 000

Y_B = Y-coördinaat, idem

X_C = X-coördinaat van hetzelfde punt ontleend aan de kadastra-
le kaart 1 : 2000

Y_C = Y-coördinaat, idem

n = aantal punten waarop de vergelijking betrekking heeft

De standaardafwijking die met formule 1 wordt berekend geeft de standaardafwijking in de afstanden tussen de door het Kadaster bepaalde plaats van de knikpunten en de aan de topografische kaarten ontleende plaats van dezelfde punten weer. Deze standaardafwijking bedraagt 2,9 m en wordt beïnvloed door de volgende elementen:

- a. de interpretatie van de topografische grens tijdens de kadastrale inmeting;
- b. de nauwkeurigheid van de kadastrale meting (tachymetrische meting met een optische afstandsmeter) en de nauwkeurigheid van de meetkundige grondslag;
- c. de interpretatie van de topografische grens bij het vervaardigen van de topografische kaart;
- d. de tekennauwkeurigheid van de topografische kaart en de nauwkeurigheid waarmee niet op de kaart voorkomende kavelgrenzen zijn overgenomen van de foto;
- e. de meetnauwkeurigheid van de Haromat en de instelnauwkeurigheid van de meetloupe van dit instrument;
- f. de kwaliteit van inpassing van de kaart voor de transformatie van machinecoördinaten, van de Haromat, naar coördinaten van het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting.

De standaardafwijking die met formule 2 wordt berekend geeft de standaardafwijking in de afstanden tussen de door het Kadaster bepaalde plaats van de knikpunten en de aan de kadastrale kaarten

ontleende plaats van dezelfde punten weer. Deze standaardafwijking bedraagt 0,46 m en wordt beïnvloed door de volgende elementen:

- a. de nauwkeurigheid van de tekenmachine waarmee de kaarten zijn getekend;
- b. de instel- en meetnauwkeurigheid van de Haromat;
- c. de kwaliteit van inpassing van de kaart.

8. Samenvatting

Het onderzoek naar de digitalisering van kavelgrenzen waarbij coördinaten worden ontleend aan topografische kaarten en waarvan de eerste resultaten in nota 730 zijn vastgelegd heeft zich toegespitst op een aantal facetten.

Het verschil in nauwkeurigheid en bewerkelijkheid van basiskaarten met schaal 1 : 10 000 en 1 : 2000 is bekeken. Gebleken is dat de nauwkeurigheid van de oppervlaktebepaling met ongeveer een factor 4 wordt verhoogd bij gebruik van kaarten 1 : 2000 in plaats van 1 : 10 000. Het aantal benodigde knikpunten nam in het onderzoeksgebied met 38% toe. De kaveloppervlakten die zijn ontleend aan topografische kaarten met schaal 1 : 10 000 blijken voor 95% een geringere afwijking te vertonen dan 1,5% of 0,15 ha, voor kavels kleiner dan 10 ha, met nauwkeurig bepaalde oppervlakten van kadastrale percelen waarvan de grenzen topografische grenzen zijn. Of een verhoging van de nauwkeurigheid bij gebruik van een andere kaart-schaal gewenst is hangt af van de toepassingsgebieden.

De toetsing van de methode E uit nota 730 geeft aan dat de praktijk, op kleinere schaal, overeenkomt met het in die nota gestelde ten aanzien van het bij elkaar zoeken van meermalen geregistreeerde coördinaten van een punt. Voor de met kaarten 1 : 10 000 gedigitaliseerde punten moet een tolerantie in de coördinaten van + of - 2 m worden toegelaten, bij kaartschaal 1 : 2000 + of - 0,4 m.

Ten behoeve van het maken van een puntenkaart waarop bij elk punt het nummer of de coördinaten worden vermeld blijkt een vrij eenvoudig rekenschema te kunnen worden ontworpen.

De afstandenkaart is met enkele alternatieve uitvoeringsmoge-

lijkheden gegeven. Dit zijn een 'cijferkaart', een 'bolletjeskaart' en een kaart in kleur met een gewijzigd kleurenschema.

In de literatuurlijst wordt verwezen naar enkele publicaties over aanverwante onderzoeken op een grotere kaartschaal. Vanzelfsprekend is, waar identieke oplossingen mogelijk zijn, nauw overleg geboden.

Literatuur

- BAART, P. J. J. en A. de PUTTER, 1973. Digitaliseren, berekenen en plotten van werkplannen, bijbladen en in te passen hulpkaarten. *Geodesia* 15.4 en 15.6.
- COMMISSIE GROOTSCHALIGE BASISKAART, 1973. Interimrapport.
- DUBBELD, J. 1973. Digitaal kaarteren. *Nederlands Geodetisch Tijdschrift* 3.5.
- HOEKSTRA, A. V., 1972, Het digitaliseren van grafisch voorgestelde informatie. Scriptie Technische Hogeschool Delft.
- VISSER, A. C., 1973. Het digitaliseren van kaarten en het verwerken van hiermee verkregen gegevens. Nota 730 van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.