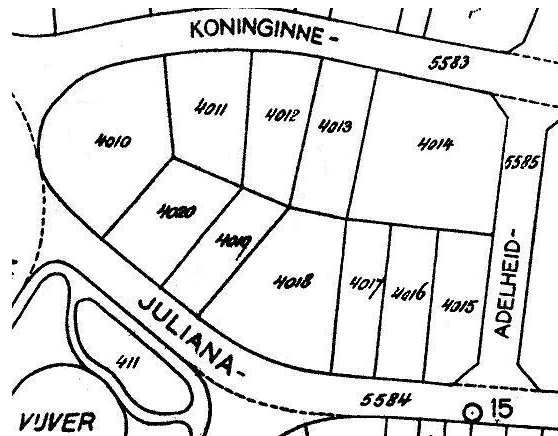


Planimeters

Perceelinhoud

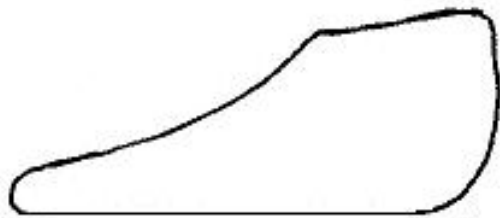
Om de oppervlakte - of de 'inhoud' zoals de landmeter zegt - van een perceel vast te stellen moeten ter plaatse metingen worden verricht. Soms bestaat de 'meting' uit het nemen en tellen van stappen en aansluitend een eenvoudige berekening. Om echter met grotere nauwkeurigheid te meten is er een reeks van meetinstrumenten ontwikkeld. Men kiest een of meer van de instrumenten afhankelijk van de aard van het oppervlak en de vereiste nauwkeurigheid. Meestal wordt niet onmiddellijk na de meting de oppervlakte berekend, maar gaat men eerst van het betreffende perceel een tekening op schaal maken (afb. 1). Aan de hand van de tekening wordt dan het oppervlak vastgesteld.



afb. 1 - deel van kadastrale tekening

Oppervlakte indicatordiagram

In de techniek maakt men gebruik van grafieken en diagrammen om de eigenschappen van een systeem duidelijk te maken. Zo geeft een druk-volume-diagram (PV-diagram) van een zuigermotor, belangrijke informatie over het functioneren van die motor. De indicator is het



afb. 2 - indicatordiagram van een stoomzuigermachine

instrument, dat bij een bepaalde zuigerstand de bijbehorende druk registreert. De gemiddelde druk op de zuiger is een maat voor het geleverde koppel en - in relatie met de rotatiefrequentie van de motor - het vermogen. Een tussenstap bij het berekenen van de gemiddelde druk, is het nauwkeurig vaststellen van het oppervlak van het 'indicatordiagram'.

Bij stoom-zuigermachines gebruikte men het indicatordiagram (afb. 2) om het vermogen van de machine te berekenen maar ook om de slijtage van cilinder en zuiger vast te stellen.

Bij inwendige verbrandingsmotoren wordt het 'indicatorvermogen' samen met het 'effectief vermogen' gebruikt om het mechanisch rendement te berekenen.

De oppervlakte van een figuur bepalen

Het bepalen van het oppervlak van een getekende figuur met rechte lijnen begrenzingen is niet zo moeilijk. Een bekend hulpmiddel is, de figuur opdelen in driehoeken. Het oppervlak van elke driehoek afzonderlijk is eenvoudig te berekenen, waarna door optelling het totale oppervlak bekend wordt. Bij een onregelmatig begrensd (plat) vlak op tekening is het vaststellen van de oppervlakte wat moeilijker. Er zijn veel oplossingen bedacht om op eenvoudige wijze en met een redelijke nauwkeurigheid de oppervlakte van een willekeurige figuur te meten.

Een op het oog merkwaardige, hoewel toch nauwkeurige methode, is het uitknippen en wegen van de getekende figuur.

Planimeters zijn de instrumenten die speciaal ontworpen zijn om de oppervlakte van een figuur te bepalen. Ze zijn er in vele varianten, van eenvoudige tot zeer gecompliceerde. Het vakgebied, het gebruiksgemak en de vereiste nauwkeurigheid bepalen dan de uitvoering. In dit relaas worden enkele mechanische instrumenten behandeld, welke tot circa de zeventiger jaren van de vorige eeuw werden gebruikt.

Planimeters

Glasplanimeter

Het eenvoudigste 'instrument' om de oppervlakte van een figuur vast te stellen is wellicht de glasplanimeter. Een glasplaat is

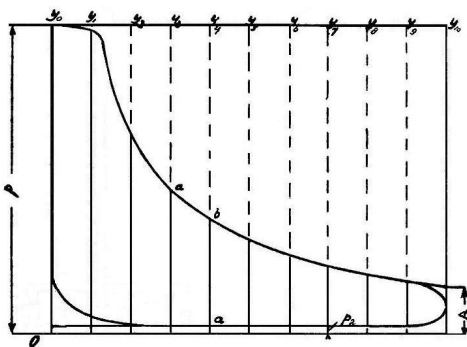
verdeeld in regelmatige ruitjes. De glasplaat wordt op de tekening gelegd. Door het optellen van het aantal hele en halve ruitjes die de

figuur bedekken en rekening houdend met de schaal, kan men de totale oppervlakte vaststellen.

Harpplanimeter

Op vergelijkbare wijze maakt men bij het berekenen van de oppervlakte van langwerpige en/of smalle percelen, gebruik van de harpplanimeter. Men gebruikt een stuk doorzichtig papier voorzien van evenwijdige lijnen met een onderlinge afstand van 3, 4 of 5 mm.

Als hulpmiddel bij het berekenen van de gemiddelde druk wordt indicator-diagram-schrijver een 'harp'-planimeter geleverd in de vorm van een hekje (afb. 3). De draaipunten van de parallel staande 'spijltjes'



afb. 4 - indicatordiagram in 10 delen

maken het mogelijk dat men het indicator-diagram in tien gelijke delen wordt verdeeld (afb. 4), waarna men met behulp van de regel van Simpson het oppervlak (de gemiddelde druk) kan berekenen.



afb. 3 - 'harp'-planimeter

Het diagramvlak stelt de arbeid per cm² zuigeroppervlak bij één zuigerslag voor en bedraagt volgens de regel van Simpson:

$$A = S/30 \{Y_0 + Y_{10} + 4(Y_1+Y_3+Y_5+Y_7+Y_9) + 2(Y_2 + Y_4 + Y_6 + Y_8)\}$$

Hierin is S de diagramlengte en Y_0, Y_1 , enz. de in het diagram vallende stukken van de deellijnen, b.v. $ab = Y_4$ (fig. 4).

Daar volgens de bekende regel:

$$\text{Arbeid} = \text{kracht} \times \text{weg is, dus } A = P_1 \times S_i \text{ volgt, dat } P_1 = A/S_i.$$

Passen we dit toe op voorgaande formule van Simpson, dan krijgen we :

$$P_1 = 1/30 \{Y_0 + Y_{10} + 4(Y_1+Y_3+Y_5+Y_7+Y_9) + 2(Y_2 + Y_4 + Y_6 + Y_8)\}$$

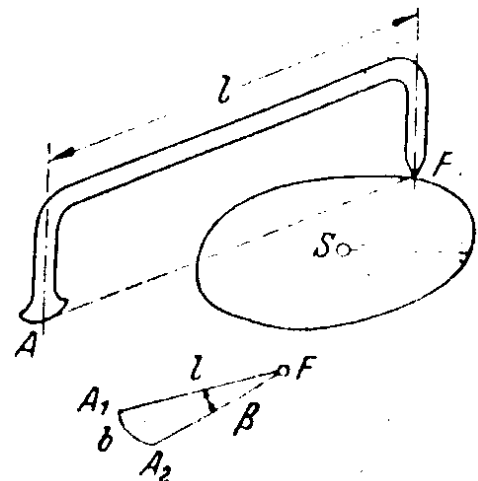
Instrumentele planimeters

In het algemeen verstaat men onder een planimeter een instrument, waarmee door het volgen van de begrenzingslijn van het vlak, de oppervlakte kan worden vastgesteld.

Men stelt dat een dergelijk instrument voor het eerst werd gemaakt door J.M. Hermann, Beieren in 1816. Daarna zijn er verschillende min of meer commercieel geslaagde ontwerpen van een planimeter gepresenteerd.

'Bijltjes'-planimeter

Planimeters zijn soms zeer gecompliceerde instrumenten. In tegenstelling daarmee is de 'bijltjes'-planimeter (ook spijker-, stang- of mesplanimeter genoemd) een zeer eenvoudig hulpmiddel. Hij werd door kapitein Pryte in 1886 uitgevonden en gemaakt door Knudsen, Kopenhagen.



De bijtjesplanimeter is - verbeterd - geïntroduceerd en onder de aandacht gebracht door professor Goodman. Door anderen zijn inmiddels verschillende verbeterde

versies van deze bijtjesplanimeter bedacht en gemaakt. Zo vervangt (1897) E. Kilburn het bijlvormige uiteinde door een scherphoekig wieltje.

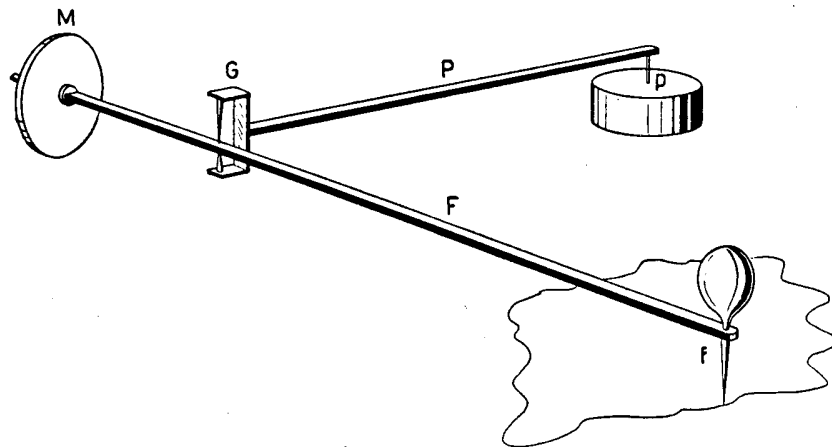
Poolplanimeter

De bekendste, en waarschijnlijk meest toegepaste, is de poolplanimeter, die zijn naam dankt aan de pool, het vaste punt waarvan men uitgaat bij het meten van de oppervlakte van een vlak.

Omstreeks 1854 vond professor Jacob Amsler de poolplanimeter uit die door de eenvoudige en goedkope constructie in grote aantallen werd gemaakt. Tot 1884 maakte hij 12 000 exemplaren van dit instrument. In principe is de constructie als in afb. 6. Met de voerstift [f] wordt de omtrek van de

getekende figuur omschreven. De voerarm [F] scharniert bij [G] en maakt dat de poolarm [P] om de

pool [p] kan draaien. Daardoor zal het rolletje [M] meer of minder draaien.



afb. 6 - principe poolplanimeter

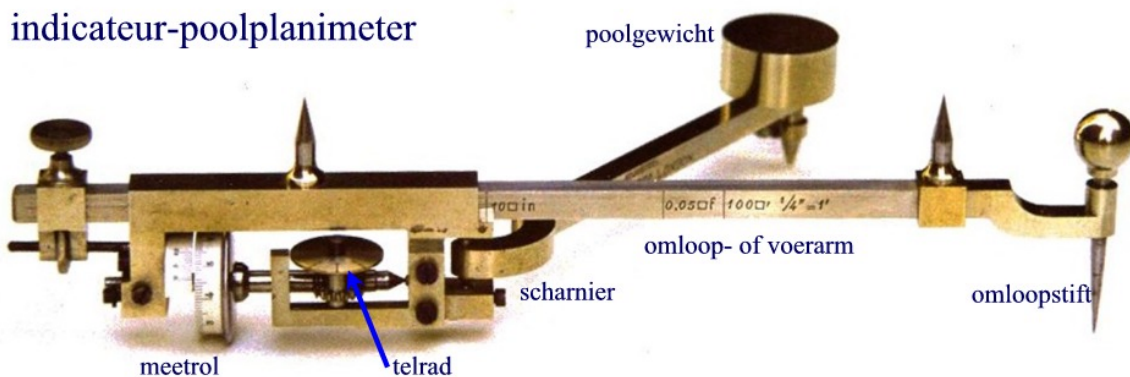
Benamingen

In bijgaande afbeelding zijn de belangrijkste benamingen nogmaals aangegeven.

Aan het eind van de *poolarm* bevindt zich de *pool* die vast in het papier geprikt is en waarom het instrument kan draaien. Meestal is de pool verzwaard met een *poolgewicht*. De poolarm scharniert met de *omloop- of*

voerarm. Aan de uiterste kant van de omlooparm is de *omloopstift*, waarmee de omtrek van de figuur wordt omschreven. Daarbij rolt de *meetrol* min of meer over het papier. Het aantal omwentelingen of delen daarvan kan men bij het *telrad* aflezen.

indicateur-poolplanimeter



afb. 7 - indicateur-poolplanimeter

De afgebeelde planimeter (afb. 7) is van Amsler uit ca. 1892, op de markt gebracht door Elliott Bros London. De spitsen aan de bovenkant (de beschermkapjes ontbreken!) zijn typisch voor een

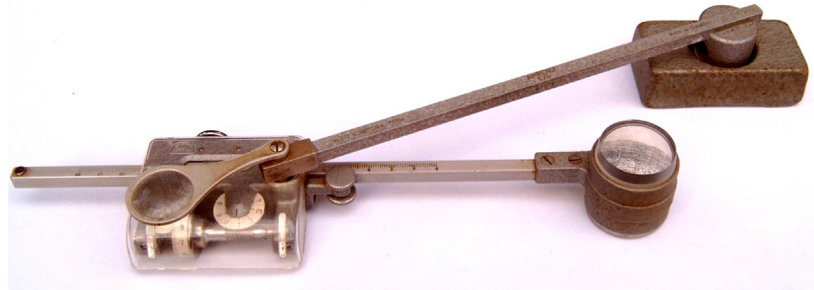
planimeter die bedoeld is voor het bemeten van een indicateurdiagram. De spitsen worden afgesteld op de breedte van het indicateurdiagram (de zuigerweg). Daarvoor is de

voerarm verstelbaar en voorzien van een fijnafstelling. Er zijn verschillende varianten van poolplanimeters, afgestemd op gebruik en/of gewenste nauwkeurigheid.

Compensatiepoolplanimeter

In 1893 biedt Coradi, Zürich, naar een idee van landmeter O. Lang, Neuweid, de compensatie-poolplanimeter aan. De poolarm kan daarbij boven of onder de voerarm draaien, waardoor de fout door niet paralleliteit tussen voerarm en rolas kan worden gecorrigeerd. De figuur wordt nu twee maal omschreven waarna het gemiddelde van beide meetwaarden wordt genomen. In afbeelding 8 is compensatie-poolplanimeter van Ott te zien die in 1956 op de markt is gebracht door

Ahrend onder nr. 573. Merk op dat de omloopstift is vervangen door een omlooploop. In



afb. 8 – Compensatiepoolplanimeter Ahrend 573 (Ott)

Proportionele poolplanimeter

De compensatieplanimeter waarvan de straal van de voerarm kan worden gewijzigd, noemt men ook wel proportionele poolplanimeter. Het voordeel is dat de arm verkort kan worden waardoor het gebruik van de planimeter binnen een figuur makkelijk wordt, wat de nauwkeurigheid verhoogd. De afgebeelde planimeter is van Haff en in ca 1925 op de markt gebracht door Keuffel & Esser Co NY **Germany**, onder nummer 4242. Er bevinden zich twee ijkliniaaltjes bij het instrument, voor metrische en engelse systemen.



Schijf-poolplanimeter



De meetrol rolt of slipt bij poolplanimeters over de tekening op het papier. De ruwheid van het papier bepaald mede de uitkomst van de meting. Bij de schijfpoolplanimeter loopt de meetrol over een werkschijf die in beweging wordt gebracht door een rondsel op een tandwiel op de schijf. In principe is de werking als bij een gewone planimeter, maar de afleesfout wordt door de overbrenging ca. tien maal kleiner.

Budget

Poolplanimeters zijn ruim 100 jaar gemaakt en gebruikt. In de zeventiger jaren, met de opkomst van de elektronische apparatuur is de productie tot stilstand gekomen. Hoewel er vele duizenden zijn gemaakt, is het aanbod niet groot.

De vraagprijs is van een aantal variabelen afhankelijk, welke vrij willekeurig zijn. De vraagprijzen variëren dan van enkele tientjes voor de exemplaren na de jaren 40

tot zo'n honderd euro voor een mooi en ouder exemplaar. Uiteraard is men bereid meer te betalen voor een ontbrekend instrument in de verzameling. De vraagprijs voor bijzondere poolplanimeters, zoals oude pantograaf- en schijf-poolplanimeters ligt beduidend hoger. De vraag- en biedprijzen op veilingen en internet kan de verzamelaar nauwelijks als norm voor de waarde hanteren.

Waar op letten bij aankoop?

Planimeters worden vrijwel zonder uitzondering in passende cassettes aangeboden. Aan de uitgespaarde ruimten kan men zien wat er in hoort. Enkele zaken waarop men kan letten:

- is de planimeter compleet:
 - poolgewicht
 - ijk-meetliniaaltje (soms twee, metrisch en engels systeem) (bij de vroege modellen niet aanwezig)
 - ijktabel (ingeplakt, maar niet altijd aanwezig, let op plaksporen)
 - gebruikershandleiding (vrijwel nooit aanwezig)
 - indien met omlooploep, is deze (soms samen met omloopstift) aanwezig en gaaf
 - spitshulsjes (bij een indicateur-poolplanimeter)
- het meetrolletje:
 - loopt het soepel
 - loopt het meetrad mee (als dit uit de lagering is gelopen, kan dat door stellen vaak weer worden hersteld)
 - zit het (kunststof) 'wijzerplaatje' nog vast
- kenmerken:
 - is de planimeter gesignd en van een volgnummer voorzien
 - is het een gerenomeerde maker
 - zijn de ingegraveerde nummer(s), de maatverdeling en dergelijke, scherp
- is de cassette in goede staat
- wat is de ouderdom (datum op ijktabel) of de geschatte ouderdom.

Enkele gerenomeerde makers/wederverkopers zijn:

Amsler, Coradi, D&P of DuPa, Elliott, Haff, K&E, Maho, Ott, Reiss, of de naoorlogse Allbrit en Koizumi (Alvin)

Kort geschiedkundig overzicht

- 1814 J.M. Hermann, Beieren - eerste planimeter
- 1816 ontwerp verbeterd door Lämle
- 1817 het verbeterende instrument wordt gemaakt door Lämle
- 1824 Tito Gonella, Florence vindt los daarvan een vergelijkbaar instrument uit dat voorzien is van een meetwiel en een kegel, later vervangen door een schijf
- 1826 Oppikofer, Zwitserland vindt een zelfde instrument uit als dat van Gonella (wiel + kegel)
- 1827 Ernst, Frankrijk maakt een verbeterde versie van het instrument van Oppikofer, geschikt voor de handel
- 1837 Poncelet, Frankrijk
- 1849 Wetli, Zürich maakt een schijftype planimeter, door Starke in Wenen gemaakt. Hansen, Seeberg stelt een verbetering voor.
- 1851 Ansveld maakt voor de expositie in Parijs een Wetli-Hansenplanimeter
- 1851 John Sang, Kircaldy, vindt de 'platometer' uit; een instrument van het type wiel en kegel dat lijkt op dat van Ernst
- 1854 ongeveer in dit jaar ontwerpt Jacob **Amsler** zijn **poolplanimeter**. Door de eenvoudige constructie en de lage prijs is de verkoop enorm.
- 1855 Zonder enige bijzondere kennis van planimeters ontwerpt Josef Stadler, Eisenerz' een planimeter die zonder slippend meetwiel werkt. De moeilijke constructie staat praktische uitvoering in de weg.
- 1856 Bouniakovsky, St. Petersburg, en Decker, Augsburg, stelde beide een instrument van Fürth voor, waarbij de geleidingsboog werd vervangen door een stangenstelsel.
- 1876 James Thomson doet onderzoek naar het ongewenste slippen van het meetwiel en vereenvoudigt het ontwerp van Maxwell en ontwikkelde zijn schijf, bol en cilindercombinatie.
- 1876 F. Hohmann bedenkt en maakt een 'precisie'-planimeter, voorzien van een schijf waarop het meetwiel met gecontroleerde slip loopt. Met verschillende aanpassingen wordt dit type gemaakt door Amstler, Coradi, Ott en anderen.
- 1883 C.V. Boys vindt de **poolplanimeter** uit zonder slip, maar commercieel niet interessant.
- 1884 12 000 exemplaren van Amstlers planimeter verkocht.
- 1884 Amstler beschrijft een planimeter zonder slip, ontworpen voor metingen aan boloppervlakken, maar te gecompliceerd voor uitvoering en verkoop. Coradi vereenvoudigde het instrument waardoor er iets slip optrad. Hij maakte in twee uitvoeringen een aanzienlijk aantal.

- 1886 [of 1887?] Kapitein Pryte, bedenkt de 'bijltjes'-planimeter. Het is een op twee plaatsen haaks omgezette stang. Het ene uiteinde is uitgevoerd als volgstift, het andere is bijlvormig. Hij wordt gemaakt door Knudsen, Kopenhagen
- 1893 Coradi neemt een idee van de landmeter O. Lang, Neuweid, over en maak de *compensatie-poolplanimeter*, waarbij de voerarm onder de poolarm door kan bewegen.
- 1897 E. Kilburn Scott vervangt het bijlvormige uiteinde door een scherphoekig wielkje. De stang bestaat uit drie delen met passerverbindingen en voorzien van schaalverdeling. Onder de volgstift is een rond plaatje celluloid aangebracht met in het centrum een gaatje.

referenties:

Lensen, B.J. / J.H.H. Bongaerts – Landmeetkundig tekenen, uitg. Argus, 's-Gravenhage, 1964

Mulders, G.J. – Scheepsmachines, Uitg. 'Kweekschool voor de Zeevaart' Amsterdam, 1915

Imelman, Nanno A. – Het stoombedrijf, Dl. III – Stoommachines, Kluwer, Deventer

Met betrekking tot herkomst en datering: Prof. Dr. Joachim Fischer, München
