

Raad voor Accreditatie (RvA)

**De sterkte van het
zwaarteveld in Nederland**

Document code: RvA-Tk-2.27

Datum vaststelling: 14 september 2004

Een RvA-Toelichting beschrijft het beleid en/of de werkwijze van de RvA met betrekking tot een specifiek accreditatieonderwerp. Indien het beleid en/of de werkwijze betreffende een accreditatieonderwerp, dat in een RvA-Toelichting is beschreven, in een EA, ILAC of IAF-document wordt vastgelegd, zal de RvA haar beleid en werkwijze in overeenstemming brengen met dit EA, ILAC of IAF-document.

Een actuele versie van de Toelichtingen is via de website van de RvA (www.rva.nl) te verkrijgen.

Inhoud

1	Inleiding _____	4
2	Kennis van de sterkte van het zwaarteveld in Nederland _____	4
3	Het bepalen van een lokale sterkte van het zwaarteveld _____	5
4	Herkalibratietermijnen _____	6
5	Herleidbaarheid _____	6
6	Wijzigingen ten opzichte van de vorige versie _____	7

1 Inleiding

Bij veel kalibraties speelt de sterkte van het zwaarteveld (symbool: g) een rol (vaak 'versnelling van de zwaartekracht' genoemd en uitgedrukt in m/s^2 , maar als 'sterkte van het zwaarteveld', uitgedrukt in

N/kg , meestal meer functioneel en dan ook analoog aan de sterkte van een elektrisch veld, uitgedrukt in N/C).

Dit betreft met name kracht, indien de kracht wordt opgewekt door middel van massastandaarden ('doodgewicht') en druk als gebruik wordt gemaakt van een vloeistofmanometer of een drukbalans (die ook wel 'deadweighttester' wordt genoemd!).

Voor de bepaling van de gegenereerde grootte is nodig dat de sterkte van het zwaarteveld ter plaatse met voldoende kleine onzekerheid bekend is.

Voor accreditatie ten aanzien van grootheden waarin de sterkte van het zwaarteveld is begrepen, dient deze waarde tevens aantoonbaar herleidbaar te zijn naar primaire standaarden.

Voor de bepaling van de plaatselijke sterkte van het zwaarteveld (lokaal) kan men evenwel in Nederland niet terecht bij het nationale standaardeninstituut of een door de Raad voor Accreditatie erkend kalibratielaboratorium.

In dit stuk worden richtlijnen gegeven om desondanks aanvaardbare waarden van de sterkte van het zwaarteveld in laboratoria te verkrijgen.

2 Kennis van de sterkte van het zwaarteveld in Nederland

Bepaling van de zwaartekracht in Nederland wordt uitgevoerd door de Faculteit der Geodesie van de TU Delft (TUD), sectie Fysische, Meetkundige en Ruimte-geodesie en de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat. Hiertoe beschikken beide instanties over een relatieve zwaartekrachtmeter (gravimeter).

Oorspronkelijk is door Geodesie een relatief zwaartekrachtmetnet (TUD netwerk) opgezet met meetpunten op ruim 20 stations van de NS.

In 1991 zijn op een viertal punten in Nederland metingen verricht met een absolute gravimeter van de Universiteit van Hannover (Absolute gravity measurements in the Netherlands 1991-1993, G.L. Strang van Hees et al., Netherlands Commission for Geodesy, new series, 1997).

In samenwerking met Geodesie is vanaf 1987 door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat (RWS) een afzonderlijk eerste orde net van 28 punten opgezet, waarvan enkele punten van de eerste orde netten in België en Duitsland deel uitmaken.

Een belangrijke overweging bij de keuze van deze punten was de langdurige beschikbaarheid. Het RWS netwerk is ook gerelateerd aan de punten in Nederland waar de absolute waarde van g is gemeten en aan enkele punten van het TUD netwerk.

Door vereffening van alle bekende gegevens is nu de vergrote onzekerheid ($k = 2$) van de zwaartekracht op de netwerkpunten tot rond $0,1 \cdot 10^{-6} N/kg$ teruggebracht (Het eerste orde zwaartekrachtmetnet van Nederland, E. de Min, publicatie 32 van de Nederlandse Commissie voor Geodesie, 1995).

Daarbij moet worden opgemerkt dat deze nauwkeurigheid slechts geldt als er wordt gecorrigeerd voor de getijden die een variatie geven van rond $1 \cdot 10^{-6}$ N/kg.

Door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat is in de jaren 1990 - 1994 ook een secundair zwaartekrachtmetnet opgezet. Dit net omvat 8000 punten in de nabijheid van NAP-hoogte-bouten met in het algemeen een afstand van 2 à 3 km tussen de meetpunten.

Deze grote dichtheid van punten is nodig om de zogenaamde geoid te kunnen berekenen met een onzekerheid van niet meer dan 1 cm. De geoid komt qua vorm overeen met het nulvlak van de NAP-hoogten. Dit net geeft de mogelijkheid om de lokale sterkte van het zwaarteveld op elke plaats in Nederland door berekening af te leiden uit waarden van g op nabijgelegen meetpunten.

In 1997 wordt door RWS en Geodesie een nieuwe meetserie voor een eerste orde netwerk voltooid met 45 clusters van punten. De vergrote relatieve onzekerheid ($k = 2$) van de zwaartekracht op punten van dit netwerk wordt verwacht niet groter te zijn dan 5 à $10 \cdot 10^{-9}$.

3 Het bepalen van een lokale sterkte van het zwaarteveld

Binnen Nederland kan op drie manieren gebeuren:

3.1 Door meting ter plaatse

Deze meting wordt op aanvraag uitgevoerd door de Faculteit der Geodesie van de TU Delft. De relatieve vergrote meetonzekerheid ($k = 2$) van een bepaling door eenmalige opstelling is $5 \cdot 10^{-8}$. Evenwel wordt in de praktijk gewoonlijk niet gecorrigeerd voor de variatie in g door de invloed van de getijden. Deze variatie bedraagt $1 \cdot 10^{-7}$ relatief.

3.2 Door interpolatie tussen punten van het zwaartekrachtmetnet

Deze berekening wordt op aanvraag uitgevoerd door de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat op basis van bekende waarden in de nabijheid van de gevraagde positie. Voor de berekening dienen de geografische coördinaten (lengte en breedte of RD-coördinaten), de hoogte van de opstelling boven NAP en de onzekerheid in deze hoogte te worden opgegeven.

Informatie betreffende de hoogte wordt op aanvraag verstrekt door de afdeling NAP van bovengenoemde Meetkundige Dienst.

De totale relatieve onzekerheid ($k = 2$) van deze bepaling is niet groter dan $2 \cdot 10^{-6}$ indien:

- de onzekerheid in lengte en breedte kleiner is dan 1,5 boogseconde (≈ 50 m);
- de onzekerheid in de hoogte kleiner is dan 2 m.
- de totale relatieve onzekerheid ($k = 2$) van deze bepaling is niet groter dan $2 \cdot 10^{-5}$ indien:
- de onzekerheid in lengte en breedte kleiner is dan 30 boogseconde (≈ 1 km);
- de onzekerheid in de hoogte kleiner is dan 10 m.

3.3 Door berekening m.b.v. de formule voor de z.g. 'normaalzwaartekracht':

g (normaal) = $g_e \cdot (1 + k \cdot \sin^2 \varphi) / \sqrt{(1 - e^2 \cdot \sin^2 \varphi)} + d \cdot H$

met: $g_e = 9,780\,327$ N / kg;

$$k = 0,001\ 931\ 851;$$

$$e_2 = 0,006\ 694\ 380;$$

$$d = -0,000\ 003\ 086\ \text{N} / (\text{kg}\cdot\text{m});$$

φ = de lokale geografische breedte en
 H = hoogte boven NAP (in m).

De waarden van bovenstaande coëfficiënten zijn ontleend aan:

H. Moritz, Geodetic Reference System 1980, Bulletin Géodésique, 54 (1980), no. 3, p. 395-405.

De totale relatieve afwijking in de aldus berekende lokale sterkte van het zwaarteveld is in Nederland niet groter dan $3\cdot 10^{-5}$.

Voor de berekening dienen de lokale geografische breedte en hoogte boven NAP te worden gebruikt.

De onzekerheidsbijdrage van de onzekerheid in deze coördinaten kan worden verwaarloosd indien:

- de onzekerheid in de breedte kleiner is dan 5 boogminuut (≈ 10 km);
- de onzekerheid in de hoogte kleiner is dan 30 m.

Als document waaraan de coördinaten worden ontleend is een stafkaart voldoende. Voor de bepaling van de breedtecoördinaat kan ook gebruik worden gemaakt van het Global Positioning System (GPS). Dit is evenwel niet toereikend voor de bepaling van de hoogte!

4 Herkalibratietermijnen

Om een totale relatieve onzekerheid ($k=2$) van $2\cdot 10^{-7}$ in de bepaling volgens 3.1 bij voortdurende handhaven (zonder in het gebruik te corrigeren voor de getijden) dient deze elke tien jaar te worden herhaald. Als een relatieve onzekerheid van $1\cdot 10^{-6}$ of nog ruimer voldoende is, kan met een éénmalige bepaling worden volstaan.

Bij de bepaling volgens 3.1 en 3.2 wordt de vergrote onzekerheid met de onzekerheidsdekkingsfactor k gegeven.

Omdat bij de bepaling volgens 3.3 de grenzen van de gegeven onzekerheid niet worden overschreden, maar het anderzijds niet mogelijk is om voor een willekeurige locatie een specifieke waarschijnlijkheid aan te geven moet hiervoor een rechthoekige verdeling worden gebruikt. De daaruit volgende standaardonzekerheid is 0,58 maal de gegeven onzekerheid.

5 Herleidbaarheid

Een volgens één der bovengenoemde wijzen bepaalde en gedocumenteerde waarde van de sterkte van het zwaarteveld wordt in het kader van een accreditatie onder auspiciën van de Raad voor Accreditatie aanvaard als aantoonbaar herleidbare waarde.

6 Wijzigingen ten opzichte van de vorige versie

Ten opzichte van de vorige versie is dit reglement gewijzigd op de volgende onderdelen:

- Nieuw TK format;
- NKO vervangen door RvA.