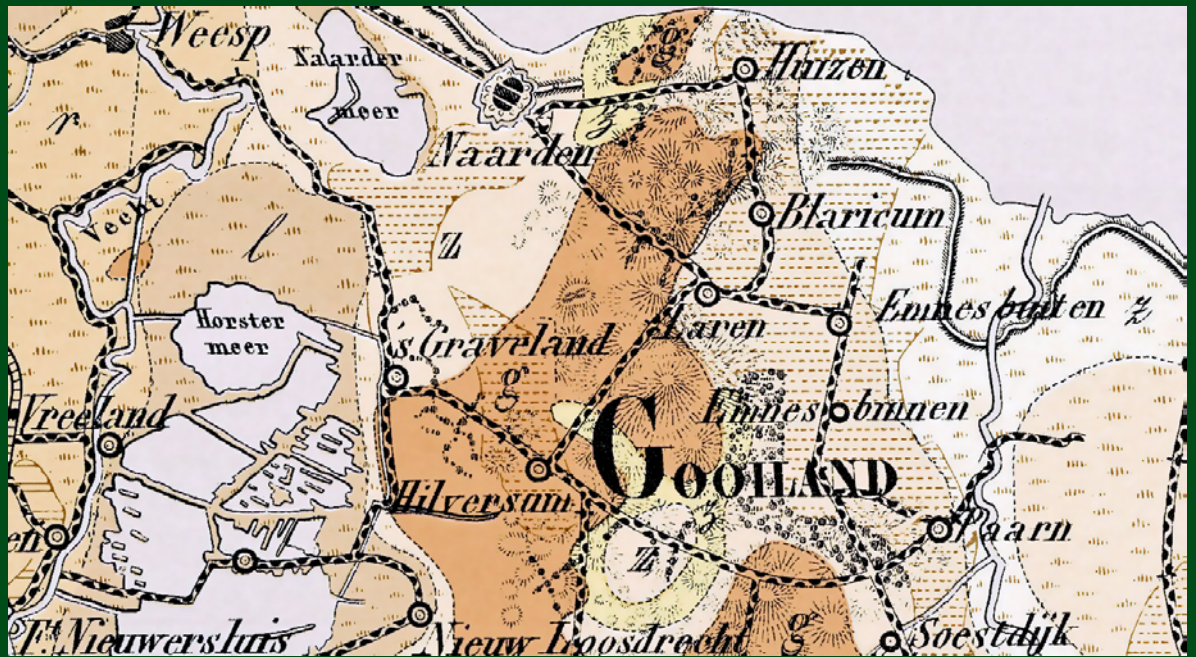




Geologische atlas van het Gooi



AWN



Geologische atlas van het Gooi

S. Koopman

A.E. Pfeifer

Inhoudsopgave

Inleiding	6
Geologische en geomorfologische weergaven van het Gooi	8
Overzichtskaart met de locaties van de waarnemingspunten	16
Overzicht van fenomenen per besproken waarnemingspunt	17
Overzicht van behandelde milieus, processen en fenomenen	19
Lithostratigrafische tabel	20
Rivier en zee	21
Proces: unidirectionele stroming	21
Proces: bidirectionele stroming	23
Landijs en smeltwater	24
Proces: glaciale stuwing	24
Proces: afstroming van ijssmeltwater	31
Proces: afstroming van sneeuwsmeltwater	38
Wind	39
Proces: eolische denudatie	39
Proces: eolische sedimentatie	42
Postdepositionele fenomenen	45
Proces: solifluctie	45
Proces: snelle afglijding (slide)	46
Proces: kryoturbatie en soft-sediment deformation	48
Proces: thermische contractie	53
Proces: bodemvorming	56
Proces: diagenese	58
Tot besluit	62
Dankwoord	62
Collecties	62
Lexicon van geologische begrippen	63
Bibliografie	67
Colofon	70

Inleiding

Deze atlas geeft een systematisch overzicht van de verschillende geologische en geomorfologische fenomenen die we in de ondergrond van het Gooi kunnen aantreffen. De indeling is gebaseerd op morfologische paleomilieus en processen. Deze indeling is aanvullend op de eerder verschenen regionale paleogeografie (Koopman en Cruysheer, 2012), waarin de insteek primair gericht was op de landschappelijke ontwikkeling in tijd en ruimte. Gezamenlijk bieden deze twee werken een integraal overzicht van de regionale geologie en geomorfologie. De opzet van deze atlas is om per milieutype en vervolgens per proces de voor die combinatie kenmerkende fenomenen te behandelen. Elk fenomeen wordt in een eigen venster behandeld. Het venster bestaat uit een introductie van het fenomeen, de beschrijving van één of meerdere locaties waar het fenomeen waargenomen is, en van uitleg voorziene foto's. De nadruk ligt in deze atlas op de verschijnselen uit het Saalien en Weichselien. Het landschap van het Gooi vertoont verwantschap met de rest van hoog-Nederland (uitgezonderd Zuid-Limburg en de oostelijke Achterhoek) en met de door landijs beïnvloedde gebieden in bijvoorbeeld Duitsland en Polen, waar soortgelijke geologische fenomenen zijn aangetroffen, en in vele publicaties beschreven. De meerwaarde van deze atlas ligt dan ook niet zozeer in het beschrijven van nieuwe of zeldzame fenomenen, maar vooral in de samenhangende beschrijving van geofenomenen in één regio. Hierbij is het ensemble van fenomenen illustratief voor de temporele en ruimtelijke variatie in milieucondities en geologische processen. De doelgroep van deze atlas zijn degenen die geïnteresseerd zijn in de geologie van het Gooi en/of algemene interesse hebben in glaciële en periglaciële geologie. De foto's worden oorspronkelijk getoond, dus zonder indicaties en bewerkingen. Voor een goed begrip van de teksten en illustraties is geologische kennis noodzakelijk, en bij voorkeur enige kennis van sedimentologie.

Op de schouders van reuzen: overzicht van eerdere publicaties en onderzoeken

Het Gooi is in geologisch opzicht goed gedocumenteerd, bijvoorbeeld dankzij de diverse landelijke geologische en geomorfologische karteringen. Ook zijn er beschrijvingen van honderden grondboringen, uitgevoerd in het Gooi, beschikbaar, te raadplegen via dinoloket.nl. Maar daarnaast worden er in het Gooi door opeenvolgende generaties van onderzoekers al ruim een eeuw lang geologische waarnemingen gedaan. Eerst vooral in zand- en grindgroeven, later vooral in bouwputten. De hierbij gemaakte tekeningen en foto's hebben tot vele publicaties geleid. Voor zover bekend is de eerste publicatie specifiek over de geologie van het Gooi, en op basis van oorspronkelijke waarnemingen, een artikel van C.J. Koning (1899), waarin onder meer smeltwaterafzettingen in de Zanderij Crailo worden beschreven. In de jaren 1950-1960 was Lucas Hofland actief, de naamgever van het Geologisch Museum Hofland (Hofland, 1949, 1959, 1962, 1964). Van zijn hand zijn verschenen vele schetsen en beschrijvingen van stuwingsfenomenen zoals plooien, breuken, uitdrijvingen en dergelijke, van lithologische profielen, en van verschijnselen zoals vorstwiggen, kryoturbatie en keienvloeren. Sinds 1964 verschenen meerdere publicaties van Ruegg (1964-2010), die een uitgebreide beschrijving geven van de Saalien en Weichselien geologie van het Gooi, geïllustreerd met foto's uit bouwputten. Tevens verschenen in deze artikelen ook de eerste regionale geologische profielen en kaarten. Sinds 2010 zijn enkele publicaties verschenen van Koopman en coauteurs, waarin de meest recente waarnemingen zijn verwerkt (Koopman en Pfeifer (2010); Koopman en Pfeifer (2012); Koopman en Cruysheer (2012); Koopman (2013a)). Naast deze auteurs zijn er ook een aantal die incidenteel over geologische aspecten van het Gooi hebben gepubliceerd. Voorbeelden hiervan zijn Van der Lijn (1943) over de algemene geologie van het Gooi, De Waard (1947) over het stuwwallenlandschap, Maarleveld over een aantal waarnemingen in het Gooi als deel van de Midden-Nederlandse stuwwalboog, Kloosterhuis (1957) over zandafgravingen in het Gooi, de publicaties van Gonggrijp (1976, 1987) over de geologisch zeer waardevolle Groeve Oostermeent en het artikel van Van Ree (1992) over het landschap van de Laarder Wasmeren en omgeving. Tot besluit van deze opsomming mag Eli Heimans niet onvermeld blijven, die rond de Eerste Wereldoorlog heeft gestreden voor het behoud van een met zwerfstenen bedekt deel

van de Zanderij Crailo. Een impressie hiervan is beschreven door Van Halm (2003) en op de site aardkundigewaarden.nl.

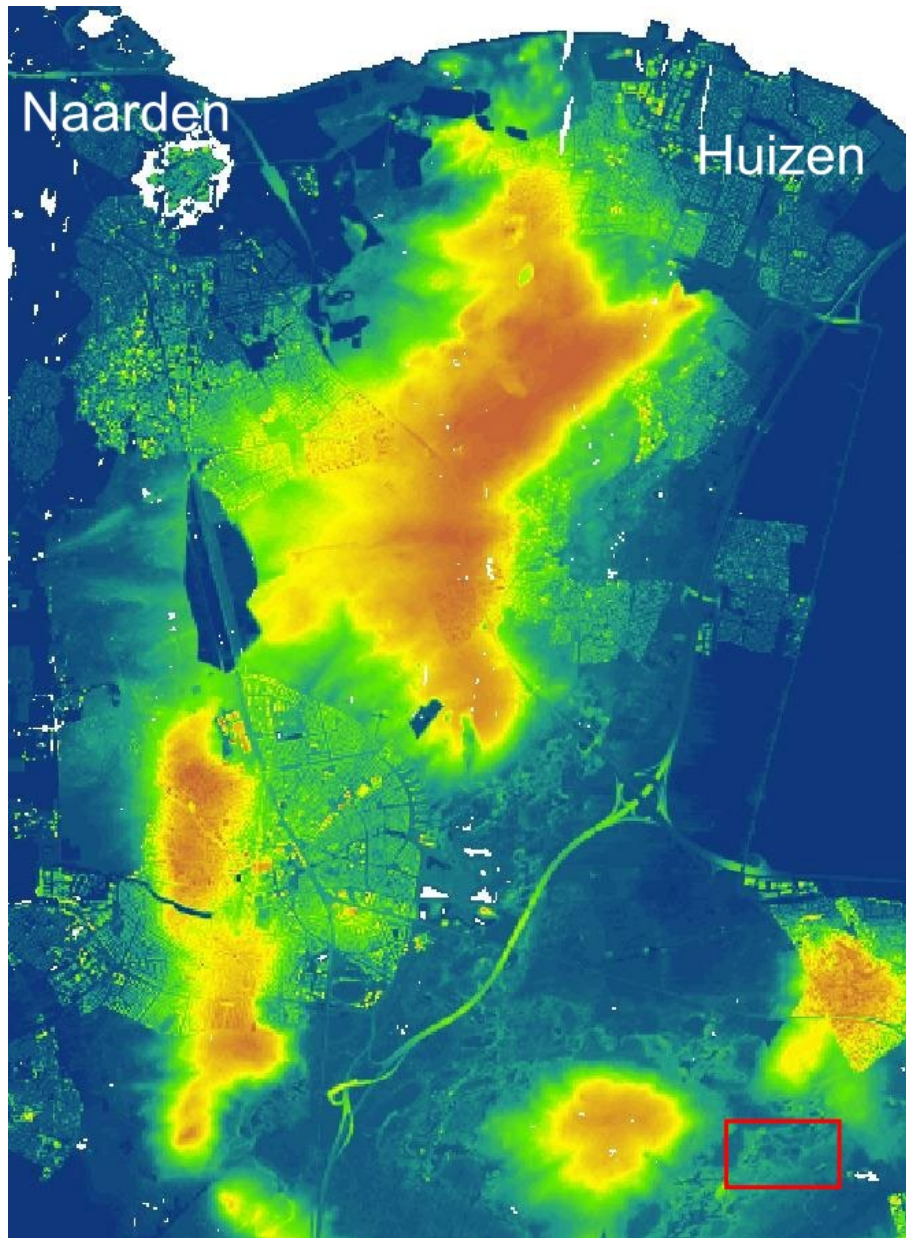
Secundaire publicaties: de doorwerking van het onderzoek

De genoemde primaire publicaties hebben op hun beurt als uitgangspunt gediend voor een groot aantal afgeleide publicaties waarin de geologie een rol speelt, zoals het rapport van Koster (1974) over de geomorfologie van het Gooi, het onderzoeksrapport Tussen Gooi en Vecht (Van Raam, 1979), het rapport van Cup en Vink (1989) over geologische en geomorfologische verschijnselen in het Gooi, en het proefschrift van Colaris over de natuur van het Gooi (1998). Naast de (semi) professionele publicaties zijn in de loop der jaren ook meerdere geologische uitgaven voor een breder publiek verschenen, waarin de resultaten van de onderzoeken zijn verwerkt. Voorbeelden hiervan zijn het boek In de bodem van Noord-Holland (Rappol en Soonius, 1994), het boek Onder de hei (Zeiler, 1994), het artikel Zand: een kennismaking (Koopman, 2008), het boekje Aardkundige fietsroutes (GNR, z.j.), de folder Een geologische wandeling over de Zuiderheide (Geologisch Museum Hofland, 2012) en de Geologische wandeling het Gooi (I/II) (TNO Geologische Dienst van Nederland, 2013). Daarnaast zijn er de afgelopen jaren drie panelen met geologische informatie geplaatst, één bij Geologisch Museum Hofland, één bij 't Bluk en één bij het Naardermeer. De bijzondere geologische situatie van het Gooi is de afgelopen jaren ook nog erkend middels de aanwijzing van twee aardkundige monumenten: 'Het Naardermeer' en 'Stuwwal het Gooi'. De geologie is een belangrijke hulpwetenschap voor de archeologie, de reden dat geologische publicaties ook nogal eens gebruikt worden als inleiding van archeologische publicaties. Voorbeelden hiervan zijn de publicatie van Zandstra (2009) over de archeologie van het stuwwallengebied, waarin eerst een inleiding over de natuurlijke genese van het Gooise landschap wordt gegeven, en een artikel van Offerman-Heykens en Boelsma (1993) over het Midden-Paleolithicum in het Gooi, voorzien van een inleiding over de stuwwallen en Pleistocene formaties. Tot slot is nog vermeldenswaard het gebruik van de onderzoeksresultaten voor scripties. Zo verscheen in 1983 het Aardwetenschappelijk rapport van het streekplangebied Gooi en Vecht (De Bakker en Daalder, 1983), dat voor een aanzienlijk deel leunt op een publicatie van Ruegg. In 2002 verscheen aan de Universiteit Leiden een scriptie over een archeologisch veldwerk op de Naarder Eng, waarin ook de geologie wordt besproken (Oosterhout, 2002). In 2012 verscheen een (niet openbaar gepubliceerde) afstudeerscriptie van C. van de Loosdrecht (HvU Lerarenopleiding) over de geologie van Hilversum, voornamelijk gebaseerd op Koopman et al., 2013b. Verder zijn geologische onderzoeksresultaten ook verwerkt in de Gooihoek van Museum Hofland, en in educatiematerialen van bijvoorbeeld de Stichting Omgevingseducatie.

Geologische en geomorfologische weergaven van het Gooi

Hieronder wordt een aantal geologische en geomorfologische kaartjes en profielen afgebeeld afkomstig uit diverse publicaties. Zij tonen de verscheidenheid aan geologische documenten die in de loop der jaren zijn vervaardigd. De meeste afbeeldingen betreffen overzichtskaarten, of profielen, specifiek van het Gooi. Drie uitsnedes zijn geselecteerd uit landelijke karteringen. Daarnaast is een detailwaarneming uit de Groeve Rijsbergen geselecteerd, van grote waarde omdat het afgebeelde profiel in de loop der jaren geheel verdwenen is.

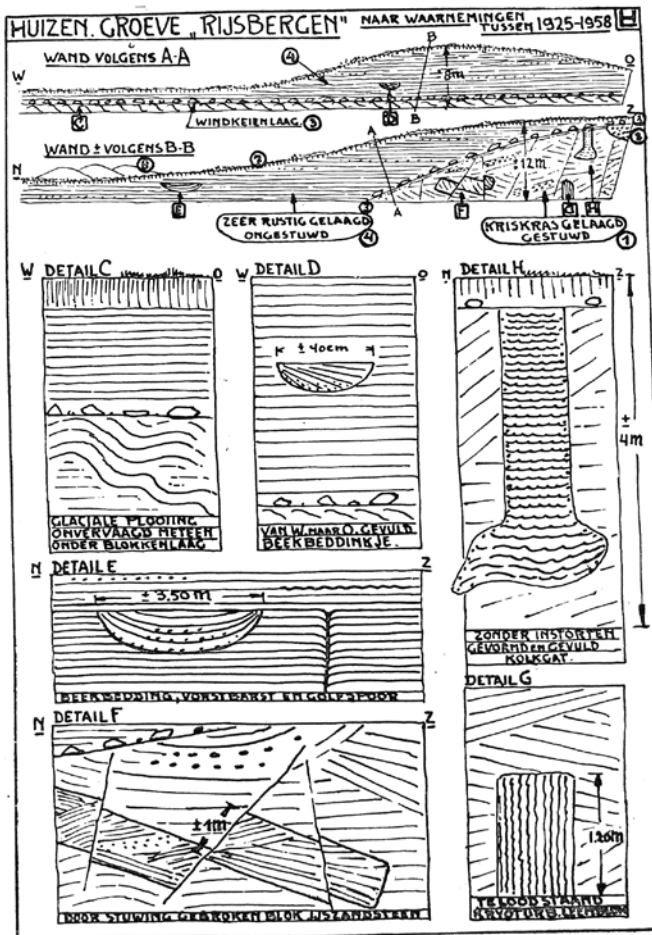
1) Hoogtekaart



De hoogtekaart van het Gooi biedt een mooi vertrekpunt voor een overzicht van de geologie en geomorfologie. De hoogste terreindelen zijn rood gekleurd, de laagste (de Eempolders bijvoorbeeld) zijn blauw. De stuwwallen zijn rood en oranje en geel. Er zijn meerdere complexen zichtbaar: een grote stuwwal van Huizen naar Laren, met uitstulping bij het Huizerhoogt; een stuwwal aan de westkant van Hilversum, en kleinere geïsoleerd liggende stuwwallen bij Hooge Vuursche en Baarn. De smeltwaterwaaiers en kame-afzettingen zijn merendeels in groen weergegeven, deze liggen aan weerszijden van, en tussen, de stuwwallen. De dekzandvlakten zijn groenblauw getint, met plaatselijk gekronkelde patronen zichtbaar die ontstaan zijn door secundaire verstuiving (verstuiving opgetreden in het Holoceen, veelal in de Middeleeuwen). Dit is goed te zien rechtsonder in de kaart, tussen Baarn en Hooge Vuursche (binnen het rode kadertje rechtsonder in de kaart).

Afbeelding 1: hoogtekaart van het Gooi. Blauw = laag, rood = hoog. Kaart samengesteld op basis van <http://ahn.geodan.nl/ahn>.

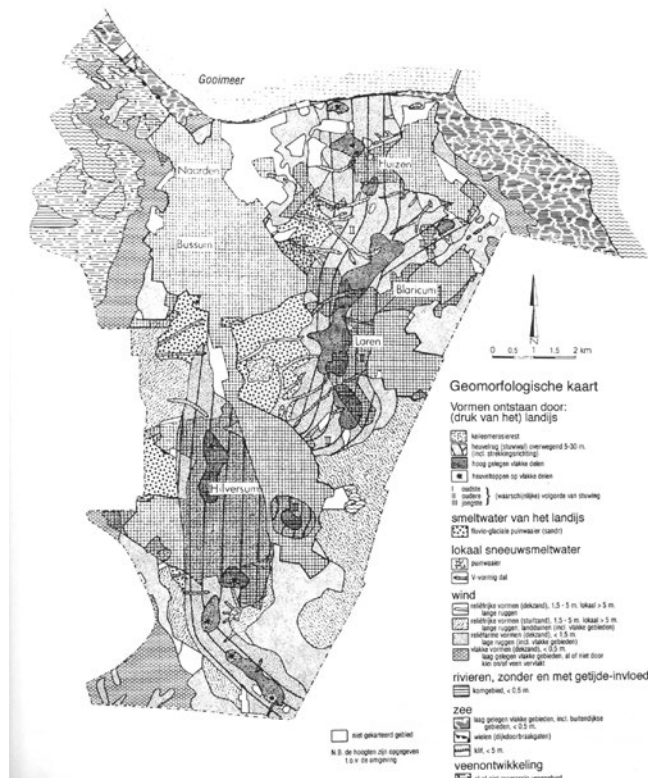
2) Profielschetsen uit Groeve Rijsbergen, van L. Hofland (1959)



Hofland heeft een groot aantal waarnemingen gedaan op diverse plaatsen in het Gooi, zoals bij Oud-Naarden, Groeve Rijsbergen, de Kuil van Koppel en bij Hilversum. Afgebeeld zijn enkele schetsen van de Groeve Rijsbergen te Huizen. Het betreft twee overzichtprofielen en zes detailuitsneden, alle betrekking hebbend op een wand waarin dekzand lag op gestuwde afzettingen. Aan de bovenkant van de gestuwde afzettingen ligt een keienvloer. De waarnemingen zijn gedaan tussen 1925 en 1958 in delen van de groeve die inmiddels verdwenen zijn. Diverse interessante verschijnselen waren zichtbaar: een vorstbarst en fluvioperiglaciale geul (D en E), plooiing (C), een kleine afschuiving (F), een door Hofland als 'kolkgat' aangeduid fenomeen (H) en een leemhoudende indringing in de gestuwde afzettingen (G). Vanuit de huidige inzichten hiernaar kijkend, valt op dat Hofland al een behoorlijk goed begrip had van de glaciale geologie. Zijn beschrijvingen van de verschijnselen zijn duidelijk en accuraat.

Afbeelding 2: profielschetsen van Hofland uit de Groeve Rijsbergen.

3) Geomorfologische kaart (Koster, 1974; deze afbeelding van de kaart overgenomen uit Colaris, 1998)



Afbeelding 3: geomorfologische kaart, 1974.

Een kaart die gedetailleerd de reliëfvormen en hun wijze van ontstaan weergeeft. De reliëfvormen zijn gegroepeerd in:

- Door landijs ontstaan (stuwwallen, keileemplateau)
- Door ijssmeltwater ontstaan (fluvioglaciale puinwaaier)
- Door sneeuwmeltwater ontstaan (puinwaaier, dal)
- Door wind ontstaan (hoge ruggen, lage ruggen en vlakten)
- Rivieren (komgebied)
- Zee (vlakke gebieden, wielen en kliffen)
- Veenontwikkeling (veengebied)

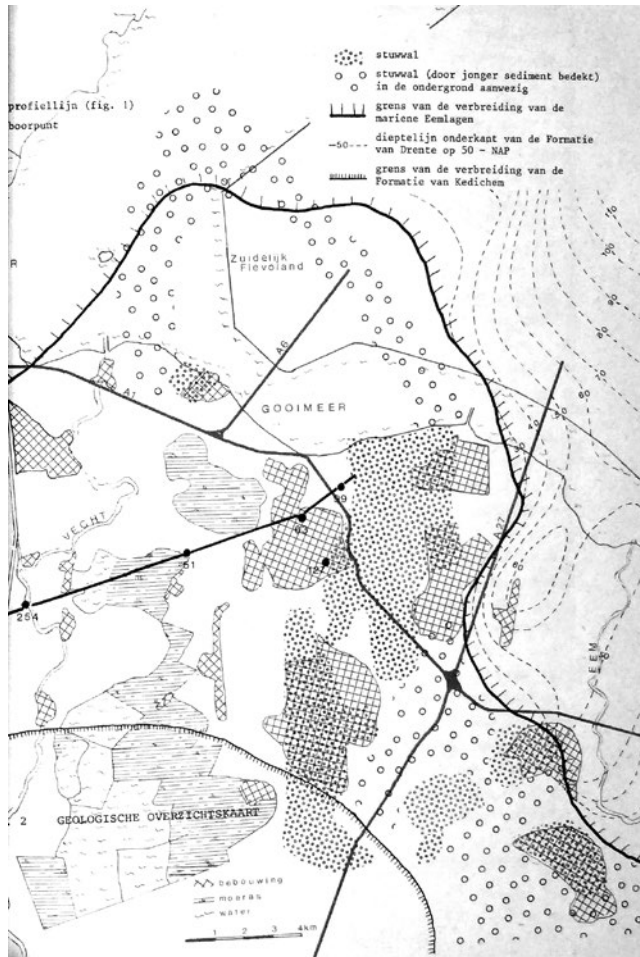
Opvallende verschillen met latere inzichten zijn:

- De omvang van het keileemplateau tussen Bussum en Hilversum. Op jongere kaarten strekt dit plateau zich ook uit onder een deel van Hilversum Noord.
- De strekkingsrichting van de kleine stuwwal rechtsonder van de tekst 'Hilversum'. Deze staat loodrecht op de in dit kaartje weergegeven strekking (Koopman et al., 2013b, wnp 6).
- De strekkingsrichting van de stuwwal ten zuiden van Laren. Deze is zuid-zuidoost georiënteerd in plaats van de op het kaartje aangeduide zuidwestelijke richting. Inmiddels is aangetoond (Koopman et al.,

2013b) dat de strekkingsrichting van een stuwwal meestal overeenkomt met de geomorfologische oriëntatie van de stuwwal. Tot nu toe zijn slechts enkele uitzonderingen op deze regel aangetoond; bijvoorbeeld Noolseweg-Koloniepad te Blaricum, waar de laagstrekking met 15° een duidelijk andere waarde heeft dan de morfologische strekking van ongeveer 45°.

-De noordelijke begrenzing van de Hilversumse stuwwal (de heuvelrug in het westen van Hilversum, die loopt van de Trompenberg tot de Hoorneboegse Heide). Op het hoogtekartaartje is zichtbaar dat de stuwwal als reliëfvorm al eindigt bij de noordrand van Hilversum.

4) Geologische overzichtskaart, Van Raam (1979)



Een overzichtskaart van de geologie en geomorfologie, vervaardigd voor het Milieukundig onderzoek van de Vechtstreek. Deze kaart legt de nadruk op de stuwwallen. Weergegeven zijn de aan het oppervlak waarneembare stuwwallen, de stuwwallen die nog in de ondergrond aanwezig zijn en de dieptecontouren van het glaciaal bekken ten oosten van het Gooi. Ook is aangegeven de begrenzing van de Eemien afzettingen, mariene afzettingen uit de interglaciale periode tussen het Saalien en het Weichselien. Interessant punt is de begrenzingen van de stuwwallen. Deze wijken af van de voorgaande weergave (Koster, 1974). Bijvoorbeeld ten zuiden van Bussum is een deel van de Bussumerheide als stuwwal geïnterpreteerd, inmiddels is duidelijk dat dit gebied geheel bestaat uit smeltwaterafzettingen, alleen in de diepere ondergrond zijn gestuwde afzettingen aanwezig. Ook bij het Huizerhoogt zijn verschillen in de begrenzing zichtbaar. De stuwwal van de Woensberg staat niet aangegeven.

Afbeelding 4: geologische overzichtskaart, 1979.

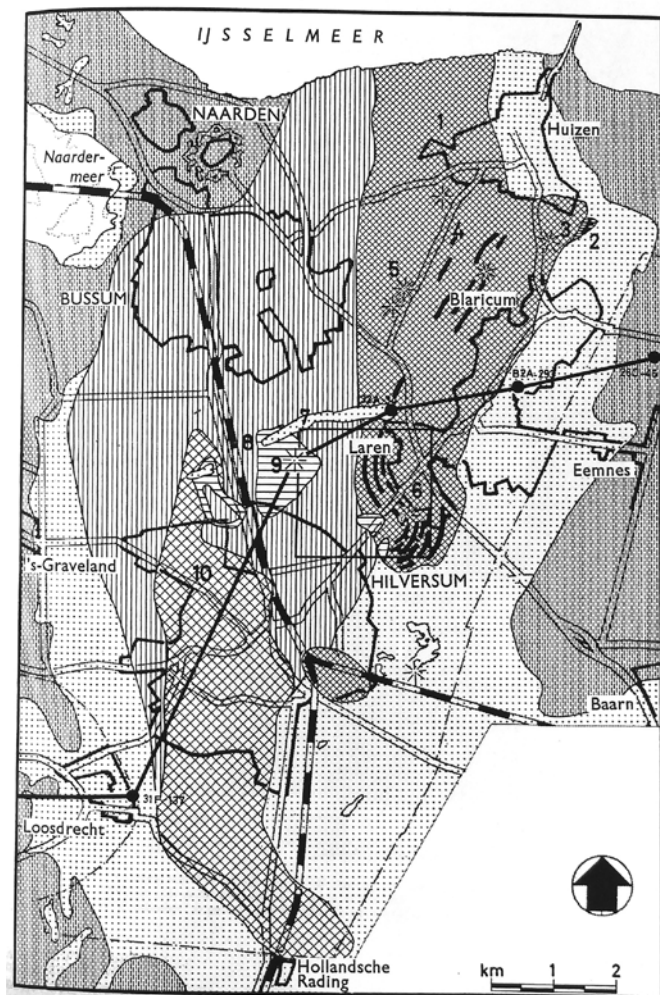
5) Geologische schetskaart van Het Gooi, Ruegg (1975)

Een kaart samengesteld op basis van diverse bronnen: de landelijke geologische kaart van 1923-1926, de landelijke geomorfologische kaart van 1967-1968, Maarleveld (1953), Hofland (diverse publicaties) en Ruegg (eigen waarnemingen). De kaart geeft de diverse geologische eenheden weer. De stuwwallen van Huizen-Laren en die van Hilversum zijn verschillend gearceerd. Hiermee worden de verschillen in samenstelling aangegeven. Interessante toevoeging op deze kaart zijn de zwarte banen, bijvoorbeeld bij de teksten 'Blaricum' en 'Laren', waarmee grind-, zand- en leemkuilen op de heide zijn aangegeven (zie ook Proces glaciaal stuwing). Deze kuilen volgen de strekkingsrichting van de stuwwal.

Opvallende zaken op deze kaart zijn verder:

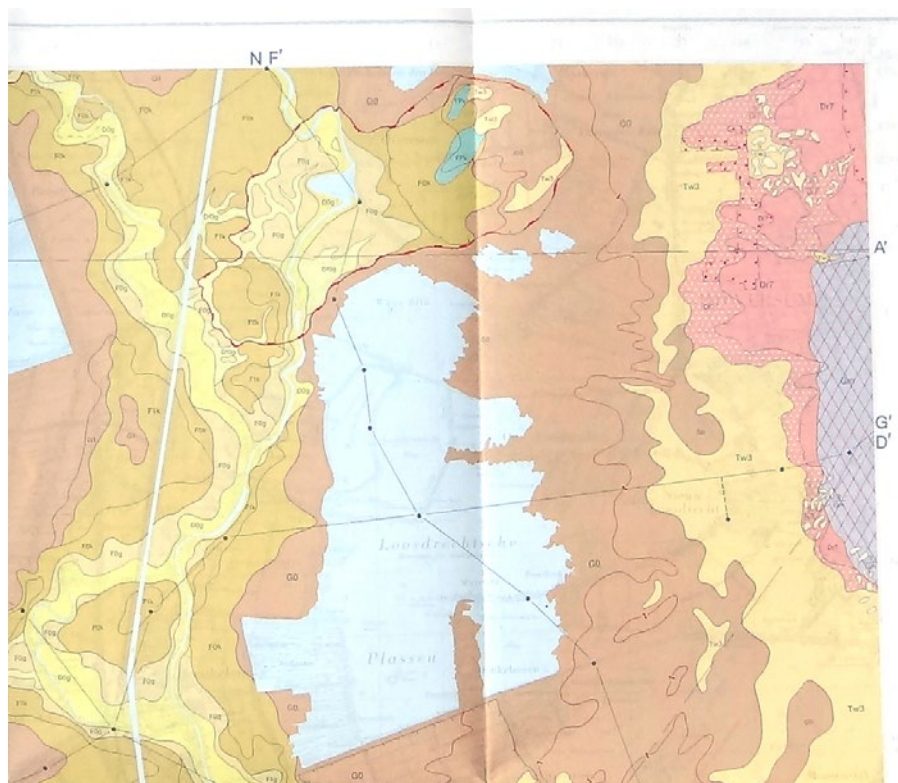
-Het keileemplateau (cijfer 9) strekt zich ook onder de noordrand van Hilversum uit.

-Bij Naarden en Bussum verdwijnen de smeltwaterafzettingen (verticale arcering) direct onder het veen. Latere waarnemingen (Koopman et al., 2013b, wnp 48, 60) hebben aangetoond dat hier plaatselijk ook dikkere (≥ 2 m) lagen dekzand voorkomen.



Afbeelding 5: geologische schetskaart, 1975.

6) Uitsnede Geologische kaart van Nederland 1:50.000 (RGD, 1988, blad 31 O)

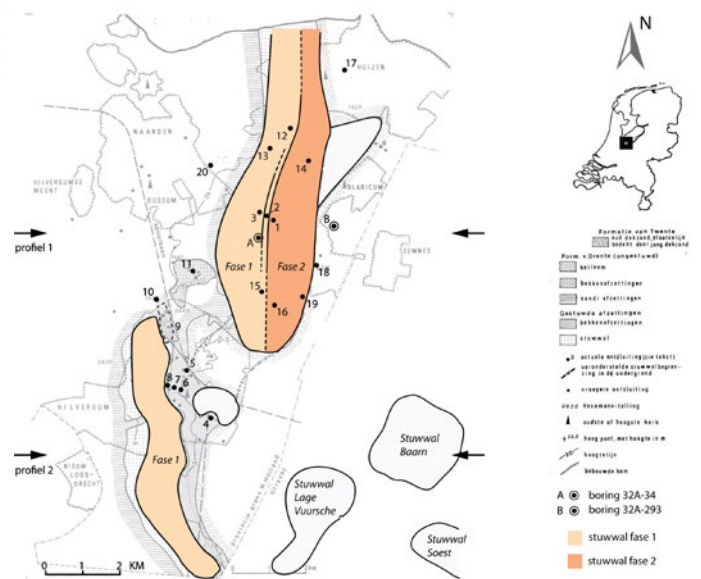
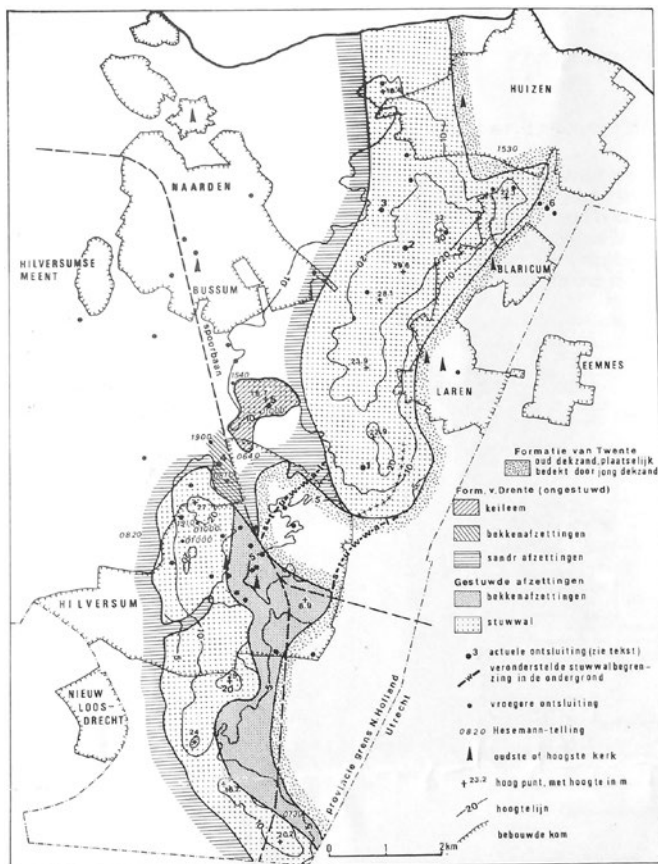


Dit is een deel van de laatste gedrukte landelijke geologische kaart. Alleen het zuidwestelijk deel van de regio is gekarteerd. Geheel rechts is in grijs de rand van de Hilversumse stuwwal zichtbaar. De roze tinten markeren de smeltwaterafzettingen. Deze worden verder naar het westen bedekt door dekzand (geel, Tw3), en nog verder naar het westen door veen (bruin). Inmiddels zijn deze kaarten opgevolgd door de digitale geologische modellen van TNO Geologische Dienst van Nederland.

Afbeelding 6: uitsnede Geologische kaart 1:50.000 blad 31 Oost.

7) Geologische kaart van het Gooi, Ruegg (1989), en gewijzigde versie (Ruegg en Koopman, 2010)

Een kaart uit 1989 waarin de gegevens van 50 ontsluitingen zijn verwerkt, aangevuld met literatuurgegevens en enkele RGD-boringen. De nadruk ligt in deze kaart op de begrenzingen van de stuwwallen, die nauwkeurig zijn weergegeven. Een nieuwe ontdekking zijn de bekkenafzettingen ten oosten van de Hilversumse stuwwal; deels ongestuwd in de vorm van kameafzettingen, deels nagestuwd (de grijze zone, afgebeeld rechts van de Hilversumse stuwwal). Ook de rand van het dekzand (Formatie van Twente cf. Doppert et al., 1975; huidige naam Formatie van Bostel cf. Mulder et al., 2003) is aan de oostzijde van de stuwwallen nauwkeurig gekarteerd. De tweede versie (2010) geeft meer zicht op de fasering van de stuwwalvorming, het voornaamste nieuwe inzicht is de opbouw van de stuwwal van Huizen-Laren uit twee delen (het westelijk deel als eerste gevormd, fase 1, het oostelijke deel later gevormd, fase 2) met een dunne strook smeltwaterafzettingen ertussen. Het oostelijk deel (fase 2) bestaat uit oudere afzettingen (F. van Peize/Waalre), die van een grotere diepte komen.



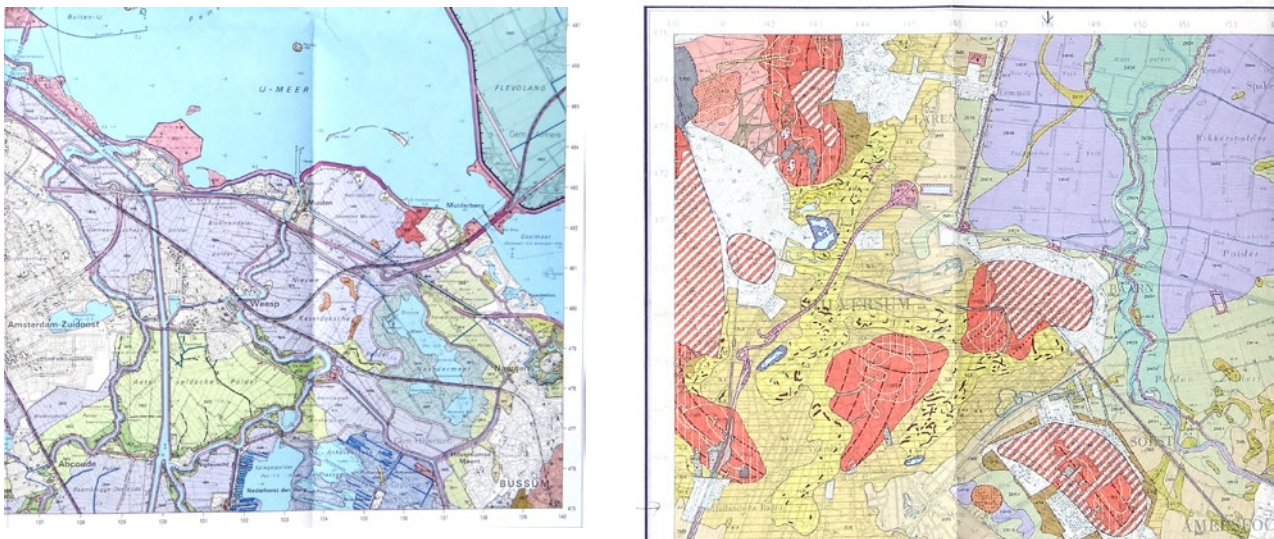
Afbeelding 1

Afbeelding 7: geologische kaart van het Gooi 1989 (L) en gewijzigde versie, 2010 (R).

1. 2. Geologische kaart van het Gooi, afgedekt tot op het windkanterniveau. Deze deels speculieve kaart berust op literatuurgegevens (met name (3), (13) en (29)), op enige door de RGD derzochte boringen en op circa 50 ontsluitingen. De +++lijn geeft de zuidoostelijke begrenzing van het patroon van strekkingslijnen zoals zichtbaar is op een luchtfoto uit 1947.

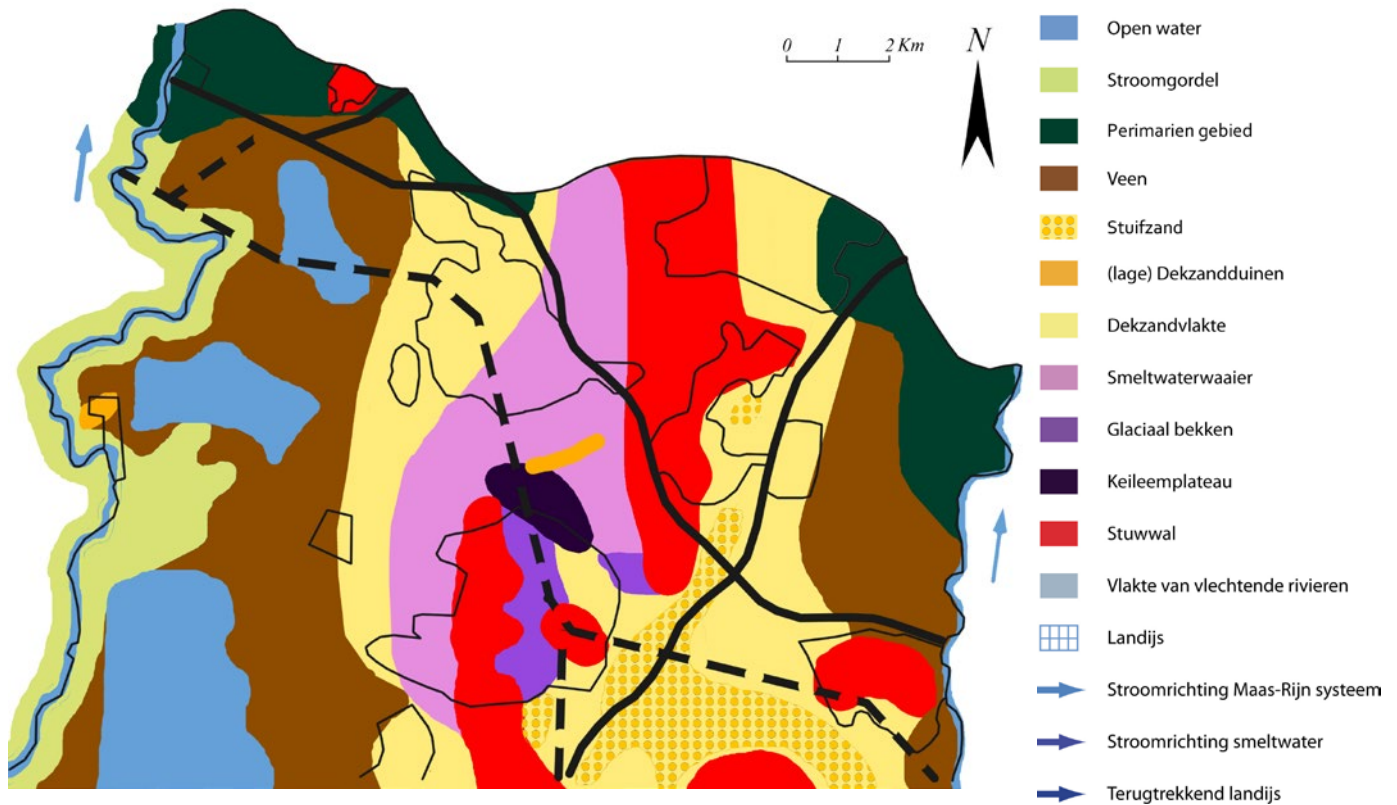
8) Twee uitsneden Geomorfologische kaart van Nederland (RGD/DLO-SC, 1992, bladen 25 en 32)

Een deel van de laatste landelijke gedrukte geomorfologische kaart. Het noordwestelijke en het zuidoostelijke deel van de regio zijn gekarteerd. Op de noordwestelijke uitsnede is rechts onderin de smeltwatervlakte van Bussum zichtbaar (roze), verder naar het noordwesten overgaand in een dekzandvlakte (lichtgroene tinten). De bruine eenheid bij Bussum is geïnterpreteerd als daluitspoelingswaaier. De zuidoostelijke uitsnede toont: in lichtrood de stuwwallen, waarbij de lijnen de strekkingsrichting aangeven (vergelijk met de weergave in kaart 5); aan de westzijde hiervan in roze de smeltwaterwaaiers, versneden door smalle dalen. Op de oostflank van de stuwwal, ten zuiden van Laren, een glooiing van hellingafspoelingen (bruin). Aan de oostkant van de stuwwallen in gele tinten het dekzand, deels verstoven in het Holoceen (de bruine signaturen). Naar het noordoosten duikt het dekzand weg onder het veen (paars) en de klei (groen) van de Eemvallei. Tussen Eemnes en de Eem bevindt zich een langgerekte dekzandrug, die vanwege de inklinking van het veen inmiddels boven het maaiveld uit steekt.



Afbeelding 8: twee uitsneden van de Geomorfologische kaart 1:50.000, bladen 25 (L) en 32 (R).

9) Paleogeografische kaart tussen Vecht en Eem, toestand begin 20^e eeuw (Koopman en Cruysheer, 2012)

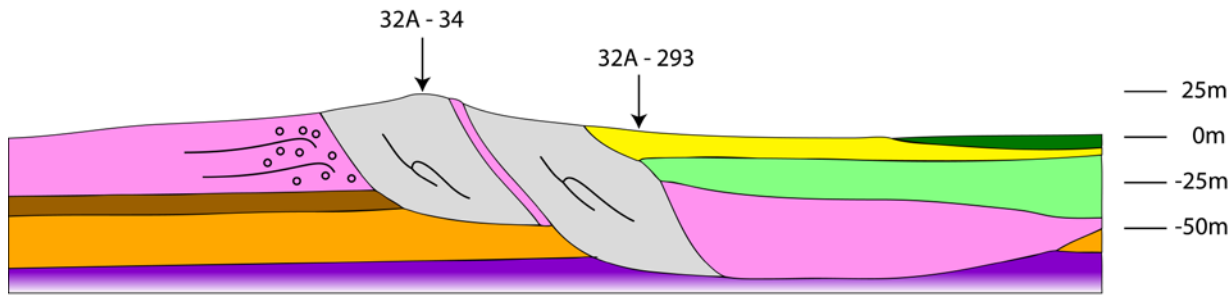


Afbeelding 9: paleogeografische kaart, 2012.

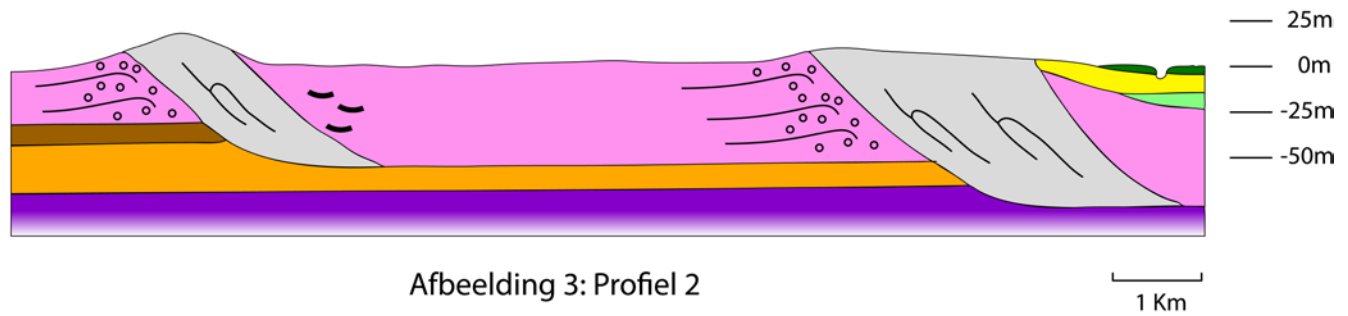
Schetskaart uit een vierluik van kaarten waarin de geologische ontwikkeling tussen Vecht en Eem wordt weergegeven. De afgebeelde kaart van de situatie begin 20^e eeuw toont ook de actuele geologische situatie, aangezien sinds die tijd geen wezenlijke veranderingen meer zijn opgetreden. Het grote-lijnen beeld komt overeen met de eerder besproken kaartjes. De kaart is gebaseerd op de gegevens van 120 waarnemingspunten, boringen uit het archief van TNO-Geologische Dienst van Nederland, en bestaande literatuur. Opvallende verschillen ten opzichte van oudere kaarten zijn:

- Dekzandvoorkomens onder delen van Bussum en Naarden.
- Het voorkomen van bekkenafzettingen (delta's) aan de oostzijde van Hilversum.
- Het keileemplateau strekt zich verder onder Hilversum uit dan eerder aangenomen.

10) Twee geologische profielen van het Gooi, Ruegg en Koopman, 2010



Afbeelding 2: Profiel 1



Afbeelding 3: Profiel 2

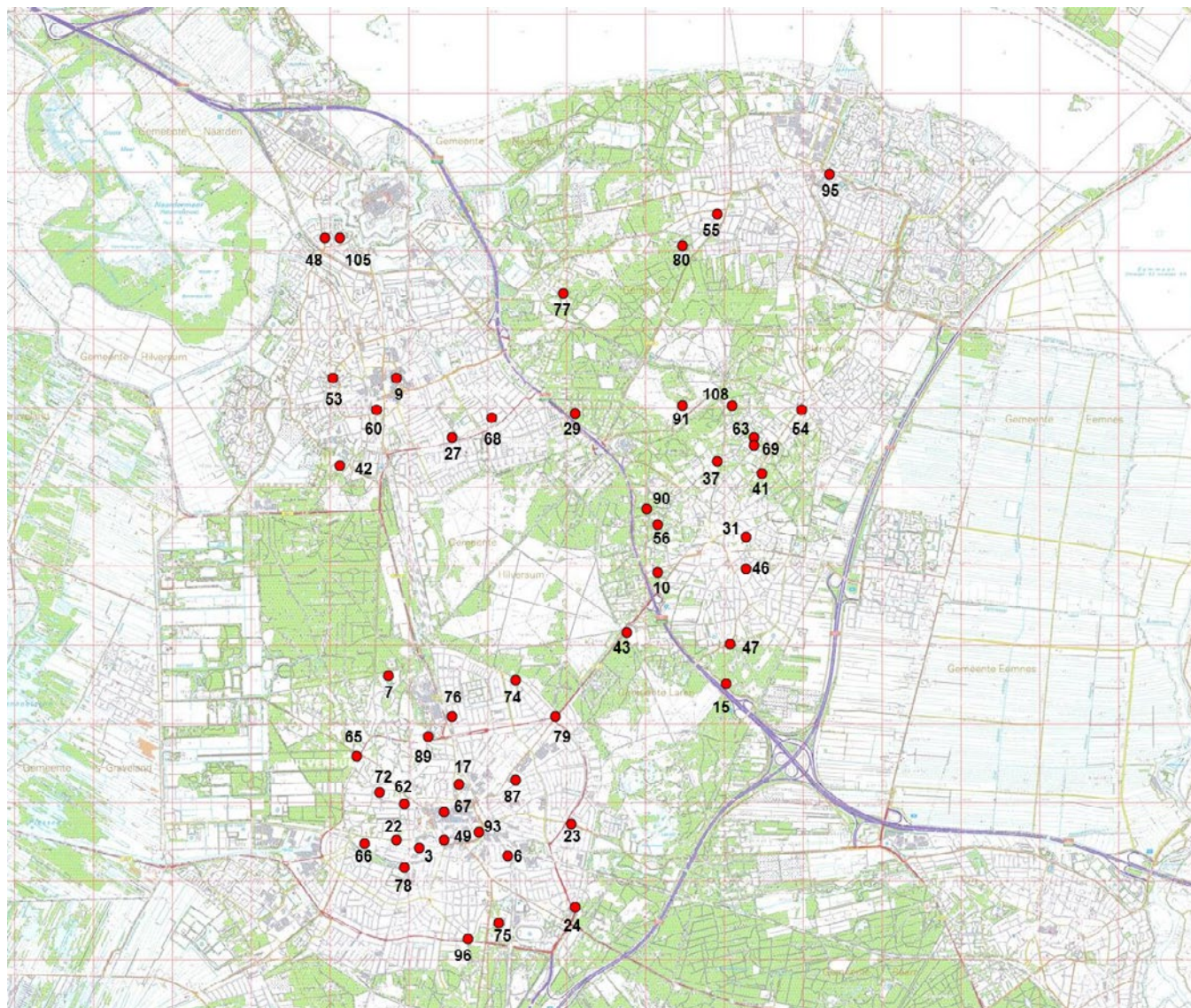


Afbeelding 10: twee geologische profielen door het Gooi, 2010.

Deze profielen geven een overzicht van de Gooise ondergrond in dwarsdoorsnede (locatie: zie afbeelding 7. Oost is rechts en west is links). Geheel onderin (paars) bevinden zich de sedimenten van het Eridanos riviersysteem. De oranje en bruine tinten daarboven zijn de sedimenten van Maas en Rijn. Ter plaatse van de Gelderse Vallei (geheel rechts in beide profielen) zijn beide typen afzettingen weg geperst door het landijs. Hierbij zijn de stuwwallen ontstaan (grijze eenheden). Aan het eind van het Saalien zijn op grote schaal ijssmeltwaterafzettingen gedeponerd, de roze eenheid. In het Eemland zijn deze bedekt met mariene afzettingen uit het Eemien (lichtgroen). In het Weichselien volgde de afzetting van dekzand (geel), tot slot in het Holoceen gevolgd door het ontstaan van veen en afzetting van zeeklei (donkergroen).

Overzichtskaart met de locaties van de waarnemingspunten

Op de kaart staan met rode bolletjes de locaties weergegeven waar de in deze atlas beschreven fenomenen zijn waargenomen. Twee locaties (99 en 107) vallen buiten de kaartuitsnede. De nummering van de locaties is overgenomen uit Koopman et al., 2013b. Voor veel fenomenen geldt dat ze zijn waargenomen op meerdere plekken. Voor deze publicatie zijn hieruit de best waarneembare geselecteerd. Ook is gestreefd naar een geografisch evenwichtige verdeling over de regio.



Afbeelding 11: kaart met locaties van de waarnemingspunten.

Overzicht van fenomenen per besproken waarnemingspunt

Waarnemingspunt nummer	Plaats	Toponiem	Fenomenen
3	Hilversum	Ruitersweg	Subglaciale ijssmeltwatergeul Load cast
6	Hilversum	Wandelpad	Plastische deformatie (antiform)
7	Hilversum	Witte Kruislaan	Smeltwaterdelta
9	Bussum	Landstraat	Scheefgelaagde smeltwaterafzettingen
10	Laren	Hilversumseweg oostzijde A1	Mangaanconcreties Plaatseigen zandsteen
15	Laren	Postiljon langs A1	Polygoonstructuur Leemhoudend dekzand
17	Hilversum	Koninginneweg hoek Schoolstraat	IJszandsteen
22	Hilversum	Vaartweg	Plastische deformatie (antiform)
23	Hilversum	Minckelersstraat hoek Kamerlingh Onnesweg	Grindsnoer
24	Hilversum	Oostereind hoek Van Linschotenlaan	Fluvioperiglaciale geul
27	Bussum	Ceintuurbaan hoek A. Kuiperlaan	Vorstwig
29	Huizen	De Ginckellaan	Breukstructuur
31	Laren	Kerklaan	IJzerconcreties
37	Laren	Tafelbergweg hoek A. Legrasweg	Breukstructuur
41	Blaricum	Torenlaan oostzijde	Zandig dekzand
42	Bussum	Struikheiweg westzijde	Erosieresten in ijssmeltwaterafzettingen
43	Laren	Hilversumseweg zuidzijde bij Museum Hofland	Clastic dyke
46	Laren	Jordaan	Smeltwaterdelta met ritmische gelaagdheid
47	Laren	Vredelaan noordzijde A1	Slide, massabeweging
48	Naarden	Splitsing Kon. Wilhelminalaan-Burgemeester Visserlaan	Laag van Usselo
49	Hilversum	Laanstraat	Glaciolacustriene klei Kryoturbatie
53	Bussum	Nieuwe 's Gravelandseweg tegenover H. J. Schimmellaan	Laag van Usselo
54	Blaricum	Torenlaan hoek Verbindingsweg	Laag van Usselo
55	Huizen	Craioseweg hoek Bachlaan, zuidwestzijde	Plaatseigen zandsteen
56	Laren	Werkdroger	Harmonicaplooiing
60	Bussum	Brinklaan hoek Gooibergstraat	IJssmeltwatergeul Scour-and-fill structuur Vorstwig
62	Hilversum	s Gravelandseweg hoek Melkpad	Fining upward sequentie
63	Blaricum	Noolseweg tegenover Wallandlaan	Flaser gelaagdheid en wavy bedding
65	Hilversum	s Gravelandseweg kruispunt G. van Mesdagweg zuidoostzijde	Solifluctie
66	Hilversum	Roeltjesweg	Flow till
67	Hilversum	Bussumerstraat tegenover Wagenmakersplein	Basale keileem
68	Bussum	Ceintuurbaan hoek Papaverstraat	Vlkgelaagde smeltwaterafzettingen
69	Blaricum	Noolseweg hoek Wallandlaan	Slide, massabeweging
72	Hilversum	Van der Lindenlaan hoek Oranjelaan	Scheve gelaagdheid (Cross bedding)
74	Hilversum	Erfgooiersstraat tussen J. van Campenlaan en Stalpaertstraat	Kryoturbatie: ball-pillow structuur
75	Hilversum	Laapersveld	Convolute gelaagdheid
76	Hilversum	W.C. Bradelaan	Kryoturbatie: Drop soil
77	Huizen	Landgoed Oud Bussem	Slide, massabeweging

78	Hilversum	Havenstraat hoek Taludweg (Oude Haven)	Vorstwig
79	Hilversum	Larenseweg hoek Erfgooiersstraat	Kryoturbatie: Drop soil
80	Huizen	Crailoseweg zwembad Sijsjesberg	Gravel lag Plaatseigen zandsteen
87	Hilversum	Larenseweg zuidzijde Melkfabriek	Koepelduin
89	Hilversum	Insulindelaan noordzijde	Smeltwaterdelta
90	Laren	Steenbergen hoek Pruisenbergen	Verschubbing Plaatseigen zandsteen
91	Blaricum	Boissevainweg noordzijde	Denudatievlakte
93	Hilversum	Schapenkamp hoek Prins Bernhardstraat	Doodijsgat (?)
94	Huizen	Oostereind oostzijde bij kruispunt Diependaalselaan	Vorstwig
95	Hilversum	Huizermaatweg-Gooierserf	Laag van Usselo met leemlaag
96	Naarden	P. de Hooghlaan hoek Diependaalsedrift	Frost creep
99	Weesp	Nieuwe Keverdijksche Polder	Lengteduin
105	Hilversum	Kon. Wilhelminalaan noordzijde	Vlamstructuren Fluïdization pipe
107	Nieuw-Loosdrecht	Nieuw-Loosdrechtsedijk	Waterhard
108	Blaricum	Tafelbergweg hoek Bussumerweg	Verschubde en overkiepte lagen

Tabel 1: overzicht van waarnemingslocaties en fenomenen.

Overzicht van behandelde milieus, processen en fenomenen

Milieutype	Processen	Fenomenen
Rivier en getijde (fluviatiel en primair)	Unidirectionele stroming (rivier)	Cross bedding Gravel lag
	Bidirectionele stroming (getijde)	Flaser gelaagdheid en wavy bedding
Landijs en smeltwater (glaciaal, fluvioglaciaal, glaciolacustrien en fluvioperiglaciaal)	Stuwings	Scheefstaande lagen (verschubbing) Overkiepte lagen Plooien Vervloeiing
	Keileemvorming	Basale keileem Flow till
	Afstroming van ijssmeltwater	Vlaktgelaagde smeltwaterafzettingen Scheefgelaagde smeltwaterafzettingen Smeltwaterdelta Smeltwatergeul Meerafzettingen Glaciolacustriene afzettingen Erosierest Ijszandsteen
	Afstroming van sneeuwschmelwater	Grindlagen Scheve gelaagdheid Fluvioperiglaciaal geul
Wind (eolisch)	Eolische denudatie	Desert pavement Grindsnoer Scour-and-fill-structuur
	Eolische sedimentatie	Vlaktgelaagde dekzanden Zandig dekzand Leemhoudend dekzand Duin
Postdepositionele fenomenen	Solifluctie	Verstoorte gelaagdheid
	Massabeweging (Slide)	Afgegeleden sedimentpakket
	Liquefactie	Kryoturbatie, megaschaal: Ball-pillow-structuur Drop soil
		Kryoturbatie, microschaal: Vlamstructuren Loading Fluidization pipe Load cast
	Vorst	Vorstwig Polygoonbodem
	Bodemvorming (podzolering)	Paleobodem (Laag van Usselo)
	Diagenese	Plaatseigen zandsteen Mangaanconcreties IJzerconcreties Waterhard

Tabel 2: overzicht van milieutypen, processen en fenomenen. Voor de aanduiding van de fenomenen is zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de beschikbare Nederlandse termen, echter niet voor alle fenomenen bestaat een Nederlandse term.

Lithostratigrafische tabel

Een lithostratigrafische tabel geeft aan welke afzettingen in een gebied voorkomen, wat de ouderdom van de afzettingen is en in welk milieutype ze zijn gevormd. De basiseenheid in de lithostratigrafie is de formatie. Formaties zijn onderverdeeld in laagpakketten, deze zijn op hun beurt weer verdeeld in lagen. De formaties zijn genoemd naar de plaatsen waar zich de typelocaties bevinden. Het voorkomen van een formatie op de typelocatie wordt beschouwd als representatief, en op basis van dit voorkomen is ook de beschrijving gemaakt. In deze atlas wordt gewerkt met de indeling volgens Mulder et al., 2003. In de tabel zijn de regionaal aan het oppervlak (0 - 2 meter onder het maaiveld) voorkomende formaties rood omkaderd.

Chrono-stratigrafie		Lithostratigrafische eenheden op formatieniveau						
		Marien	Fluviaal				Glaciaal	Overig
Kwartair	Holoceen	Formatie van Naaldwijk		Formatie van Echteld	Formatie van Beegden	Kreekrak Formatie		Formatie van Nieuwkoop
	Pleistocene	Eem Formatie		Formatie van Kreftenheye		Formatie van Koewacht	Formatie van Drente	Woudenberg
				Formatie van Urk			Formatie van Peelo	Formatie van Drachten
			Formatie van Appelscha	Formatie van Sterksel				Formatie van Bortel
Neogeen	Pliocene		Formatie van Peize	Formatie van Waalre	Formatie van Beegden	Formatie van Stramproy		Formatie van Heijenrath
		Formatie van Maassluis						Formatie van Holset
	Mioceen	Formatie van Oosterhout		Kiezeloöliet Formatie				Formatie van Ville
Paleogeen	Oligoceen	Formatie van Breda		Formatie van Inden	Formatie van Beegden			
		Fm. v. Veldhoven						
	Eocene	Rupel Formatie						
	Paleoceen	Fm. v. Tongeren						
		Formatie van Dongen			Formatie van Beegden			
		Formatie van Landen						

Tabel 3: stratigrafische tabel. De formaties die in het Gooi aan of nabij de oppervlakte voorkomen zijn rood omkaderd.

Rivier en zee

Rivieren hebben de basis gelegd voor het Gooise landschap. Het grootste deel van de sedimenten in de ondergrond van het Gooi is afkomstig uit het Vroeg- en Midden-Pleistoceen en afgezet door rivieren. Tot zo'n 700.000 jaar geleden betrof dit vooral het Eridanos riviersysteem (Overeem e.a., 2001), daarna werden de Maas en de Rijn dominant. Het grootste deel van deze afzettingen is zandig, meestal grindhoudend. Klei- en leemlagen komen ook voor, maar in mindere mate. Perimariene afzettingen zijn bekend uit het Vroeg-Pleistoceen. Sporen van getijdenwerking zijn aangetroffen in meerdere ontsluitingen. Uit het Midden-Pleistoceen zijn geen mariene afzettingen in de ondergrond bewaard gebleven. Tijdens het Laat Pleistoceen, in het Eemien, was aan de oostzijde van het Gooi op uitgebreide schaal sprake van mariene invloed. Vanwege het ontbreken van ontsluitingen in de Eemien afzettingen worden deze verder niet behandeld. In boringen worden deze afzettingen (klei- en zandlagen, schelphoudend) aangetroffen ten oosten van Eemnes.

Proces: unidirectionele stroming

Unidirectionele stroming wil zeggen een stroming die altijd ruwweg in dezelfde richting is. Dit is van toepassing op stroming in rivieren. Afhankelijk van de stroomsnelheid van het water, de korrelgrootte van het sediment en wisselingen in het debiet kunnen verschillende beddingvormen ontstaan. In de gestuwde sedimenten zijn plaatselijk nog zulke vormen zichtbaar. Qua lithologie variëren de sedimenten sterk, maar voor het grootste deel betreft het grind en zand. Kleilagen komen in beperkte mate voor.

Fenomeen: cross bedding (scheve gelaagdheid)

Scheve gelaagdheid ontstaat door zandtransport over de waterbodem (beddingtransport, ofwel bed load) in de vorm van ribbels of duinen. Bij voldoende beschikbaarheid van zand en een gematigde stroomsnelheid ontstaan er ribbels of lage duinen, met een asymmetrisch dwarsprofiel. Deze structuren zijn vergelijkbaar met ribbels zoals zichtbaar op het strand. Stroomribbels blijven in stand doordat er aan de flauw hellende loefzijde zand wordt aangevoerd dat aan de steiler hellende lijzijde naar beneden rolt. De ribbels verplaatsen zich hierdoor stroomafwaarts. Als er meer zand wordt aangevoerd dan afgevoerd worden de sedimentaire structuren bewaard. De ribbels groeien omhoog en verplaatsen zich dus diagonaal ('climbing ripple set'). 'Cross bedding sets' worden in het Gooi aangetroffen in de gestuwde fluviale afzettingen.



ID	72
X ; Y ; Z	139,7 ; 471,2 ; 18
Plaats	Hilversum
Toponiem	Van der Lindenlaan hoek Oranjelaan
Opname-datum	10-2009

Afbeelding 12: cross bedding, scheve gelaagdheid.

De foto toont enkele 'climbing ripple sets', gevormd in bruine, matig grove tot grove zanden van de gestuwde Formatie van Urk. De klimvlakken lopen van linksonder naar rechtsboven door het beeld en de stroomrichting was van links naar rechts. Dwars op de klimvlakken zijn de glijhellingen van de ribbels zichtbaar.

Fenomeen: gravel lag

Een gravel lag is een laag van (meestal grof) grind, gevormd op de bodem van een rivier. Zo'n laag kan ontstaan in een fase van verhoogde waterafvoer bij een gering sedimentaanbod. Het fijne sediment uit de bedding wordt dan door het stromende water verwijderd en uitsluitend de grove delen blijven achter. Zodra de sedimentbalans weer omslaat naar een overschot van fijn sediment zal de achtergebleven grindlaag worden begraven onder vers zand. Gravel lags in rivierafzettingen worden in het Gooi eveneens aangetroffen in de gestuwde fluviatiele sedimenten.



ID	80
X ; Y ; Z	143,5 ; 478,0 ; 16
Plaats	Huizen
Toponiem	Craioseweg zwembad Sijsjesberg
Opname- datum	11-2013

Afbeelding 13: gravel lag.

Diagonaal van linksboven naar rechtsbeneden loopt de gravel lag, die hier de basis vormt van de Formatie van Urk. De laag bestaat uit goed afgeronde stenen van zuidelijke herkomst, onder meer melkkwarts, kwartsieten en zandstenen. De stenen hebben een maximale lengte van zo'n 10 cm. Normaal gesproken heeft een gravel lag een (sub)horizontale ligging, maar op deze plek is de laag scheefgesteld door stuwing. De grindlaag markeert hier een fase van erosie van het laagpakket links in de afbeelding, na het ontstaan van de grindlaag is het laagpakket rechts in de afbeelding afgezet. Boven het handvat van de troffel is een scheefgelaagde set zichtbaar, dit is de eerste set ribbels die op de grindlaag werd gevormd nadat de aanvoer van zandig sediment weer op gang was gekomen.

Fenomeen: fining upward sequentie



In de binnenbocht van een rivier volgt het water een afwijkend stromingspatroon, aangeduid als helicoïdale stroming. Het water volgt hierbij een kurketrekkervormige stroombaan waardoor sediment langs de oever omhoog wordt gevoerd, bezinkt en uiteindelijk een kronkelwaard ontstaat: de banken die zichtbaar zijn in de binnenbocht van een rivier. Naar boven toe en in de richting van de oever neemt de stroomsnelheid, en daarmee de transportcapaciteit, van het water steeds verder af, waardoor het sediment in verticale richting een sortering krijgt. Het grofste sediment bevindt zich onderin, en naar boven toe wordt het sediment steeds fijner.

ID	62
X ; Y ; Z	141,0 ; 471,0 ; 14
Plaats	Hilversum
Toponiem	's-Gravelandseweg hoek melkpad
Opname- datum	01-2009

Afbeelding 14: fining upward sequentie.

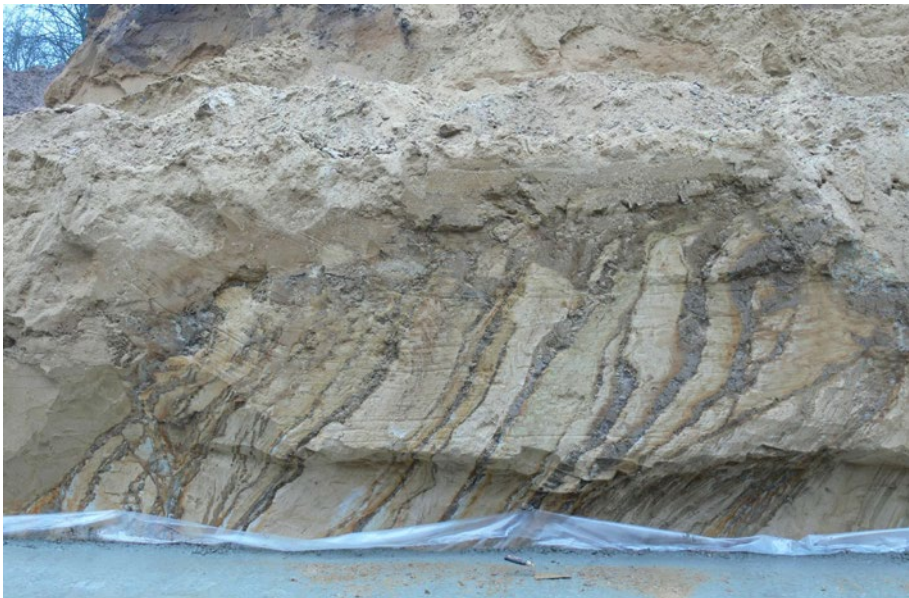
De foto toont een volledige fining upward sequentie met een dikte van ruim een halve meter. De bruine band onderin bevat fijn grind en zeer grof zand en is afgezet op de toenmalige rivierbodem. Naar boven toe een overgang naar matig grof tot grof zand met subhorizontale gelaagdheid. In het bovenste 1/3 deel van de foto gaat het sediment over in fijn zand en uiteindelijk in zware klei. De sequentie bevindt zich in de Formatie van Urk.

Proces: bidirectionele stroming

Bidirectionele stroming is stroming waarbij de richting periodiek wisselt. Een dergelijk stromingsregime is kenmerkend voor getijdengebieden, waar de stromingsrichting twee keer per dag omdraait. In deltagebieden strekt de invloed van getijden zich meestal, via riviermondingen, ver landinwaarts uit. In het benedenstroomse deel van de rivieren treedt dus ook stroming in twee richtingen op, en stagnatie van de waterstroom als het getij op zijn hoogste stand is.

Fenomeen: flaser gelaagdheid en wavy bedding

Flaser gelaagdheid en wavy bedding zijn voorbeelden van heterolithische gelaagdheid. Dit is een gelaagdheid waarin afwisselend lagen van verschillende textuurtypen voorkomen, in dit geval een afwisseling van klei- en zandlagen. Het verschil in textuur tussen de lagen valt terug te voeren op verschillen in stroomsnelheid tijdens de afzetting van de lagen. De kleilagen zijn gevormd op momenten van hoogtij, de stroomsnelheid van het water is dan laag. De zandlagen zijn gevormd bij laagtij en een grote afvoer van de rivier. Het water heeft dan voldoende capaciteit voor zandtransport.



ID	63
X ; Y ; Z	144,4 ; 475,6 ; 7
Plaats	Blaricum
Toponiem	Noolseweg tegenover Wallandlaan
Opname- datum	02-2009

Afbeelding 15: flaser gelaagdheid en wavy bedding.

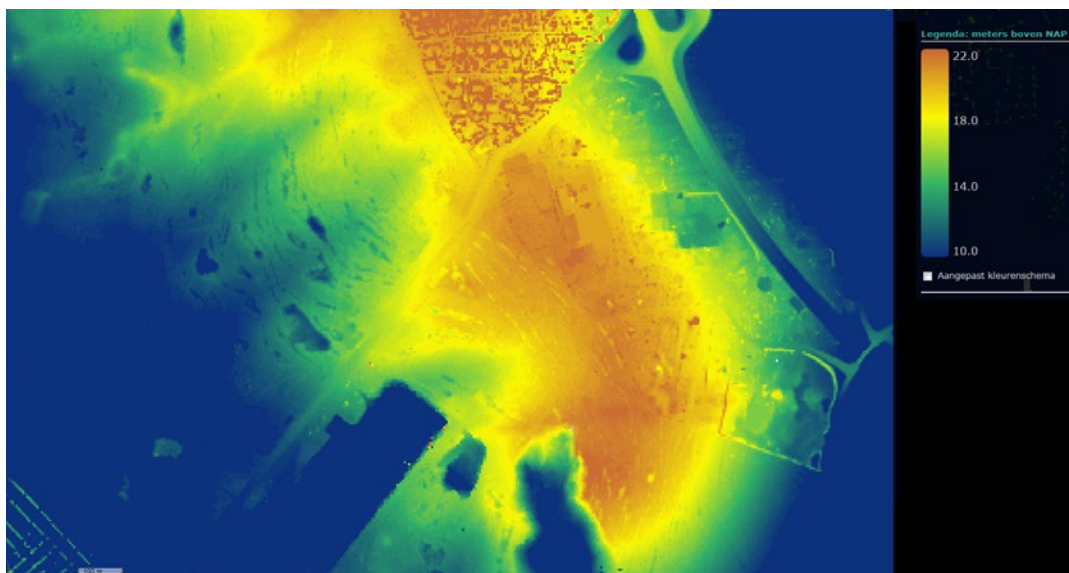
Zichtbaar is een scheefstaande set van zand- en kleilagen. De sedimenten behoren tot de Formatie van Peize en zijn afgezet in het Vroeg-Pleistoceen door het Eridanos riviersysteem. De zandlagen zijn grijswit getint en rijk aan kwarts. De klei is donkergrijs tot blauwgrijs van kleur, zwaar, en sterk geconsolideerd. Door de stuwing zijn de lagen plaatselijk vervormd geraakt. Het afzettingsmilieu betreft een kustnabije delta. De dikte van zowel de klei- als zandlagen varieert, dit is een weerslag van variatie in zowel de piekafvoer als van de duur tussen piekafvoermomenten. Mogelijk ligt hier ook een relatie met de maancyclus, die van invloed is op de amplitude van het getij.

Landijs en smeltwater

Waar rivieren voor het geologisch uitgangsmateriaal hebben gezorgd, zijn glaciële processen bepalend geweest voor de geomorfologische hoofdstructuur van het Gooi. Minimaal twee, en mogelijk drie, fasen van glaciële stuwing aan het eind van het Saalien hebben een complex van stuwwallen geboetseerd. Op een aantal plekken zijn de stuwwallen door het landijs overreden en komt keileem voor. Vanwege de grootschalige afvloeiing van ijssmeltwater aan het eind van het Saalien is het stuwwallencomplex sterk versneden geraakt. De ijssmeltwaterdalen zijn nog duidelijk zichtbaar in het landschap. Een aanzienlijke hoeveelheid sediment uit de stuwwallen is geremaniëerd door het smeltwater en in de vorm van sandrs (smeltwaterwaaiers, fan delta's) gedeponeerd op de flanken van de stuwwallen.

Proces: glaciële stuwing

Glaciële stuwing is een complex proces waarbij de aanwezigheid van een grote massa landijs zorgt voor vervorming van de ondergrond. De drijvende kracht achter de stuwing is het gewicht van de ijsmassa in combinatie met de afnemende dikte van de ijskap in distale richting. Hierdoor ontstaat in de ondergrond een drukgradiënt. De aanwezigheid van kleiige lagen in de ondergrond werkt bevorderend voor de stuwing. Vooral van incompetent lagen (zoals kleilagen) is de weerstand tegen verschuiving kleiner, en zodra de door het ijs uitgeoefende horizontale druk (schuifspanning) de schuifweerstand van het sediment overschrijdt, komt het sediment in beweging en zal de ondergrond gaan vervormen. Onder de ijskap ontstaat zo een depressie in het landschap, een glaciëal bekken, omringd door heuvelruggen van opgestuwd sediment. In het noordwestelijk deel van de Gelderse Vallei is het glaciëal bekken zo'n 80 meter diep en reikt tot in de Formatie van Peize/Waalre, waarmee het aannemelijk is dat kleilagen in deze formatie als glijvlak fungeerden tijdens de stuwing. Het gestuwde materiaal komt aan de oppervlakte in de Gooise stuwwallen. De Formatie van Peize/Waalre vinden we in gestuwde positie uitsluitend aan de oostkant van de stuwwal van Blaricum-Laren, de Formaties van Urk en Sterksel in het westelijk deel, en in de stuwwal van Hilversum. Keileem is aanwezig op de Aardjesberg en plaatselijk op de stuwwal van Hilversum. Een loodrechtprojectering (= een aanzicht van bovenaf) van gestuwde afzettingen, ongeacht het deformatietype, toont een geband patroon dat echter veelal gemaskeerd wordt door vegetatie. Ten westen van Laren is een dergelijk patroon op unieke wijze zichtbaar geworden dankzij de vele kuilen die hier gegraven zijn door de Larense boeren. In Ruegg (1975; zie afbeelding 5 eerder in deze atlas) is beschreven dat de lengteas van deze kuilen de strekkingsrichting van de gestuwde lagen volgt. Met behulp van AHN-hoogtebeelden is een nog veel fijnmaziger beeld te verkrijgen van de strekkingsrichting, zie afbeelding 16.



Afbeelding 16: AHN Hoogtebeeld van het terrein ten westen van Laren. Met strepen zijn de kuilen weergegeven, deze geven een nauwkeurig beeld van de strekking en de begrenzing van de dagzoom van de stuwwal. Vergelijk met afbeelding 5. Bron: www.ahn.geodan.nl.

Fenomeen: verschubbing

Tijdens de stuwning worden de sedimentpakketten aan horizontale druk (compressie) blootgesteld en zullen daardoor vervormen. Hierbij zijn twee basistypen deformatie mogelijk. Als eerste de brosse deformatie. Dat wil zeggen dat de grond als gevolg van de druk in stukken breekt, waarbij de stukken vervolgens in scheve positie tegen elkaar geplaatst worden. Een bevroren ondergrond werkt hierbij bevorderend, maar is niet noodzakelijk (Jongmans et al., 2013). Door brosse deformatie ontstaat een structuur vergelijkbaar met een stapel scheef tegen elkaar geplaatste dakpannen, ook wel bekend als ‘imbricate thrust’. Bij dwarsdoorsneden van een dergelijke structuur in een ontsluiting is een standaard verschubde sequentie van brokstukken zichtbaar als een geband patroon. Complexere patronen kunnen optreden bij voortgaande stuwdruk, in dat geval kunnen bijvoorbeeld overschuivingen optreden of overkieping van pakketten. Ook kunnen mengvormen optreden met de hierna te behandelen plastische deformatie. Het type deformatie dat optreedt is onder meer afhankelijk van de afstand van de locatie tot de rand van de ijskap. In het proximale deel van de stuwwal vinden we vooral een schubbenarchitectuur (Bakker, 2004; glaciotectionic style I). In het distale deel domineren plooistrukturen (Bakker, 2004; glaciotectionic style III). Daar tussenin ligt een zone met een combinatie van schubben en plooien.



ID	90
X ; Y ; Z	143,1 ; 474,7 ; 20
Plaats	Laren
Toponiem	Steenbergen hoek Pruisenbergen
Opname- datum	05-2011

Afbeelding 17: glaciaal verschubde sedimenten.

De foto toont enkele kleine schubben van de Formatie van Peize/Waalre (lichte delen) afgewisseld met de bruin gekleurde Formatie van Sterksel. De schubben hebben hier gemiddeld een dikte van enkele meters. In het rechter deel van de foto zijn de formaties vermengd geraakt. De schubben staan relatief steil met een hellingshoek van zo'n 75°. De strekkingsrichting bedraagt 10°, met een stuwingsrichting vanuit het oost-zuidoosten.



ID	108
X ; Y ; Z	144,0 ; 476,1 ; 20
Plaats	Blaricum
Toponiem	Tafelbergweg hoek Bussumerweg
Opname- datum	09-2013

Afbeelding 18: glaciaal verschubde en overkieping sedimentlagen.

Het bandenpatroon op de foto toont een verschubd voorkomen van een deel van de Formatie van Urk, de zogeheten 'Groene bank'. Dit deel vormt het onderste gedeelte van de formatie en bestaat uit kenmerkende licht tot groenig getinte fijne zanden (zie onder meer Van Balen et al., 2007). In de stuwwallen zijn deze zanden nogal eens verkit geraakt tot plaatseigen zandsteen. De 'Groene bank' komt op deze foto verdubbeld voor, de laag is door de stuwing verbroken, gestapeld en in verticale positie terecht gekomen. De lagen staan licht overkiept met een hellingshoek van 80° en een hellingsrichting van ongeveer 310° (noordnoordwest), en een stuwdruk vanuit het zuidoosten.

Fenomeen: breukstructuren

In de gestuwde sedimenten zijn vaak breukstructuren op mesoschaal (tientallen centimeters tot meters) waarneembaar. Door het profiel lopen disaggregatiebanden, waarlangs de (mogelijk bevroren) sedimentpakketten zijn bewogen ten opzichte van elkaar.



ID	29
X ; Y ; Z	142,2 ; 475,9 ; 16
Plaats	Huizen
Toponiem	De Ginckellaan
Opname- datum	09-2003

Afbeelding 19: uitgedreven wigvormige structuur.

In het midden van de foto is zichtbaar hoe een wigvormig sedimentlichaam bestaande uit matig grove tot grove zanden, naar beneden toe uitstulpt in een pakket zeer grof en grindrijk zand. De interne gelaagdheid van de wig is hierbij praktisch onverstoord gebleven. Aan de top van de wig is een driehoekig breukenstelsel zichtbaar. Deze breuken zijn ontstaan door laterale compressie van het bovenste zandpakket. De stuwdruk leidde uiteindelijk tot verkorting van het sedimentpakket, waarbij een deel van het sediment dus naar beneden werd uitgedreven. Het grove onderste sedimentpakket verkeerde in onbevroren toestand, waardoor het zand en grind in dit pakket zich via plastische deformatie om de uitgedreven wig konden voegen.



ID	37
X ; Y ; Z	144,0 ; 475,3 ; 8
Plaats	Laren
Toponiem	Tafelbergweg hoek A. Legrasweg
Opname- datum	03-2004

Afbeelding 20: conjugate breukenstelsels.

Een voorbeeld van een serie conjugate breukenstelsels in bovenaanzicht gezien. Een sedimentpakket met iets afwijkende lithologie (te zien aan de kleur) is scheefgesteld en dagzoomt min of meer dwars aangesneden in de vloer van de bouwput. Er zijn drie breukenstelsels zichtbaar, waarbij de disaggregatiebanden van de individuele breuken, elkaar snijden bij de toppen van de driehoeken. Waarschijnlijk is het breukenstelsel ontstaan in een lokaal extensief regime, waarbij het laagpakket enige rekspanning heeft ondervonden. Van onder naar boven gezien verspringt het laagpakket van links naar rechts ('right-stepping').

Fenomeen: plastische deformatie

Als de ondergrond niet bevroren is, voldoende vochtig is en de stuwdruk beperkt (de op het sediment uitgeoefende krachten blijven onder de bezwijkgrens), dan zal het sediment bij horizontale druk plastisch deformeren. Bij deze wijze van vervorming breekt het sedimentpakket niet in stukken, maar wel wordt de gelaagdheid verstoord. Er ontstaan bijvoorbeeld plooistrukturen. Bij grotere druk wordt alsnog de bezwijkgrens overschreden en ontstaan ook overschuivingen. Een tweede mogelijkheid is dat incompetent lagen gaan vervloeien en een uitweg zoeken naar plekken waar de druk lager is. Dit kan leiden tot zogeheten injectieverschijnselen.



ID	6
X ; Y ; Z	141,3 ; 470,4 ; 5,5
Plaats	Hilversum
Toponiem	Wandelpad
Opname- datum	12-2001

Afbeelding 21: scheefgestelde antiform.

In de spoordriehoek van de sporen naar Amersfoort en Utrecht, te Hilversum, bevindt zich een lage stuwwal. In deze stuwwal was een fraai voorbeeld van plastische deformatie zichtbaar. De sedimenten, bestaande uit glaciële bekken- en smeltwaterafzettingen, zijn gestuwd tot een anticlinale structuur, met aan de linkerkant een opschuiving. De ijsdruk kwam van rechts.



ID	22
X ; Y ; Z	139,9 ; 470,6 ; 17
Plaats	Hilversum
Toponiem	Vaartweg hoek Boomberglaan
Opname- datum	06-2002

Afbeelding 22: antiform.

De stuwwal onder het westelijk deel van Hilversum bestaat in zijn geheel uit Midden-Pleistocene sedimenten, Formaties van Sterksel en Urk. Links van het kompas een antiform in de gestuwde afzettingen, de rond gebogen lagen duidelijk zichtbaar. Rechts van het kompas een uitwiggende naastgelegen antiform. Strekking van de lagen is ongeveer 360°. De stuwdruk kwam van rechts, uit het oosten.



ID	43
X ; Y ; Z	142,8 ; 473,2 ; 20
Plaats	Laren
Toponiem	Hilversumseweg zuidzijde bij Museum Hofland
Opname- datum	02-2005

Afbeelding 23: clastic dyke.

De foto, gemaakt in de bouwput voor de uitbreiding van het Geologisch Museum Hofland, toont de kern van een anticlinale structuur, wederom een voorbeeld van plastische deformatie. Zichtbaar zijn de gebogen laagjes zand en grind, die links in de foto abrupt eindigen. De lagen lijken als het ware 'geknakt' te zijn. Opvallend is de grijze siltige laag die ongeveer tot halverwege in het zand-grindpakket dringt. Deze laag betreft een injectieverschijnsel: door de stuwingsdruk is het siltige, waterrijke sediment gaan vervloeien, en geïnjecteerd in een zwaktezone van de bovenliggende zandige sedimenten. De grillige begrenzing van de siltige laag duidt op indringing onder druk.



ID	56
X ; Y ; Z	143,2 ; 474,5 ; 15
Plaats	Laren
Toponiem	Werkdroger
Opname- datum	05-2008

Afbeelding 24: harmonicaplooiing op microschaal (cm's).

Het verticaal georiënteerde zigzagpatroon op de foto is een goed voorbeeld van plastische deformatie op microschaal. De oorspronkelijk horizontaal gelaagde sedimenten, bestaande uit laagjes zand van wisselende korrelgrootte, zijn door geringe laterale compressie vervormd tot knik- of harmonicaplooien. De plooien zijn per stuk enkele cm's in doorsnede. Bij deze vorm van plooïing blijft de dikte van de individuele laagjes constant over de hele plooï; dit wordt wel aangeduid als een congruente plooivorm.

Fenomeen: keileem

Keileem is een glaciaal sediment, gevormd onder of bij een gletsjer. Het sediment bestaat veelal uit een slecht gesorteerd mengsel van stenen, zand en leem of kleiachtig sediment. Keileemtypologieën bestaan zowel op genese als op kleur en vuursteengehalte. Qua genese maken we onderscheid tussen keileem gevormd onder invloed van de beweging van het ijs, hier samengevat als basale keileem, keileem gevormd door massabeweging, aangeduid als Flow till, en keileem ontstaan als residueel sediment, de melt-out till. De basale keileem is gevormd onder de bewegende zool van de gletsjer en heeft vanwege de compressie door het opliggende ijs een zeer dichte textuur. Dit sediment is vaak uitgesproken hard. De flow till ontstaat aan de rand van een gletsjer door het afschuiven van morenemateriaal dat op het ijs lag. Onder invloed van de zwaartekracht en smeltwater op het ijs kan dit sediment in beweging komen en naar beneden glijden. Het wordt vervolgens gedumpt aan de voet van de gletsjer. De flow till is veel minder geconsolideerd en bestaat uit een min of meer los mengsel van stenen, zand en klei. De melt-out till ontstaat doordat morenemateriaal dat zich op of onder de gletsjer bevindt, achterblijft na het wegsmelten van het ijs. De textuur van deze keileem is eveneens relatief los. Een typologie op kleur en vuursteengehalte maakt onderscheid tussen zogeheten rode en grijze keileem die beide rijk dan wel arm aan vuursteen kunnen zijn. In het Gooi treffen we verschillende van de genoemde keileemtypen aan. Ter plaatse van de Aardjesberg en Hilversum-Noord bevindt zich een keileemplateau dat uit basale keileem bestaat, die plaatselijk rijk is aan vuursteen. Verder is basale keileem aangetroffen op enkele plekken in het centrum van Hilversum; daar is het vuursteengehalte in het algemeen lager. Een flow till is waargenomen bij de Roeltjesweg te Hilversum en bevindt zich mogelijk op meerdere plekken aan de distale zijde van de Hilversumse stuwwal. De dikte van de keileemvoorkomens verschilt sterk van plaats tot plaats. In het noorden van Hilversum komen diktes tot ongeveer één meter voor. Op andere plekken, bijvoorbeeld aan de Soestdijkerstraatweg te Hilversum, beperkt het voorkomen zich tot dunne banden van zo'n vijf tot tien centimeter dik.



ID	67
X ; Y ; Z	140,5 ; 470,9 ; 7,5
Plaats	Hilversum
Toponiem	Bussumerstraat tegenover Wagenmakers- plein
Opname- datum	04-2009

Afbeelding 25: basale keileem.

De foto toont een basale, kalkloze, keileem van zo'n 30 cm dik. Bruine en grijze keileem zijn intensief gemengd. Het stengehalte is laag, er komen slechts verspreid kleine scherpe stukjes graniet en vuursteen voor. Deze scherpe steentjes zijn een duidelijke indicatie voor de abrasieve werking van het ijs, waarbij grote stenen aan de onderkant van het ijs door het schuren over de ondergrond en door onderling contact vermalen worden tot fijnere delen.



ID	66
X ; Y ; Z	139,5 ; 470,5 ; 11
Plaats	Hilversum
Toponiem	Roeltjesweg
Opname- datum	03-2009

Afbeelding 26: flow till.

Zichtbaar is een chaotische melange van zand, grind, stenen en keien (textuuraanduidingen volgens De Bakker & Schelling, 1966). Helemaal rechtsboven is een kleine schol rode keileem zichtbaar. In de stenen- en keienfractie komen voor: diverse soorten granieten, Dalazandsteen, gneizen en kwartsieten, qua herkomst praktisch allemaal noordelijke gesteenten. Het chaotische karakter van de afzettingen (geen gelaagdheid zichtbaar) en de geringe consolidatie van het sediment duiden op een ontstaanswijze door afglijding van het ijs. Aangezien de locatie zich aan de distale zijde van de stuwwal bevindt, heeft het landijs op deze plek aantoonbaar de stuwwal overreden.

Proces: afstroming van ijssmeltwater

In het glaciaire milieu speelt ijssmeltwater een belangrijke rol bij de vorming van afzettingen. Vooral aan het einde van het Saalien kwam er veel smeltwater vrij. Wat voor afzettingstypen er ontstaan, is afhankelijk van drie factoren:

- Het debiet, de hoeveelheid water die per tijdseenheid vrijkomt
- De plek waar het water vrijkomt, onder de ijskap of aan de rand
- De mate waarin het water vrij kan wegstromen, of juist achter een barrière blijft staan.

In het Gooi komen smeltwaterafzettingen veelvuldig voor, zowel aan de westkant als aan de oostkant van de stuwwal. Aan de westkant kon het smeltwater vrij afstromen en zijn sandrafzettingen dominant, plaatselijk met geulvormen en/of scheve gelaagdheid. Qua lithologie zijn de sandrafzettingen sterk homogeen. De sedimenten bestaan uit (matig) grof zand en grind, waarbij het grind voornamelijk Maas-Rijn gesteenten bevat. Noordelijk materiaal komt weinig voor. Aan de oostkant van de stuwwallen komen afzettingvormen voor die wijzen op stagnatie van water tussen de stuwwal en het landijs, aangeduid met de verzamelnaam kameafzettingen (Ruegg en Koopman, 2010). Hieronder vallen bijvoorbeeld delta's, zandpakketten met onduidelijke gelaagdheid, en kleilagen. Uit deze opsomming blijkt al dat de lithologie van de kameafzettingen sterk variabel is.

Fenomeen: doodijsgat

Het doodijsgat neemt in deze opsomming een wat aparte positie in. Een doodijsgat ontstaat bij het afsmelten van geïsoleerd liggende en door sediment afgedekte ijsbrokken. Door het afsmelten van het ijs verdwijnt er volume, en op de plaats van het ijsbrok blijft een kuil achter. Deze kan later opgevuld worden als er weer sedimentatie optreedt.



ID	93
X ; Y ; Z	140,9 ; 470,7 ; 5
Plaats	Hilversum
Toponiem	Schapenkamp hoek Prins Bernhardstraat
Opname- datum	10-2011

Afbeelding 27: doodijsgat (?).

De afbeelding toont een fenomeen dat zeer waarschijnlijk als doodijsgat te interpreteren is. In het midden van de foto is een sterk afwijkende opvulling zichtbaar. Aan de zijkanten van deze vulling is een kromgebogen gelaagdheid zichtbaar. De interpretatie is dat er sedimentatie optrad rondom een blok afsmeltend ijs. In de kuil heeft enige tijd water gestaan, waarin de kleiige afzettingen onderin zijn ontstaan. Na het afsmelten van het ijs is de overgebleven kuil opgevuld met grof zand en grind.

Fenomeen: vlak gelaagde ijssmeltwaterafzettingen (sheet flow sandrafzettingen)

Grootschalige sandrafzettingen vinden we vooral aan de noordwestkant van het Gooi. Ze zijn ontstaan door het afvloeien van grote hoeveelheden water in korte tijd, tijdens het afsmelten van de ijskap. Opmerkelijk is de uniforme gelaagdheid; in de smeltwaterwaaiers (fan delta's) komt over een afstand van kilometers steeds dezelfde horizontale gelaagdheid voor, slechts op enkele plaatsen afgewisseld door geulen of scheve gelaagdheid. Deze sedimenten zijn afgezet door zogeheten spring/early summer flood events, kortdurende intensieve afsmelting van het ijs in het voorjaar en de zomer, waarbij in korte tijd zeer veel water vrijkwam. Het water stroomt dan in de vorm

van een film over het oppervlak. Aan het eind van het Saalien traden er nog fluctuaties op in de positie van de ijsrand, want bij de Aardjesberg (Hilversum) komt keileem voor bovenop een pakket smeltwaterafzettingen van minstens 15 meter dik. De korrelgrootte van de afzettingen neemt over het algemeen af naar het westen. Dichtbij de voormalige rand van het ijs zijn de sedimenten sterk grindhoudend. Verder in distale richting neemt het grindgehalte af. De bijbehorende morfologie is een zwak hellende vlakte, soms in de vorm van een waaier, met het hoogste punt nabij de stuwwal.



ID	68
X ; Y ; Z	141,1 ; 475,9 ; 9,5
Plaats	Bussum
Toponiem	Ceintuurbaan hoek Papaverstraat
Opname- datum	04-2009

Afbeelding 28: sheet flow sandrafzettingen.

Sandrafzettingen bestaande uit grof zand en grind, horizontaal parallel gelaagd. Het gefotografeerde deel bevindt zich op zo'n 4 meter onder het maaiveld. De horizontale gelaagdheid is ontstaan doordat het overvloedig afstromende smeltwater als een film het oppervlak bedekte (sheet flow). De meeste grindpartikels hebben de lengteas horizontaal georiënteerd, kenmerkend voor de afzetting door stromend water.

Fenomeen: scheefgelaagde ijssmeltwaterafzettingen

Scheefgelaagde (cross bedded) smeltwaterafzettingen ontstaan door geconcentreerde afvloeiing van smeltwater in geulen. Bij zijdelingse migratie van deze geulen ontstaan zand- en grindbanken met intern een scheve gelaagdheid. Afvloeiing in geulen treedt op bij een verminderd aanbod van water. In de glaciële context kan dat gebeuren bijvoorbeeld omdat er in koudere tijden minder ijs smelt, of omdat een ander deel van de fluvioglaciële fan actief wordt.



ID	9
X ; Y ; Z	139,9 ; 476,4 ; 3
Plaats	Bussum
Toponiem	Landstraat
Opname- datum	06-2001

Afbeelding 29: cross bedded (scheefgelaagde) ijssmeltwaterafzettingen.

Een waarneming op de omvangrijke fan delta van Bussum. Scheefgelaagde pakketten fluvioglaciaal zand. Boven het handvat van het schepje zijn twee laagpakketten te onderscheiden met een tegengestelde hellingsrichting, ontstaan vanuit een kronkelend patroon van smeltwatergeulen. Het sediment bestaat vooral uit matig grof tot grof zand en is relatief arm aan grind. Dit is verklaarbaar vanuit de distale ligging, enkele kilometers van de voormalige ijsrand.

Fenomeen: smeltwaterdelta

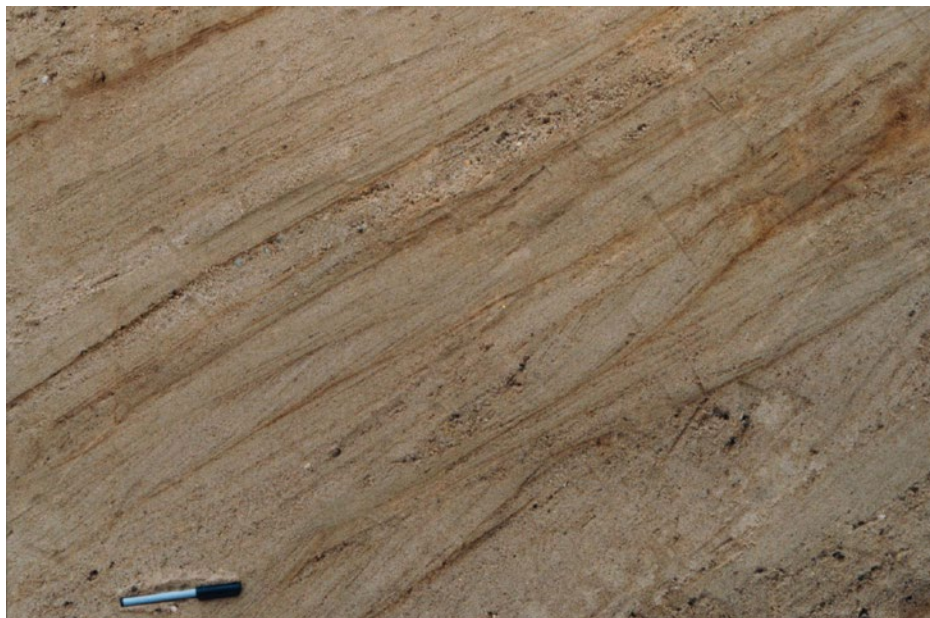
Een smeltwaterdelta, niet te verwarren met de eerder genoemde smeltwaterwaaier of ‘fan delta’, ontstaat op de plek waar een geconcentreerde smeltwaterstroom uitkomt in een meer. Bij de monding neemt de stroomsnelheid van het water sterk af, waardoor het sediment bezinkt. Als de smeltwaterstroom langere tijd op dezelfde plek uitkomt en veel sediment aanvoert, ontstaat er in het meer een waaivormig, zich steeds verder uitbouwend sedimentlichaam, een delta. Het door de stroom aangevoerde sediment schuift over het bovenvlak van de delta, en bij de rand van de delta aangekomen glijdt het over het deltafront naar beneden. Hierdoor ontstaat de karakteristieke scheve gelaagdheid in het deltalichaam. Het voornaamste verschil met rivierdelta’s, de ‘klassieke’ delta’s, is de schaalgrootte van het fenomeen. Waar rivierdelta’s horizontale afmetingen hebben van (tientallen) kilometers, zijn de afmetingen in het fluvioglaciaal milieu beperkt tot enkele decameters – hectometers. Daarnaast is de lithologie van smeltwaterdelta’s in het algemeen homogener, de sedimenten bestaan veelal uit grof zand en grind, duidend op een korte transportafstand en relatief steile gradiënten. Meren zijn in het fluvioglaciaal milieu een algemeen verschijnsel en ontstaan op die plekken waar de aanvoer van smeltwater groter is dan de afvoer. In het Gooi hebben smeltwatermeren gelegen in ieder geval ten oosten van de stuwwal van Hilversum, en ter plaatse van het centrum van Laren.



ID	89
X ; Y ; Z	140,3 ; 471,9 ; 12
Plaats	Hilversum
Toponiem	Insulindelaan noordzijde
Opname-datum	05-2011

Afbeelding 30: smeltwaterdelta.

In het noordwesten van Hilversum bevinden zich aan de binnenrand van de stuwwal meerdere smeltwaterdelta’s. De foto toont één van deze delta’s. Omdat het deltalichaam is weggegraven in de vorm van een kwadrant, is de interne structuur in drie dimensies goed te zien. Het ontsloten deel van deze delta is opgebouwd uit een set van onderling parallel lopende sedimentlagen, die zowel in de X- als in de Y-richting scheef aflopen. De top van de set ligt ongeveer ter hoogte van het huis, aan die zijde bevond zich de apex van de delta. De scheve gelaagdheid van de sets duidt erop dat dit de foreset van de delta betreft, het deel van een delta waarin de actieve uitbouw plaatsvindt.



ID	7
X ; Y ; Z	139,8 ; 472,6 ; 11
Plaats	Hilversum
Toponiem	Witte Kruislaan
Opname- datum	11-2011

Afbeelding 31: glijhellinggelaagdheid in de foreset van een smeltwaterdelta.

Deze foto toont een detail van de regelmatige en parallelle gelaagdheid in de foreset van een delta, gelegen ongeveer één kilometer noordwestelijk van de voorgaande locatie. De individuele sedimentlagen zijn gemiddeld enkele centimeters dik en vertonen een interne laminatie. Afwisselend komen grovere en fijnere lagen voor. Zowel de lagen als de laminae staan onder een hellingshoek van ongeveer 30°, kenmerkend voor een glijhellinggelaagdheid. In een delta ontstaat deze gelaagdheid doordat het water voortdurend sediment aanvoert en dit afzet aan de bovenrand van de foreset. Zodra een zekere hoeveelheid sediment is gedeponneerd, wordt de bovenrand van de helling instabiel en glijdt het sediment af. Hierbij wordt een nieuw laagje op de helling afgezet. Deze sequentie herhaalt zich zolang als er sediment wordt aangevoerd, en hierdoor bouwt de delta steeds verder uit.



ID	46
X ; Y ; Z	144,3 ; 474,0 ; 5
Plaats	Laren
Toponiem	Jordaan
Opname- datum	02-2006

Afbeelding 32: kleine smeltwaterdelta met ritmische gelaagdheid.

Een kleine delta (meterschaal) in het centrum van Laren. Opvallend is de strakke en regelmatige gelaagdheid. De lithologie bestaat uit goed gesorteerd fijn tot matig grof zand. Grind ontbreekt. De schuinstaande laagjes hebben een vrij constante dikte en lopen parallel. Al deze kenmerken wijzen op een ontstaan in een rustig milieu. De interpretatie is dat deze delta ontstaan is in een smeltwatermeer, relatief ver bij de ijsrand vandaan.

Fenomeen: erosierest in smeltwaterafzettingen

Het fluvioglaciale milieu is zeer dynamisch en wordt gekenmerkt door een sterk wisselend aanbod van smeltwater en sediment gedurende het jaar. Het grootste deel van het jaar is de temperatuur onder het vriespunt en is er geen stromend water aanwezig. Gedurende het late voorjaar en de zomer komt de temperatuur aan de rand van de ijskap ook boven nul en smelt een deel van het ijs. Bij een groot debiet zal er veel sediment getransporteerd worden en ontstaan de eerdergenoemde sheet flow afzettingen. Met name bij een afnemend debiet zal het water zich gaan insnijden en ontstaan ook erosieve vormen. Geulen zijn hiervan een voorbeeld (zie hierna), maar ook erosieresten: achterblijvende restanten van eerder ontstane sedimentpakketten.



ID	42
X ; Y ; Z	139,2 ; 475,3 ; 4
Plaats	Bussum
Toponiem	Struikheiweg westzijde
Opname- datum	02-2005

Afbeelding 33: erosierest in smeltwaterafzettingen.

Boven de troffel is een iets donkerdere laag zichtbaar. De gelaagdheid van dit pakket is discordant (afwijkende richting) ten opzichte van de gelaagdheid van het bovenliggende pakket. De afgeronde vormen en de afgesneden gelaagdheid wijzen op een ontstaan door erosie, waarbij smeltwater een deel van de eerder gevormde afzettingen heeft opgeruimd. Daarna kreeg sedimentatie weer de overhand en werden de overgebleven restanten afgedekt door vers sediment. De verkleuring rechtsboven is ontstaan door uitloging, waarschijnlijk rondom boomwortels.

Fenomeen: smeltwatergeul



ID	60
X ; Y ; Z	139,7 ; 476,0 ; 3
Plaats	Bussum
Toponiem	Brinklaan hoek Gooibergstraat
Opname- datum	07-2010

Afbeelding 34: sequentie van ijssmeltwatergeulopvullingen.

Door verschillende oorzaken kan het voorkomen dat het water op een sandrvlakte niet meer vlakdekkend afloopt, maar zich concentreert in geulen. Dat kan gebeuren bij een kleiner aanbod van smeltwater, als een bepaald gedeelte van de fan delta minder actief wordt, of aan de distale zijde van de fan delta, ver bij het ijs vandaan. De geulen snijden zich in in de eerder ontstane afzettingen, en worden aan het eind van hun levensduur eveneens opgevuld. Hierbij blijven kenmerkende schotelvormige of trogvormige structuren achter.

De foto toont een verticale sequentie van verschillende (minimaal twee) geulopvullingen, ontstaan in een meermaals gereactiveerde ijssmeltwatergeul. Onderaan bij de troffel is de oudste fase zichtbaar, een betrekkelijk nauwe en relatief diepe geul. De lagen vertonen een typerend trogvormig patroon. Tijdens een latere reactivering is de geul sterk verbreed en is een erosief contact ontstaan met de onderliggende opvulling. Uiteindelijk is ook de verbrede geul opgevuld met fluvioglaciaal zand en grind.

Fenomeen: patroon van subglaciale geulen



ID	3
X ; Y ; Z	140,2 ; 470,5 ; 9
Plaats	Hilversum
Toponiem	Ruitersweg
Opname-datum	03-2002

Afbeelding 35: subglaciale geul.

Bij het afsmelten van gletsjerijs verdwijnt een deel van het smeltwater dat op de gletsjer ontstaat, in scheuren in het ijs. Dit water komt uiteindelijk onder de gletsjer terecht en stroomt via geulen onder het ijs weg, dergelijke geulen staan bekend als subglaciale smeltwatergeulen. De kronkelende zandbaan links op de foto is zo'n subglaciale smeltwatergeul, uitgesleten in de basale keileem onder het ijs. Links en rechts van de voormalige geul is de keileem nog aanwezig.

Fenomeen: glaciolacustriene klei

Op plekken in glaciële meren waar het water gedurende langere tijd (praktisch) stilstaat, kunnen lutumdeeltjes bezinken en een kleilaag vormen. Vaak hebben deze kleien een duidelijke gelaagdheid. Een dergelijk sediment wordt aangeduid als glaciolacustriene klei. Met name direct ten oosten van de stuwwal van Hilversum komen deze afzettingen vlak onder het maaiveld voor.

In het midden van de foto is een serie horizontaal verlopende kleilagen zichtbaar, afgezet in een smeltwatermeer. De kleilagen worden afgewisseld door zandige lagen, een indicatie van wisselende stroomsnelheid van het water. Op sommige plekken vertonen de lagen enige vervorming als gevolg van loading.



ID	49
X ; Y ; Z	140,5 ; 470,6 ; 7
Plaats	Hilversum
Toponiem	Laanstraat
Opname- datum	04-2006

Afbeelding 36: glaciolacustriene klei.

Fenomeen: ijszandsteen



ID	17
X ; Y ; Z	140,7 ; 471,3 ; 5
Plaats	Hilversum
Toponiem	Koninginneweg hoek Schoolstraat
Opname- datum	01-2000

Afbeelding 37: ijszandsteen.

Naast los zand en grind werden in het fluvioglaciale milieu ook blokken bevroren sediment (aangeduid als ijszandsteen) getransporteerd. Zo af en toe zijn deze blokken met hun interne structuur geconserveerd in de smeltwaterafzettingen.

Boven de pen is een duidelijk begrensd sedimentpakket zichtbaar met afwijkende richting van de gelaagdheid. Dit is een blok ijszandsteen. Het blok meet zo'n 50x50 cm en is omringd door smeltwaterafzettingen.

Proces: afstroming van sneeuwmeltwater

Smeltwater speelt naast het glaciale milieu ook een rol in het periglaciale milieu. Onder periglaciale condities is het smeltwater afkomstig van in het voorjaar smeltende sneeuw. Een belangrijk verschil met ijssmeltwater is de kleinere hoeveelheid water en het geringere debiet, daarnaast zijn ook de transportafstanden kleiner. De sedimentologische fenomenen ontstaan door sneeuwmeltwater zijn in het algemeen dan ook kleinschaliger dan die welke door ijssmeltwater zijn ontstaan, hoewel de structuren op detailniveau grote overeenkomsten vertonen. Voorbeelden van fluvioperiglaciale fenomenen zijn sneeuwmeltwaterdalen in de flanken van de stuwwallen, daluitspoelingswaaiers aan de monding van sneeuwmeltwaterdalen, verspoelde hellingafzettingen op de flanken van de stuwwallen en verspoelde dekzanden.

Fenomeen: fluvioperiglaciale geul



ID	24
X ; Y ; Z	142,2 ; 469,7 ; 4
Plaats	Hilversum
Toponiem	Oostereind hoek Van Linschoten- laan
Opname- datum	10-2002

Afbeelding 38: fluvioperiglaciale geul in dekzand.

Een voorbeeld van fluvioperiglaciale afzettingen is deze grindlaag in dekzand. Ter hoogte van het handvat van de troffel is een enkele centimeters dikke grindlaag zichtbaar die is ontstaan door afstroming van sneeuwmeltwater over de bevroren ondergrond. Hierbij is een kleinschalige geulopvulling ontstaan.

Wind

Het in het Saalien ontstane landschap van stuwwallen en smeltwaterwaaiers is in het Weichselien sterk beïnvloed door eolische processen. In het Pleniglaciaal en in het Laat-glaciaal heersten er arctische condities in Nederland, en vegetatie was schaars. Er trad op grote schaal verstuiving op van de in het Saalien afgezette zanden. Hierbij vond zowel erosie als sedimentatie plaats. Denudatie, de afvoer van sediment, vond vooral plaats op de toppen van de stuwwallen. Deze zijn door de intensieve eolische erosie afgevlakt, en hebben op veel plaatsen het karakter van een plateau gekregen. Het is niet precies bekend hoeveel zand er van de stuwwallen verdwenen is, maar gezien de grote hoeveelheid windkanters op sommige stuwwaltoppen, bijvoorbeeld op de Tafelbergheide, moet het zeker gaan om vele meters. Daar waar erosie en sedimentatie elkaar afwisselden, vinden we in de dekzandprofielen verschijnselen als grindsnoeren en keienvloertjes. Aan de voet van de stuwwallen overheerste de sedimentatie en zijn metersdikke pakketten dekzand afgezet. Aan de oostkant van de stuwwallen zijn plekken aangetroffen waar alleen al in de Jonge Dryas zo'n vier meter zand is afgezet (Koopman en Cruysheer, 2012).

De Nederlandse dekzandstratigrafie blijft in beweging. Indelingen van het dekzand zijn onder meer opgesteld door Ruegg (1983) en Schwan (1988). In beide indelingen wordt een onderscheid wordt gemaakt tussen een zandige en een leemhoudende faciës. Hoewel TNO Geologische Dienst van Nederland alle dekzanden rekent tot hetzelfde laagpakket (Formatie van Bostel, Laagpakket van Wierden; De Mulder et al., 2003), komt in Jongmans et al. (2013) toch de oudere stratigrafie (naar Doppert et al., 1975) weer terug met een Oud Dekzand I en II en een Jonger Dekzand I en II. Ongeacht de stratigrafische indeling van het dekzand zijn er in het Gooi lithologisch duidelijk twee faciës te onderscheiden, conform de beschrijving door Ruegg (1983) en Schwan (1988). In deze publicatie worden ze aangeduid als leemhoudend dekzand en zandig dekzand. Het leemhoudende dekzand bestaat uit een afwisseling van lemige en fijnzandige laagjes, met plaatselijk grovere insluitingen, bijvoorbeeld grindsnoertjes of fluvioperiglaciale sedimenten. Over het algemeen is de gelaagdheid parallel en horizontaal, maar plaatselijk komen lage duinen voor (koepelduinen). De gelaagdheid is op centimeterschaal nogal eens vervormd door kryoturbatie. De ritmiek van lemige en zandige laagjes is volgens Schwan (1988) te duiden als een seizoensgelaagdheid, waarbij in de zomer onder rustige condities siltdeeltjes sedimenteren op de natte, ontdooide, ondergrond, en in de winter bij hogere windsnelheden zand wordt afgezet. Het leemhoudend dekzand is in het Gooi vooral in het Pleniglaciaal afgezet (volgens Jongmans e.a. (2013) te interpreteren als Oud Dekzand I) en bevindt zich (uitgezonderd het Eemland) stratigrafisch disconform op smeltwaterafzettingen of gestuwde afzettingen. Ten oosten van de stuwwallen zijn de leemlaagjes duidelijker ontwikkeld dan aan de westkant. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de expositie ten opzichte van de heersende windrichting. Het zandig dekzand bestaat grotendeels uit horizontaal parallel gelaagd zand, soms met grofzandige of grindige inschakelingen die een oorsprong hebben als deflatielaag of fluvioperiglaciale afzetting. Het zandig dekzand is met name afgezet tijdens het Laat-Glaciaal: de Oude en Jonge Dryasstadialen. Plaatselijk komen ook grote duincomplexen voor, ontstaan in de Jonge Dryas. Stratigrafisch ligt het zandig dekzand conform op het leemhoudend dekzand, in het Gooi te interpreteren als Ouder Dekzand II indien voorkomend onder de Laag van Usselo, en Jonger Dekzand II indien voorkomend boven de Laag van Usselo (indeling volgens Jongmans e.a., 2013). Een ligging van het zandig dekzand direct op oudere afzettingen is tot nu toe niet aangetroffen.

Proces: eolische denudatie

Tijdens het Weichselien traden afwisselend perioden op van netto afvoer (denudatie) en netto aanvoer (sedimentatie) van sediment. Denudatie trad grootschalig op tijdens extreem koude fasen, met name tijdens het temperatuurdieptepunt van het Laat-Pleniglaciaal, zo'n 20.000 jaar BP. Het tijdens deze fase ontstane grindsnoer, bekend als de Laag van Beuningen, komen we in het Gooi tegen ingeschakeld in de leemhoudende dekzandfaciës. Lokaal, op de hooggelegen toppen van de stuwwallen, is waarschijnlijk gedurende het hele Weichselien sprake geweest van denudatie. Hierdoor zijn vele meters zand afgevoerd, de in het zand aanwezige stenen zijn als

residu achtergebleven en door de voortdurende blootstelling aan bewegend zand gepolijst tot de karakteristieke driehoekige windkantervorm.

Fenomeen: ingeschakeld grindsnoer

Grindsnoertjes komen regelmatig voor in de Gooise dekzanden en weerspiegelen een hiaat in de sedimentatie. Waarschijnlijk gaat het hier om tijdsintervallen waarin de ondergrond vrijwel geheel bevroren was, waardoor er nauwelijks zand beschikbaar was voor sedimentatie. In dergelijke perioden is er veel fijn materiaal afgevoerd, waarbij de grovere grinddeeltjes achterbleven.



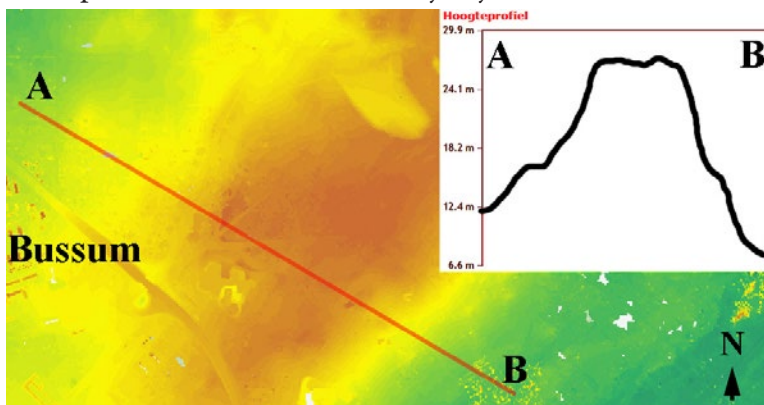
ID	23
X ; Y ; Z	142,1 ; 470,8 ; 4,5
Plaats	Hilversum
Toponiem	Minckelerstraat hoek Kamerlingh Onnesweg
Opname- datum	09-2002

Afbeelding 39: grindsnoer in zandig dekzand.

De foto toont iets onder het midden een horizontaal lopend uitgerepareerd discontinu grindsnoertje. De dikte bedraagt niet meer dan één steen. Aan de onderzijde en bovenzijde zandig dekzand.

Fenomeen: denudatievlakte

De Gooise stuwwallen zijn op de toppen sterk afgevlakt, waardoor deze toppen veelal de morfologie van een plateau vertonen. Een voorbeeld is te zien in het profiel van afbeelding 40. Op de topplateaus zijn tot dusverre nog nergens Scandinavische gesteenten aangetroffen, waardoor het zeer onwaarschijnlijk is dat deze afvlakkingen door glaciplanatie ontstaan zijn. Wel komen er op de topplateaus op grote schaal windkanters voor van Rijn/Maasgesteenten. Beide observaties rechtvaardigen een interpretatie als denudatievlakte. Overigens zijn er op zadels in de stuwwallen plaatselijk wel noordelijke gesteenten aangetroffen (bijvoorbeeld omgeving Oude Haven te Hilversum), hetgeen aantoont dat de lagere delen van de stuwwallen, in ieder geval op een aantal plaatsen, wel door het landijs zijn bedekt.



Afbeelding 40: dwarsprofiel over de stuwwal van Bussum (A) naar Laren (B). Van links naar rechts: flauwe helling aan de distale zijde, hier liggen de sandrafzettingen. Daarna de relatief vlakke top, gevolgd door de steilere proximale helling aan de kant waar het landijs heeft gelegen. Bron: www.ahn.geodan.nl.



ID	91
X ; Y ; Z	143,5 ; 476,0 ; 28
Plaats	Blaricum
Toponiem	Boissevainweg noordzijde
Opname-datum	06-2011

Afbeelding 41: denudatievlakte (desert pavement).

De Blaricummerheide bevindt zich bovenop de stuwwal van Laren-Blaricum en heeft vooral aan de oostzijde duidelijk het karakter van een denudatievlakte (desert pavement). Op de foto is een vlak terrein zichtbaar, bezaaid met duizenden stenen. Vrijwel al deze stenen zijn windkanters, ze vertonen kenmerken van langdurige abrasie door salterend zand. Macroscopisch is dit zichtbaar aan de ribben op de stenen, die veelal zorgen voor een driehoekige tot pyramidale vorm, en de glans, aangeduid als windlak. Er zijn vooral kwartsieten, melkkwarts en zandstenen aangetroffen, alle van zuidelijke herkomst. Uit observaties in een nabijgelegen voormalige groeve is gebleken dat het substraat beneden het maaiveld slechts in beperkte mate stenen met een lengte van meer dan 5 cm bevat. Aannemende dat de stenenconcentratie in het resterende en het verdwenen substraat gelijk was, toont dit aan dat er veel zand verdwenen is. Door de harde winden tijdens het Weichselien is dit zand weggeblazen en als dekzand afgezet aan de oostzijde van de stuwwallen. Hierbij bleven de grotere stenen achter en werden afgeslepen tot windkanters.

Fenomeen: eolische scour-and-fill structuur

Een kleinschalig erosieverschijnsel in de dekzanden betreft de zogeheten scour-and-fill structuren. Hierbij zijn door de wind kleine kuultjes ontstaan in het oppervlak, die later weer met zand zijn opgevuld.



ID	60
X ; Y ; Z	139,7 ; 476,0 ; 3
Plaats	Bussum
Toponiem	Brinklaan hoek Gooibergstraat
Opname-datum	09-2008

Afbeelding 42: eolische scour-and-fill structuur.

Op- de foto is linksboven van het handvat van de troffel een kleine schotelvormige scourstructuur (horizontale diameter zo'n 30 cm) zichtbaar, die later is opgevuld (fill) met scheefgelaagd zand. Onder en boven de scour is het zand parallel horizontaal gelaagd.

Proces: eolische sedimentatie

Eolische afzettingen uit het Weichselien, zogeheten dekzanden, komen op grote schaal voor in het Gooi. Zowel aan de westkant als aan de oostkant van de stuwwal ligt dekzand, met een dikte van veelal enkele meters. Vooral aan de oostkant van de stuwwal, ten tijde van het Weichselien was dat veelal de lijzijde, zijn de afzettingen nog dikker, hier zijn dikten van vijf meter of meer vastgesteld. Het merendeel van het dekzand betreft horizontaal gelaagd dekzand bestaande uit fijn tot matig grof zand (eolian subfacies A cf. Ruegg, 1983; faciës 2 cf. Schwan, 1988; merendeels Jonger Dekzand II cf. Jongmans e.a., 2013), of fijn zand afgewisseld met leemlaagjes (eolian subfacies B cf. Ruegg, 1983; faciës 3 cf. Schwan, 1988; Ouder dekzand I cf. Jongmans e.a., 2013). De gelaagdheid is nogal eens vervormd door microkryoturbatie of waterverzadiging en loading. Minder voorkomend zijn afzettingen in de vorm van duinen. Lage duinen komen plaatselijk voor in het leemhoudend dekzand. In het zandig dekzand uit de Jonge Dryas komen rondom de stuwwallen frequent duinen voor, deze vormen dan de zogeheten gordeldekzanden. Daarnaast komen ook op de stuwwallen plaatselijk duinen voor, zoals op de Bussumerheide (Lange Heul) en de Zwaluwenberg (Sevink, 2006).

Fenomeen: horizontaal gelaagd dekzand

Het horizontaal gelaagd zandig dekzand is afgezet onder een regime met harde wind, een droge bodem en een relatief geringe beschikbaarheid van zand (Schwan, 1988). Onder deze condities vormen zich vlakke sand sheets, met een horizontale interne gelaagdheid. Plaatselijk komt hierin wat grind voor. Horizontaal gelaagd leemhoudend dekzand is afgezet als een afwisseling van zandlaagjes, afgezet door harde wind al dan niet met sneeuw (niveo-eolische sedimentatie), en leemlaagjes, adhesiegelaagdheid weerspiegeld, waarbij materiaal in de siltfractie werd ingevangen op een vochtig oppervlak.



ID	41
X ; Y ; Z	144,5 ; 472,5 ; 6
Plaats	Blaricum
Toponiem	Torenlaan oostzijde
Opname- datum	11-2004

Afbeelding 43: zandig dekzand.

De foto toont horizontaal gelaagd zandig dekzand, gezien de lithologie en de positie direct onder maaiveld waarschijnlijk uit de Jonge Dryas. Plaatselijk komen inschakelingen van grover zand voor. Ook bevat het profiel enkele disconformiteiten, die waarschijnlijk hiaten in de sedimentatie vertegenwoordigen.



ID	15
X ; Y ; Z	144,1 ; 472,5 ; 4
Plaats	Laren
Toponiem	Postiljon langs A1
Opname-datum	11-2002

Afbeelding 44: leemhoudend dekzand.

Detailopname van leemhoudend dekzand. Zichtbaar zijn enkele grijze leemlaagjes, afgewisseld door bonter gekleurde zandlaagjes. De laagjes verschillen onderling in dikte. Helemaal bovenin een overgang naar zandig dekzand.

Fenomeen: duin

Duinen komen voor zowel in het leemhoudend dekzand als in het zandig dekzand. In het leemhoudend dekzand betreft het altijd geïsoleerd voorkomende kleine en lage duinen, aangeduid als koepelduinen. De tot nu toe aangetroffen duinen hebben een doorsnede van 1-2 meter en een hoogte van minder dan een meter. De stratigrafische positie is steeds middenin het laagpakket. De duinen in het zandig dekzand zijn ontstaan tijdens de Jonge Dryas en vormen plaatselijk omvangrijke complexen (lengteduinen; syn. streepduinen (Jongmans e.a., 2013)) met een hoogte van enkele meters, een dwarsdoorsnede tot enkele tientallen meters en een lengte die tot meer dan een kilometer kan bedragen.



ID	87
X ; Y ; Z	141,4 ; 471,3 ; 7
Plaats	Hilversum
Toponiem	Laren zuidzijde Melkfabriek
Opname-datum	04-2011

Afbeelding 45: koepelduin.

De foto toont een koepelduin in leemhoudend dekzand. De interne gelaagdheid is vrijwel symmetrisch. Geheel onderaan is zichtbaar hoe het duin laag begint, en na verloop van tijd hoger

en breder wordt. Een kenmerk van deze duinen is dat ze gedurende hun bestaan vrijwel op dezelfde plek aanwezig blijven. Vermoedelijk komt dit doordat er in het duin vegetatie groeide, bijvoorbeeld gras, die met het zandoppervlak mee omhoog bewoog. Dergelijke structuren worden tegenwoordig nog in stuifzandgebieden aangetroffen, in het Gooi bijvoorbeeld bij het Bluk. De organische resten zijn naderhand geheel verteerd en daardoor niet meer terug te vinden in het duin.



ID	99
X ; Y ; Z	134,2 ; 480,2 ; -0,5
Plaats	Weesp
Toponiem	Honswijckpad
Opname- datum	07-2012

Afbeelding 46: lengteduin met meervoudig podzolprofiel.

Onder meer in de Nieuwe Keverdijksche Polder zijn lengteduinen uit de Jonge Dryas aanwezig. Op de foto de ontgraven flank van een duin. Aan de rechterzijde van de foto is het zandig dekzand ontsloten. Naar links toe loopt het oppervlak van het duin af, de flank wordt bedekt door een laag Holocene stuifzand met podzol bodemprofiel, daar bovenop veen en klei uit het Holocene. De hoogte van het duin bedraagt zo'n twee meter.

Postdepositionele fenomenen

Na het afzetten van een sediment kunnen er verschillende processen optreden die zorgen voor een verandering van de structuur of andere eigenschappen van het sediment. Belangrijke factoren hierbij zijn de werking van de zwaartekracht, eventueel in combinatie met de aanwezigheid van reliëf, vorst en/of vorst-dooicycli in combinatie met waterverzadiging, en het begroeid raken van het substraat waardoor bodemvorming optreedt. Een laatste vermeldenswaard proces is diagenese, het optreden van verkitting van los sediment. Dit heeft in het Gooi plaatselijk geleid tot de vorming van kalkzandstenen, ook wel bekend als plaatseigen zandsteen. Hierna worden een aantal postdepositionele processen besproken die in de Gooise bodem hun sporen hebben nagelaten.

Proces: solifluctie

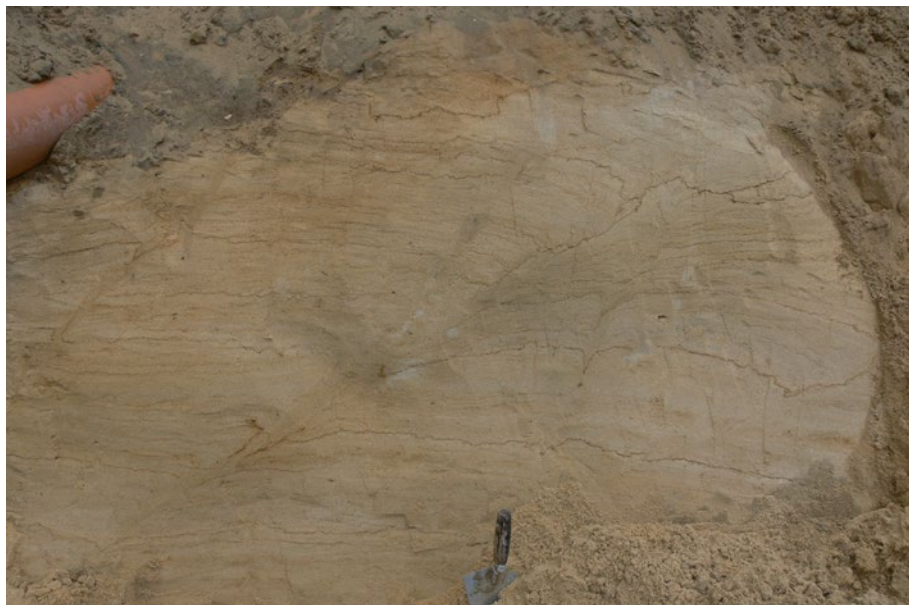
Solifluctie (in de hier beschreven periglaciaire variant ook wel aangeduid als gelifluctie) is een proces waarbij de bovenlaag van de bodem langzaam afglijdt. Op diverse plekken op de helling of aan de voet van de stuwwallen zijn structuren aangetroffen die wijzen op solifluctie. Deze zijn ontstaan in het Weichselien, toen er in de regio permafrost (permanent bevroren bodem) aanwezig was. De terreinhellingen in het Gooi zijn dusdanig klein dat ze onder de huidige klimaatcondities stabiel zijn. De aanwezigheid van permafrost zorgt echter voor een intern glijvlak in de bodem (de bovenkant van de permafrostlaag) en voor een waterverzadigde toplaag. De interne wrijving reduceert hierdoor sterk, waardoor al bij een geringe hellingshoek de toplaag langzaam kan afglijden.



ID	65
X ; Y ; Z	139,4 ; 471,6 ; 10
Plaats	Hilversum
Toponiem	's Gravelandseweg kruispunt G. v. Mesdagweg zuidoostzijde
Opname- datum	03-2009

Afbeelding 47: solifluctie.

Deze ontsluiting ligt aan de westelijke voet van de stuwwal van Hilversum. Zichtbaar is een sedimentpakket met verstoorde gelaagdheid, wijzend op vervloeiing. Het waterverzadigde zand en grind is 'en masse' langzaam afgegleden over de bevroren ondergrond. Hierbij is de oorspronkelijke gelaagdheid sterk vervormd. Er zijn diverse kleine vloeiplooien zichtbaar en zand en grind zijn met elkaar vermengd geraakt. De huidige terreinhelling bedraagt er 2° tot 4°, dat is voldoende steil voor het optreden van solifluctie.



ID	96
X ; Y ; Z	140,8 ; 469,3 ; 7
Plaats	Hilversum
Toponiem	P. de Hooglaan hoek Diepen- daalsedrift
Opname- datum	03-2012

Afbeelding 48: frost creep.

Een variant van solifluctie is frost creep. Hierbij treedt netto hellingafwaartse beweging op van sediment als gevolg van het optreden van herhaalde vorst-dooicycli. Bij het bevroren zet de grond uit in een richting loodrecht op het oppervlak, bij het ontdooien daalt de grond verticaal naar beneden. Hierdoor beweegt het sediment netto naar beneden. De verplaatsing is het grootst in de top van het profiel en neemt af verder de diepte in. Op de foto is een in zandig dekzand ontstane vorstwig zichtbaar die oorspronkelijk verticaal liep, maar door het optreden van frost creep vervormd is geraakt en nu sterk van rechts naar links helt. Hoe hoger in het profiel, des te meer het sediment naar rechts (naar beneden) verplaatst is. Bij zuivere frost creep vloeit het sedimentpakket niet. In dit geval is er sprake van een combinatie van frost creep en een beperkte mate van afglijding, de afglijding heeft gezorgd voor enige verstoring van de oorspronkelijk horizontale gelaagdheid. Frost creep is niet noodzakelijk voor het ontstaan van vorstwiggen in scheve positie. De ligging van deze locatie aan de voet van de stuwwalhelling, die begint op minder dan 100 meter afstand, maakt het echter zeer aannemelijk dat frost creep en afglijding hier hebben plaatsgevonden.

Proces: snelle afglijding (slide)



Bij grotere hellingshoeken kan een relatief snelle afglijding optreden, dit staat bekend als een slide, een vorm van een massabeweging. Hierbij glijdt een sedimentpakket naar beneden over een glijvlak. De interne gelaagdheid van het sediment raakt hierbij verstoord. Ook voor het optreden van een slide zijn permafrost en waterverzadiging bevorderende condities. Grootschalige massabewegingen traden op aan het eind van het Saalien. De stuwwallen waren toen aanmerkelijk hoger en steiler dan tegenwoordig. Daarnaast was er in het glacioterminale milieu veel water aanwezig. De hellingen van de stuwwallen werden hierdoor instabiel en gleden op grote schaal naar beneden. De glaciale bekkens werden voor een groot deel opgevuld met deze hellingafzettingen. De reliëfverschillen in het landschap werden hierdoor sterk verkleind, en de stuwwalhellingen minder steil.

ID	47
X ; Y ; Z	144,1 ; 473,0 ; 5
Plaats	Laren
Toponiem	Vredelaan noordzijde A1
Opname- datum	03-2006

Afbeelding 49: gestuwde afzettingen bedekt met afgegleden hellingafzettingen.

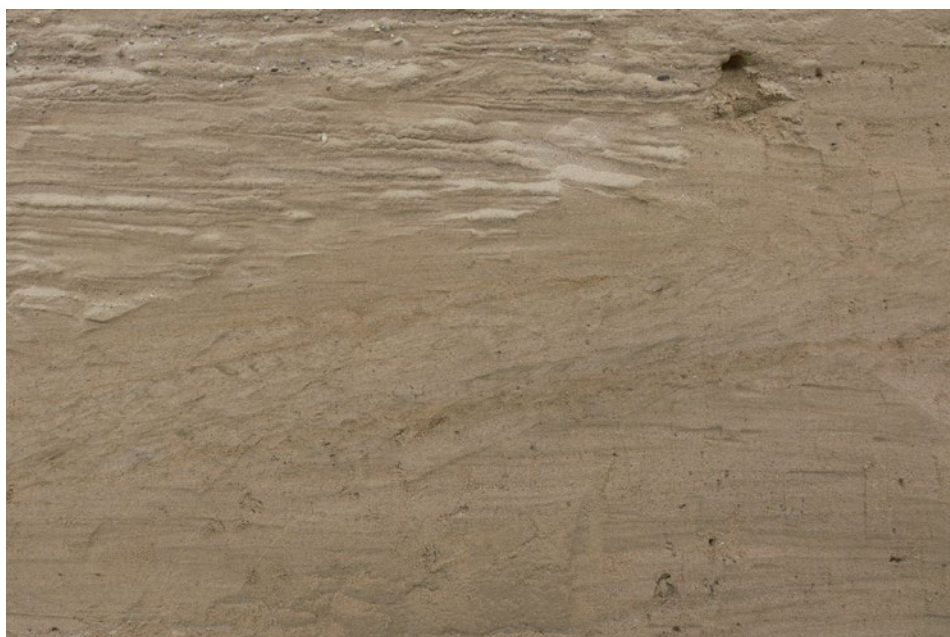
De foto toont gestuwde afzettingen die bedekt worden door een pakket hellingafzettingen. Aan de linkerkant (links van het handvat van de troffel) is een wegduikend pakket gestuwde afzettingen zichtbaar. Dit pakket helt vrij steil, onder een hoek van ongeveer 40°, naar het noordoosten (helling naar rechts in de foto). De strekkingsrichting bedraagt 320°. De gestuwde afzettingen worden op deze foto afgedekt door een pakket hellingafzettingen (rechts van het handvat van de troffel), dat vrijwel structuurloos is en bestaat uit zand met verspreide grindpartikels. Vrij snel na de stuwing werd de steile terreinhelling instabiel, waarna een pakket van zand en grind ging schuiven en als een structuurloze massa op de helling van de stuwwal werd afgezet. Later is het geheel nog eens geërodeerd door smeltwater en wind, waardoor de stuwwaltop verdwenen is en het stuwwalreliëf hier in het terrein niet meer zichtbaar is.



ID	69
X ; Y ; Z	144,4 ; 475,5 ; 7
Plaats	Blaricum
Toponiem	Noolseweg hoek Wallandlaan
Opname-datum	06-2009

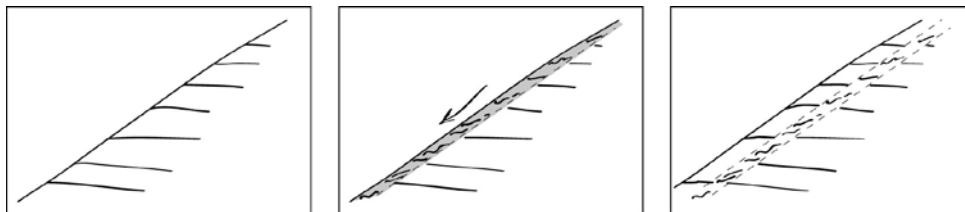
Afbeelding 50: gestuwde afzettingen bedekt met hellingafzettingen.

Een soortgelijke situatie te Blaricum. Rechts van de troffel liggen de gestuwde Midden-Pleistocene afzettingen (bruin gekleurd), die hier naar links hellen onder een hoek van zo'n 30°. De gestuwde afzettingen zijn bedekt met een afgegleden pakket zand en grind met chaotische gelaagdheid en plaatselijk vloeiplooien. De top van dit pakket heeft een kleinere hellingshoek, ongeveer 10°. De hellingafzettingen zijn bedekt met zandig dekzand, dat doorloopt tot aan het maaiveld.



ID	77
X ; Y ; Z	142,0 ; 477,4 ; 5
Plaats	Huizen
Toponiem	Landgoed Oud Bussum
Opname-datum	03-2010

Afbeelding 51: massabeweging (slide) op fluvioglaciale fan delta.



Afbeelding 51a: schematische weergave van de ontstaanswijze van het profiel. Links: helling van de fan delta. Midden: helling wordt instabiel en glijdt af. Rechts: doorgaande sedimentatie, het oorspronkelijk oppervlak raakt bedekt.

De foto toont een betrekkelijk zeldzaam voorbeeld, een slide op een fluvioglaciale fan delta. In het midden van de foto is een naar links hellende band zichtbaar met afwijkende gelaagdheid. Onder en boven de band is de gelaagdheid horizontaal. In de band is de gelaagdheid verstoord en komen golvende en slingerende patronen voor. De hellingshoek van de band bedraagt ongeveer 10°. De ontstaanswijze (zie afbeelding 51a) is geïnterpreteerd als afglijding van een sedimentpakket vanaf de helling van een ijssmeltwaterdelta. Daarna is het afgegleden pakket bedekt geraakt met vers fluvioglaciaal sediment, dit betreft het horizontaal gelaagde zand en grind bovenop het afgegleden pakket. De afglijding is opgetreden over een lengte van minimaal 20 meter, de dikte van het afgegleden pakket is ongeveer een halve meter.

Proces: kryoturbatie en soft-sediment deformation

Zowel bij kryoturbatie als bij soft-sediment deformation treden vervloeiing en beweging op van sediment in de bodem, hierbij raken de sedimentlagen vervormd. Bij beide processen ontstaan onder invloed van druk en waterverzadiging vervormingen in een sedimentpakket met (sub) horizontale ligging. In het bodemprofiel zijn kryoturbatie en soft-sediment deformation zichtbaar als slierende, golvende, gebogen, omhoog wiggende of discontinue sedimentlagen. De schaal van vervorming varieert van meters tot centimeters, afhankelijk van de opbouw van de bodem, de doorgemaakte historie en de locatie. Beide deformatietypen zijn in het Gooi, en met name in de omgeving van Hilversum, een wijdverbreid verschijnsel. Voorkeurslocaties zijn plekken waar keileem- of kleilagen voorkomen in horizontale positie, en gebieden waar dikke lagen dekzand voorkomen. In keileemlagen en glaciolacustriene kleilagen is frequent sprake van kryoturbate verschijnselen. In de dekzandgebieden komen in het leemhoudend dekzand, met zijn afwisseling van zandige en leemhoudende laagjes, vaak verschijnselen van soft-sediment deformation voor.

Kryoturbatie

Kryoturbatie is een proces waarbij sedimentlagen vervormd raken door een combinatie van vorst-dooiwerking, waterverzadiging en dichtheidsverschillen. De aanwezigheid van permafrost is een voorwaarde voor het optreden van kryoturbatie. In de opdooilaag (active layer) van de permafrost treedt waterverzadiging op. Sediment dat waterverzadigd is, kan onder druk gaan vervloeien. Bij kryoturbatie gebeurt dit als het sedimentpakket onder druk komt te staan door bevriezing van bovenaf. Ook de zijwaartse aanvoer van water in een onder en boven door ijs begrensde bodemlaag kan kryoturbate vervorming veroorzaken. Een bevorderende factor is het vóórkomen van lagen met verschillend soortelijk gewicht (SG). Dit is het geval als een sedimentpakket bestaat uit lagen met een verschillende lithologie, bijvoorbeeld een afwisseling van klei- en zandlagen of leemlaagjes afgewisseld met zandlaagjes. Het verschil in SG tussen gerijpte klei (of leem) en zand bedraagt in vochtige toestand zo'n 14 % (gwwmaterialen.nl, 2013). Voorts speelt een rol de competentie (stevigheid) van de lagen. Kleilagen zijn in het algemeen minder competent dan zandlagen, en gaan onder druk sneller vervormen.

Soft-sediment deformation

Soft-sediment deformation treedt meestal op als gevolg van loading. Bij loading treedt vervorming op van sedimentlagen als gevolg van het gewicht van de omliggende sedimentlagen. Ook hier is een waterverzadigd sediment een vereiste. Verschillen in SG en in de competentie van het sediment zijn belangrijke factoren. De depositiesnelheid van het sediment speelt eveneens een rol. Snel afgezette sedimenten hebben veelal een lossere pakking, waardoor het SG lager is en bij voortgaande sedimentatie, en dus een toenemende verticale druk, vervorming kan optreden. Tot slot is van belang de rijpheid van het sediment. Naarmate een sediment recenter is afgezet, is de pakking eveneens lossere, waardoor het sediment makkelijker vervormd kan worden. Vervorming door loading zal dan ook bij voorkeur optreden kort na de depositie van het sediment.

Fenomeen: kryoturbatie, ball-pillow structuur



ID	74
X ; Y ; Z	141,4 ; 472,6 ; 7
Plaats	Hilversum
Toponiem	Erfgooiersstraat tussen J. van Campenlaan en Stalpaertstraat
Opname- datum	02-2010

Afbeelding 52: ball-pillow structuur in keileem.

Linksboven van de troffel is een ringvormige structuur zichtbaar van keileem met daarbinnen grindrijk zand. De stratigrafie bestaat uit keileem op overreden fluvioglaciale afzettingen. De keileem is in waterverzadigde toestand gaan vervloeien en vermengd geraakt met het fluvioglaciale zand en grind. Onder de ringstructuur is de gelaagdheid schotelvormig vervormd, een aanwijzing dat de keileem naar onderen is gezakt.



ID	49
X ; Y ; Z	140,5 ; 470,6 ; 7
Plaats	Hilversum
Toponiem	Laanstraat
Opname- datum	04-2006

Afbeelding 53: ball-pillow structuur in keileem.

Een tweede voorbeeld uit Hilversum, aan de Laanstraat. De lithologische opbouw onder het oude centrum van Hilversum is complex. Er komen zand- en kleilagen voor, afgewisseld met keileemlagen, dit alles afgezet in een kamemilieu tussen de stuwwal en de fluctuerende ijsrand. Het profiel op de foto toont zandige kameafzettingen met een ingeschakelde keileemlaag. Twee zandblobs zijn door kryoturbatie in de keileem gedrongen. Ook op deze foto is te zien hoe de gelaagdheid van de onderliggende zanden eveneens vervormd is geraakt.

Fenomeen: kryoturbatie, drop soil



ID	79
X ; Y ; Z	141,9 ; 472,1 ; 7
Plaats	Hilversum
Toponiem	Larenseweg hoek Erfgooiersstraat
Opname- datum	10-2010

Afbeelding 54: drop soil.

In het noordoosten van Hilversum komt een gebied voor waar we op uitgebreide schaal zogeheten drop soils tegenkomen. Dit zijn bodems waarin een bovenliggend sedimentpakket in de vorm van druppels is ingezakt in het onderliggende sediment. Deze foto toont een smeltwaterdelta uit het Saalien, bestaande uit matig grof zand, waar oorspronkelijk een dunne keileemlaag op heeft gelegen. De keileem bestaat hier uit leem met fijn, scherp grind. De keileem is in waterverzadigde toestand in het zand gezakt.



ID	75
X ; Y ; Z	140,6 ; 472,1 ; 7
Plaats	Hilversum
Toponiem	W.C. Bradelaan
Opname- datum	03-2010

Afbeelding 55: drop soil.

Aan de W.C. Bradelaan komt een gelijksoortige stratigrafie voor, waarbij keileem in de vorm van druppels in de onderliggende smeltwaterafzettingen is gezakt. Deze foto toont een detail van enkele keileemdruppels. Te zien is hoe de druppels in het zand zijn gezakt, hierbij hebben ze aan de bovenkant een spoor achtergelaten. Aan het grillige verloop van het spoor van de meest linkse druppel is te zien dat deze enkele keren omhoog en naar beneden gemigreerd is, dit heeft te maken met de afwisseling van vorst en dooi onder een permafrostregime. Het geheel van bewegingen heeft in het zand van de onderliggende smeltwaterafzettingen gezorgd voor het ontstaan van vloeiplooiën.

Fenomeen: Load cast



ID	3
X ; Y ; Z	140,2 ; 470,5 ; 9
Plaats	Hilversum
Toponiem	Ruitersweg
Opname- datum	03-2002

Afbeelding 56: load cast.

Op de foto is onderin een grijs-bruine keileemlaag zichtbaar, die bij het handvat van de troffel een naar boven gepunte uitstulping vertoont in het opliggende zandpakket. Dit staat bekend als een load cast. Door de druk van het zandpakket is de waterverzadigde keileem instabiel geworden en in het zandpakket gedrongen.

Deformatiestructuren op centimeterschaal

In de dekzandgebieden komen geheel andere vormen van deformatie voor. De fenomenen in dekzand zijn over het algemeen kleiner van afmeting en komen vooral voor in het leemhoudend dekzand. Veel voorkomende structuren zijn convolute gelaagdheid (golvende en verbroken gelaagdheid) en vlamstructuren, puntig naar boven uitgestulpte lagen. Deze structuren lijken vooral onder invloed van belasting (loading) te zijn ontstaan, waarbij het dekzand waterverzadigd was en bij tijd en wijle een snelle sedimentatie plaats vond.

Fenomeen: convolute gelaagdheid



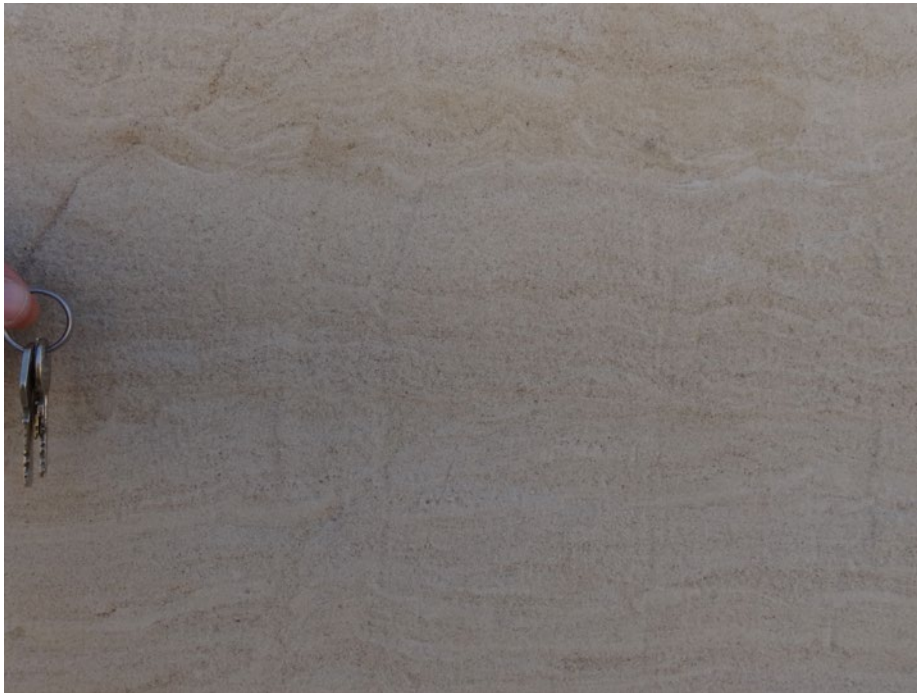
ID	75
X ; Y ; Z	141,2 ; 469,5 ; 5
Plaats	Hilversum
Toponiem	Laapersveld
Opname- datum	02-2010

Afbeelding 57: convolute gelaagdheid.

De foto toont geheel bovenin de foto zandig dekzand (bovenste 1/3 deel van de foto), daaronder leemhoudend dekzand (rest van de foto). In het leemhoudend dekzand zijn drie leemlaagjes zichtbaar die convolute gelaagdheid vertonen. Oorspronkelijk zijn de laagjes horizontaal afgezet,

maar door de combinatie waterverzadiging en belasting zijn ze vervloeid tot een onregelmatig golvend patroon.

Fenomeen: vlamstructuren



ID	105
X ; Y ; Z	139,2 ; 478,1 ; 0
Plaats	Naarden
Toponiem	Koningin Wilhelminalaan noordzijde
Opname-datum	04-2013

Afbeelding 59: vlamstructuren.

Een gelijkaardig fenomeen in dekzand te Naarden, hier zijn vlamstructuren ontstaan, waarbij laagjes naar boven toe puntig uitstulpen. Vooral duidelijk ontwikkeld in het bovenste 1/3 deel van de foto. De lithologie is homogener dan in het voorgaande geval, het dekzand bestaat hier vooral uit zand, echter wel met afwisselend grovere en fijnere laagjes.

Fenomeen: fluidization pipe



ID	105
X ; Y ; Z	139,2 ; 478,1 ; 0
Plaats	Naarden
Toponiem	Koningin Wilhelminalaan noordzijde
Opname-datum	04-2013

Afbeelding 59: fluidization pipe.

Deze foto toont links van het midden een verticaal lopende fluidization pipe, een waterontsnappingsstructuur in de vorm van een 'kanaal' waar doorheen water naar het oppervlak heeft gestroomd. Een dergelijk kanaal ontstaat als er sprake is van een poriënwaterdruk die groter is dan de druk die door het opliggende sediment wordt uitgeoefend. Op plaatsen waar

de sedimentstructuur zwakker is, bijvoorbeeld bij een breukje, kan het water ontsnappen en geconcentreerd wegstromen.

Proces: thermische contractie

Bij strenge vorst bevriest het water in de bodem, hierbij krimpt de bodem en kunnen zich scheuren vormen. Deze staan bekend als vorstwiggen. Het begrip vorstwig is een verzamelnaam voor de begrippen ijswig, waarbij de ruimte in de scheur tijdens het ontstaan is gevuld met ijs, en zandwig, waarbij de ruimte tijdens ontstaan is gevuld met zand. Voor beide typen is de aanwezigheid van permafrost noodzakelijk, en een gemiddelde jaartemperatuur ruim beneden het vriespunt: -6 tot $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ of lager. Daarnaast spelen factoren als de sedimentsamenstelling en dikte en duur van de sneeuwbedekking een rol bij het ontstaan van vorstwiggen. Een stelsel van vorstwiggen verdeelt, van bovenaf gezien, de bodem in veelhoekige patronen, een zogeheten polygoonbodem. Meestal worden de vorstwiggen in bouwputten geïsoleerd aangetroffen, tot nu toe is één waarneming bekend van een polygoonbodem. Het onderscheid tussen een ijswig en een zandwig valt te maken op grond van de gelaagdheid en aard van het sediment in de wig. Bij een ijswig vertoont de gelaagdheid min of meer een V-vorm en kan het sediment een heterogene lithologie hebben, in een zandwig is het sediment meestal homogener en is (vrijwel) geen gelaagdheid zichtbaar. Tot nu toe zijn in het Gooi vrijwel altijd ijswiggen aangetroffen.

Fenomeen: vorstwiggen (Saalien)



ID	27
X ; Y ; Z	140,6 ; 475,6 ; 10
Plaats	Bussum
Toponiem	Ceintuurbaan hoek A. Kuyper- laan
Opname- datum	06-2003

Afbeelding 60: Saalien vorstwig.

De foto toont een vorstwig (ijswig) met een lengte van minimaal één meter. De wig is ontstaan in sheet flow smeltwaterafzettingen uit het einde van het Saalien, die hier minimaal zes meter dik zijn. Boven de wig bevindt zich horizontaal gelaagd grof zand en grind. De wig is dus na zijn ontstaan overdekt geraakt met smeltwaterafzettingen. De meest waarschijnlijke interpretatie is, dat deze wig is ontstaan op een deel van de fandelta dat tijdelijk niet actief was. Toen de smeltwaterstroom zich weer verlegde, kwam de sedimentatie weer op gang en raakte de wig bedekt. Een tweede mogelijkheid is dat de smeltwateraanvoer tijdelijk afnam, of stopte, vanwege verkoeling van het klimaat. Hoe dan ook moeten er tijdens het afsmelten van het landijs nog geregeld permafrostcondities voorgekomen zijn op de smeltwaterdelta's.



ID	78
X ; Y ; Z	140,0 ; 470,2 ; 10
Plaats	Hilversum
Toponiem	Havenstraat hoek Taludweg
Opname- datum	05-2010

Afbeelding 61: Saalien vorstwig.

Deze vorstwig (ijswig) heeft een lengte van minimaal 1,5 meter en is ontstaan in een pakket smeltwaterafzettingen, dat wordt bedekt door keileem, plaatselijk keileemresidu. Aan de bovenzijde zijn enkele dunne keileembandjes zichtbaar. De vorstwig doorsnijdt de keileembedekking niet. Meest waarschijnlijke interpretatie is, dat deze wig is ontstaan in een koud interval direct voorafgaand aan een hernieuwde uitbreiding van het landijs.

Fenomeen: vorstwiggen (Weichselien)



ID	94
X ; Y ; Z	141,9 ; 469,2 ; 4
Plaats	Hilversum
Toponiem	Oostereind oostzijde bij kruispunt Diependaalselaan
Opname- datum	11-2011

Afbeelding 62: Weichselien vorstwig.

Links van het midden van de foto een smalle vorstwig (ijswig) met een lengte van minimaal 30 cm. De wig is gevormd in het leemhoudend dekzand, zeer waarschijnlijk tijdens het Pleniglaciaal. Aan de bovenzijde van de foto stopt de wig en is de structuur bedekt met leemhoudend dekzand.

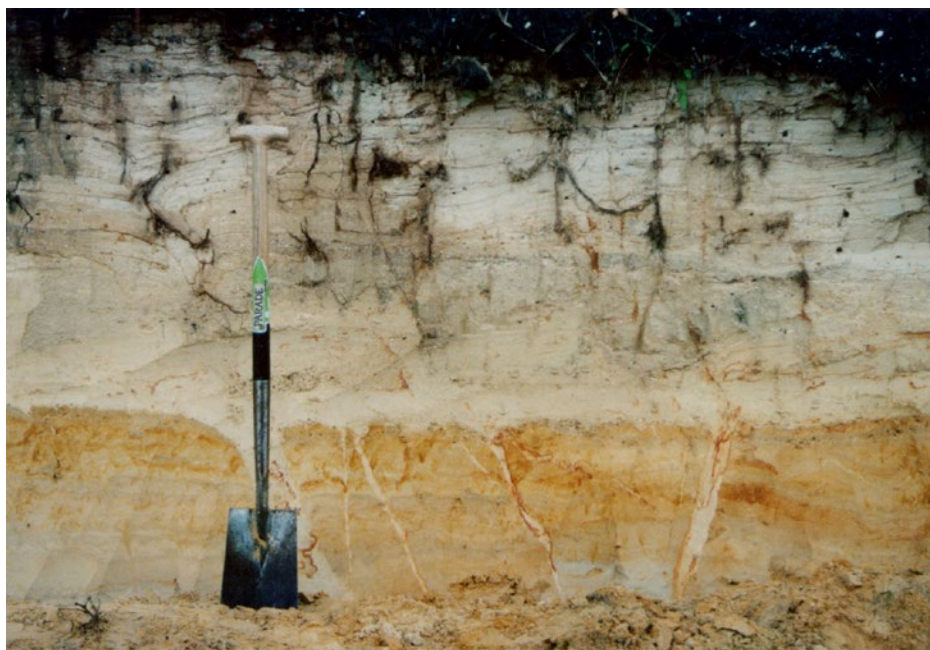


ID	60
X ; Y ; Z	139,7 ; 476,0 ; 3
Plaats	Bussum
Toponiem	Brinklaan hoek Gooibergstraat
Opname- datum	07-2010

Afbeelding 63: Weichselien vorstwig.

Een vorstwig (ijswig), mogelijk bovenaan een dubbele zelfs, met een verticale afmeting van minimaal 1,5 meter. De wig doorsnijdt hier de gehele Weichselien stratigrafie en dringt door tot in de Saalien afzettingen. De top van de wig bevindt zich in het zandig dekzand uit de Jonge Dryas. Daaronder zijn restanten van de Laag van Usselo zichtbaar (zie proces Bodemvorming), daaronder een pakket leemhoudend dekzand van enkele tientallen cm's met kleinschalige kryoturbate verstoringen. Halverwege de foto het grensvlak met de grofzandige Saalien smeltwaterafzettingen. Bij de punt van de troffel, ongeveer 1 m diep in de smeltwaterafzettingen, is de wig nog altijd duidelijk zichtbaar.

Fenomeen: polygoonstructuur



ID	15
X ; Y ; Z	144,1 ; 472,5 ; 4
Plaats	Laren
Toponiem	Postiljon langs A1
Opname- datum	11-2002

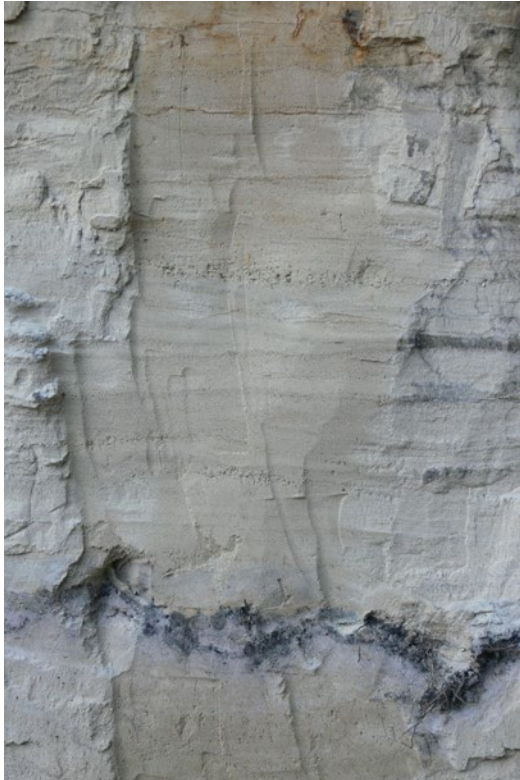
Afbeelding 64: polygoonstructuur.

Meestal maken vorstwiggen onderdeel uit van grootschalige, van bovenaf gezien veelhoekige, patronen van krimpscheuren in de bodem (polygoonbodems). In dwarsdoorsnede zijn deze structuren maar zelden waar te nemen. Op de foto een bijzonder geval van een kleinschalige polygoonstructuur, zichtbaar als een aantal lichtgekleurde banen in het onderste deel van de foto. De stratigrafie bestaat uit zandig dekzand op leemhoudend dekzand, met tussen de beide pakketten een deflatielaag (grindsnoer). De polygoonstructuur is ontstaan als een stelsel van zandwigen in het leemhoudend dekzand. De opvulling komt lithologisch volledig overeen met het zandig dekzand en vertoont geen gelaagdheid. Het leemhoudend dekzand vertoont convolute gelaagdheid en helemaal linksonder nog een kleine vorstwig.

Proces: bodemvorming

Bodemvorming omvat de veranderingen die na afzetting van een substraat ontstaan als gevolg van de inwerking van vegetatie, neerslag en bodemleven. Op de zandige bodems van het Gooi zijn interne verwerking (verbruining) en podzolering de dominante processen (Sevink, 2006). In het Holocene heeft dit geleid tot het op grote schaal ontstaan van podzolbodems. Voorafgaand aan het Holocene zullen tijdens interglacialen en interstadialen de condities voor bodemvorming ook aanwezig geweest zijn, echter de getuigen van pre-Holocene bodemvorming zijn uitermate schaars. De enige pre-Holocene bodemrestanten die tot nu toe zijn gevonden, behoren tot de Laag van Usselo, een initiële podzolbodem uit het Allerød-interstediaal. De Laag van Usselo, gedateerd op zo'n 10.950 jaar BP (Hammen en Van Geel, 2008), is op een aantal plaatsen in het Gooi aangetroffen. Meestal bevindt de laag zich op of nabij de overgang van het leemhoudend dekzand naar het zandig dekzand. Het opvallende zandig dekzand is afgezet in het Jonge Dryas- stadiaal, dat volgde na het Allerød-interstediaal. De Laag van Usselo is zichtbaar als een donkere (zwarte) verkleuring, soms is het laagpakket rondom de verkleuringen gebleekt (uitspoeling). In de laag komen vaak kleine houtskoolpartikeltjes voor. De houtskool is afkomstig van verbrande dennenbomen, de dominante flora tijdens het Allerød-interstediaal. In sommige gevallen (bijvoorbeeld Bussum, Nieuwe's Gravelandseweg) zijn meerdere donkere banden waargenomen, de ontstaanswijze hiervan is tot nu toe niet duidelijk, mogelijk is één van de lagen van vroeg-Holocene ouderdom. In Huizen is de Laag van Usselo aangetroffen in associatie met een dunne zandige leemlaag, ook hiervan is de ontstaanswijze nog onbekend. De diepte waarop de laag wordt aangetroffen is sterk wisselend. In het Laarder Wasmerengebied dagzoomt de laag plaatselijk op duinhellingen (Sevink, 2007; Sevink, 2013, in voorbereiding). Maar in Blaricum (Torenlaan) is de laag aangetroffen op drie meter diepte en in Baarn (Kerkstraat) op vier meter diepte (Koopman & Cruysheer, 2012). Hieruit blijkt wel hoezeer de zandaccumulatie tijdens het Jonge Dryasstediaal verschilt van plek tot plek.

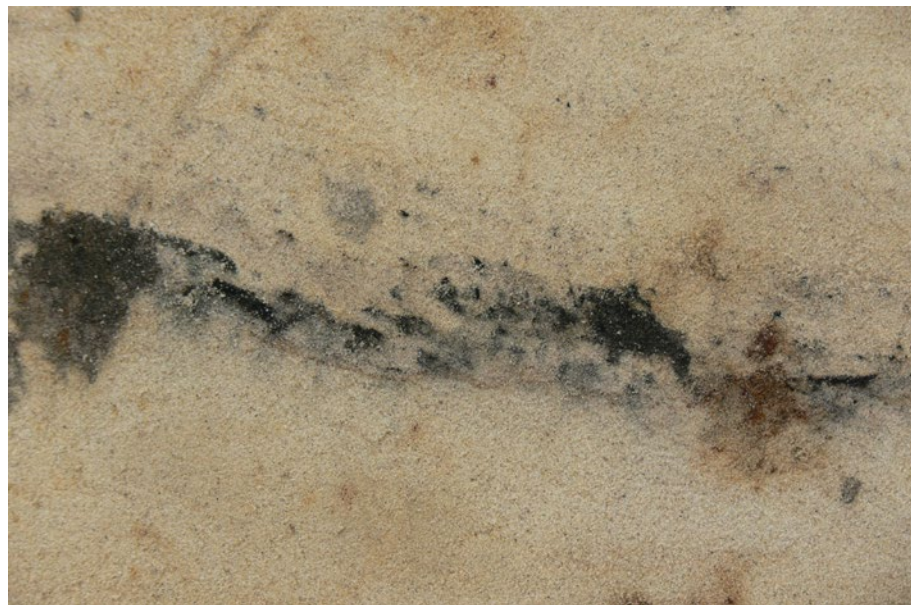
Fenomeen: paleobodem (Laag van Usselo)



ID	54
X ; Y ; Z	145,0 ; 476,0 ; 6
Plaats	Blaricum
Toponiem	Torenlaan hoek Verbindingsweg
Opname- datum	09-2007

Afbeelding 65: Laag van Usselo te Blaricum.

De locatie Torenlaan-Verbindingsweg te Blaricum geeft een voorbeeld van een relatief diepe ligging van de Laag van Usselo. De Laag (de onregelmatige zwarte band onderin de foto) bevindt zich hier op 3 m -mv, onder een pakket zandig dekzand met diverse fluvioperiglaciale inschakelingen. De Laag is vervormd door kryoturbatie en bevat plaatselijk wortelresten. In de Laag is zichtbaar een zwarte A-horizont, gemengd met een lichtgekleurde E-horizont, deze steekt qua tint af tegen het oorspronkelijke dekzand boven en onder de laag. Beide horizonten zijn in een initieel stadium.



ID	53
X ; Y ; Z	139,1 ; 476,4 ; 2
Plaats	Bussum
Toponiem	Nieuwe 's Gravelandseweg
Opname- datum	09-2007

Afbeelding 66: Laag van Usselo te Bussum.

Het lijkt erop dat de Laag van Usselo aan de westkant van het Gooi, indien aanwezig, op geringere diepte voorkomt. Deze waarneming aan de 's Gravelandseweg te Bussum toont de Laag als een dun, onregelmatig, zwart bandje op een diepte van ongeveer 1,5 m –mv. De Laag is ingesloten in een pakket zandig dekzand. De zwarte spikkeltjes die her en der zichtbaar zijn, zijn houtskooldeeltjes.



ID	95
X ; Y ; Z	145,4 ; 478,9 ; 2
Plaats	Huizen
Toponiem	Huizermaatweg - Gooierserf
Opname- datum	03-2012

Afbeelding 67: Laag van Usselo te Huizen, met bovenliggende leemlaag.

In Huizen is aangetroffen een opeenvolging (van onder naar boven) van de Laag van Usselo, een dunne band grijs lemig dekzand en een roestkleurige laag zandige leem van enkele cm's dik. De Laag van Usselo bevindt zich ongeveer 1 m onder het oppervlak van het onverstoord dekzand. De genese van de zandige leem is tot nu toe onbekend. Ook is niet bekend waarom deze opeenvolging (tot nu toe) alleen in/bij Huizen is aangetroffen. Zowel de Laag van Usselo als de zandige leemlaag zijn vervormd door kryoturbatie.



ID	48
X ; Y ; Z	139,0 ; 478,1 ; 0
Plaats	Naarden
Toponiem	Splitsing Koningin Wilhelminalaan - Burgemeester Visserlaan
Opname- datum	03-2006

Afbeelding 68: Laag van Usselo te Naarden.

Op deze plek is de Laag van Usselo ontwikkeld als een duidelijke en continu doorlopende donkere band, in de foto zichtbaar op 1/3 van boven. Onder de Laag bevindt zich leemhoudend dekzand, bovenop de laag zandig dekzand. De Laag vertoont op deze plek reliëf, op de foto is zichtbaar hoe de Laag helt van rechts naar links. In het Weichselien was kennelijk sprake van enige duinvorming op deze plek. In de Jonge Dryas werd het reliëf weer deels afgevlakt. In de periode 17^e – 19^e eeuw is het gebied afgegraven tot 0,4 m +NAP ten behoeve van de verdediging van de vesting Naarden.

Proces: diagenese

Behalve bodemvorming kunnen op een tijdschaal van tienduizenden tot honderdduizenden jaren ook al diagenetische processen optreden in sediment. In de Pleistocene afzettingen heeft diagenese geleid tot de plaatselijke vorming van kalkzandsteen (ook wel aangeduid als plaatseigen zandsteen), het ontstaan van mangaanconcreties en verkitting van sedimenten door roest. Plaatseigen zandsteen is een zachte zandsteen waarvan de korrels verkit zijn door kalk (calciumcarbonaat). De steen breekt gemakkelijk en met de hand zijn er eenvoudig korrels af te wrijven. De steen komt voor in de vorm van harde platen of blokken tussen ongeconsolideerd zand. In de zandsteen is de oorspronkelijke sedimentaire gelaagdheid behouden, de zandsteenbanken volgen de stuwingsrichting en zijn niet gedeformeerd. Zeer waarschijnlijk is de diagenese dan ook opgetreden vanaf het eind van het Saalien. Alle tot nu toe ontdekte Gooise voorkomens bevinden zich op de stuwwal of de flank daarvan, en vrijwel altijd in de Formatie van Urk. De ontstaanswijze van de plaatseigen zandsteen is nog altijd niet opgehelderd (Post, 2006). Het voorkomen van deze steen in de verder kalkloze en zure zandbodems van het Gooi is opmerkelijk te noemen, zeker omdat sommige voorkomens vlak onder het maaiveld liggen en dus sterk aan de invloed van percolierend neerslagwater onderhevig zijn. Eventuele bronnen voor de kalk zouden kunnen zijn het voorkomen van (later geërodeerde) keileem of de in de Formatie van Urk aanwezige kalk (Crommelin, 1964, in: Post, 2006; Zandstra, 1981; in: Post, 2006). Het meest bekende voorkomen van plaatseigen zandsteen in het Gooi is de Steen bij Bikbergen. Maar ook op vele andere plekken in het Gooi is plaatseigen zandsteen aangetroffen, zowel in het verleden (bijvoorbeeld eind 19^e eeuw in de buurt van de Trompenberg te Hilversum; de herkomst van de steen was toen ook al een raadsel (De Rijk, 1905)), alsook in recente bouwputten. Mangaanconcreties en verkitting door roest komen eveneens vooral in de gestuwde afzettingen voor. Mangaanconcreties als zwarte vlekken of pitjes; verkitting door roest als zand en/of grind in een roestbruine matrix, veelal op plekken waar preferent water langs stroomt, bijvoorbeeld op de scheiding van een grofkorrelig en een fijnkorrelig sedimentpakket. Een fenomeen op het grensvlak van diagenese en bodemvorming is het ontstaan van waterhard, een donkerbruine inspoelingslaag in zand. Het verschijnsel komt voor op plekken waar (oligotroof) veen ligt op een zandondergrond. Hierbij spoelt disperse humus uit het opliggende veenpakket in de zandondergrond, en vormt daarin een harde laag.

Fenomeen: plaatseigen zandsteen



ID	55
X ; Y ; Z	144,0 ; 478,4 ; 12
Plaats	Huizen
Toponiem	Crailoseweg hoek Bachlaan, zuidwestzijde
Opname- datum	10-2007

Afbeelding 69: plaatseigen zandsteen bij kalkhoudende kleilaag.

Een voorkomen van plaatseigen zandsteen in gestuwde afzettingen te Huizen. In het midden van de foto bevindt zich een kleilaag met kalkconcreties. Rondom (boven en onder) de kleilaag is het belendende zand plaatselijk verhard door kalkafzetting. Waarschijnlijk diende hier de kleilaag als bron voor de kalk.



ID	80
X ; Y ; Z	143,5 ; 478,0 ; 16
Plaats	Huizen
Toponiem	Crailoseweg zwembad Sijsjesberg
Opname- datum	11-2010

Afbeelding 70: plaatvormig voorkomen plaatseigen zandsteen.

Een plaatvormig voorkomen van plaatseigen zandsteen in gestuwde afzettingen, Formatie van Urk, te Huizen. De helling is evenwijdig met de algehele helling van het gestuwde pakket. De dikte van de plaat bedraagt zo'n 10 cm, in de lengterichting was het voorkomen minimaal over een afstand van enkele meters te volgen.



ID	90
X ; Y ; Z	143,1 ; 474,7 ; 20
Plaats	Laren
Toponiem	Steenbergen hoek Pruisenbergen
Opname- datum	05-2011

Afbeelding 71: verticaal staande plaatseigen zandsteen.

Een plaatvormig voorkomen van plaatseigen zandsteen (het uitgerepareerde lichte deel in het midden van de foto) in gestuwde afzettingen, Formatie van Urk, met een schubbenarchitectuur. De lagen staan hier steil onder een hellingshoek van zo'n 80°, het zandsteenvoorkomen volgt deze oriëntatie. De dikte van de zandsteen bedraagt zo'n 10 cm, de lengte minimaal een meter.

Fenomeen: mangaanconcreties



ID	10
X ; Y ; Z	143,2 ; 473,9 ; 12,5
Plaats	Laren
Toponiem	Hilversumseweg oostzijde A1
Opname- datum	12-2001

Afbeelding 72: mangaanconcreties.

Zichtbaar is een door glaciale stuwing gedeformeerde grensvlak tussen twee laagpakketten. Het grensvlak wordt gemarkeerd door een donkere slingerende laag, die geheel bestaat uit mangaanoxide. Op het grensvlak tussen de twee laagpakketten was sprake van een verschil in redoxpotentiaal, waardoor het mangaan juist in die zone oxideerde.

Fenomeen: ijzerconcreties



ID	31
X ; Y ; Z	144,3 ; 474,4 ; 4
Plaats	Laren
Toponiem	Kerklaan
Opname- datum	11-2003

Afbeelding 73: ijzerconcreties in grindlaag.

Schuin door de foto loopt een sterk door ijzer verkitte grindlaag, waarschijnlijk een Hattemlaag (Ruegg, 2003, mond. med.). De grindlaag is goed doorlatend voor water en wordt aan de onderzijde begrensd door een fijner pakket, zodoende is dit een preferente stroombaan. De ligging ruim boven de grondwaterspiegel zorgt ervoor dat het ijzer oxydeert.

Fenomeen: waterhard



ID	107
X ; Y ; Z	137,2 ; 467,4 ; -0,5
Plaats	Nieuw-Loosdrecht
Toponiem	Nieuw- Loosdrechtsedijk
Opname- datum	09-2013

Afbeelding 74: waterhardlaag in dekzand.

De foto toont een waterhardlaag in zandig dekzand. De waterhardlaag is de schuin lopende donkere laag iets onder het midden van de foto. Helemaal bovenin de foto is veen zichtbaar. Aan de Nieuw-Loosdrechtsedijk is het veenpakket nog ongeveer een meter dik. De zwarte kleur duidt erop dat het veen sterk veraard is, dit vanwege de lage grondwaterspiegel. Vanuit het veen is disperse humus ingespoeld in het onderliggende zand, en ter plaatse van de donkere laag gestagneerd. Waterhardlagen komen veelal voor op de flanken van het dekzandrelief. De lagen zijn vaak erg hard en slecht doorlaatbaar, waardoor er water op kan stagneren. Deze combinatie van kenmerken verklaart de naamgeving van het verschijnsel. In de randveengebieden van Noord-Nederland is waterhard op vele plaatsen aangetroffen op plekken waar veen ligt op een ondiepe

zandondergrond, of waar veen heeft gelegen op zand (Dekker et al., 1991; Koopman, 2006). Ook uit het Gooi en de Vechtstreek zijn waarnemingen van waterhard bekend, bijvoorbeeld te Ankeveen en in het Groot Wasmeer te Hilversum (J. Sevink, schriftelijke med. september 2013).

Tot besluit

Het overzicht van kaarten en afbeeldingen voorin deze atlas leert ons dat de hoofdlijnen van de geologie al langere tijd bekend zijn en relatief onveranderlijk blijven, maar dat op detailniveau nog regelmatig inzichten wijzigen. Uit het ontsluitingenonderzoek blijkt steeds weer hoe groot de heterogeniteit van de ondergrond is. Op elke ruimtelijke schaal, van kilometers tot meters, komen verschillen in lithologie voor. Dit blijft lastig te vatten in kaarten en profielen, ook in digitale modellen. De ruimtelijke omvang van de steekproef van boringen en ontsluitingen blijft immers per definitie beperkt, waardoor nieuwe waarnemingen steeds weer nieuwe informatie toevoegen. Een ander punt is het definitief verdwijnen van informatie. In een aantal ontsluitingen, zoals de Zanderij Crailo, de Kuil van Koppel en de groeves Rijsbergen en Oostermeent, is veel geologische informatie afgegraven. Elke bouwput is een intrigerende combinatie van enerzijds nieuwe informatie door waarneming, en anderzijds de definitieve vernietiging van een deel van het geologisch archief. Daarnaast is het de vraag hoeveel ongepubliceerde waarnemingen er nog rondzwerven in onbekende collecties. Voor de toekomst, voorzien vanuit 2013, is interessant de mogelijke aanwijzing van het Gooi tot Europees Geopark (zie website www.geoparkgooienvecht.eu), hetgeen een flinke stimulans tot geowetenschappelijk onderzoek met zich mee zou kunnen brengen. Een tweede belangrijke ontwikkeling is de opkomst van georadar, een niet-invasieve techniek waarmee de structuur van de ondergrond in kaart gebracht kan worden. Dit heeft vooral toegevoegde waarde in gebieden met een gestuwde ondergrond, waarbij de lithologie sterk varieert op korte afstand en complexe structuren voorkomen. In het Gooi zijn door de Geologische Dienst van Nederland TNO in 2011 enkele georadaropnamen gemaakt. Ook is op de Blaricummer- en Tafelbergheide een georadaronderzoek gedaan naar leemvoorkomens in de ondergrond (Den Haan en Sevink, 2010). Tot slot is van belang de voortgaande verbetering van luminiscentiedateringstechnieken. Met name in de dekzandgebieden zouden hiermee betere uitspraken over de chronologie gedaan kunnen worden. Geologisch onderzoek is nooit af; ook deze atlas is niet meer dan een momentopname en zal door nieuwere ideeën en publicaties opgevolgd worden.

Dankwoord

Met dank aan prof. dr. R.T. van Balen (Vrije Universiteit) en dr. M. Bakker (TNO Geologische Dienst van Nederland) voor het beoordelen van de teksten en het geven van waardevolle suggesties ter verbetering.

Collecties

De volgende collecties zijn geraadpleegd:

- Bibliotheek Stichting Goois Natuurreservaat
- Bibliotheek Geologisch Museum Hofland

Lexicon van geologische begrippen

Apex

Plek waar een waterstroom begint met het vormen van zijn delta ('uitstroomopening')

Ball-pillow-structuur

Vervormingsstructuur ontstaan door vervloeiing op het grensvlak van twee lithologisch verschillende sedimentpakketten in de bodem, en waarbij geïsoleerde brokken van het ene sedimentpakket in het andere sedimentpakket terecht komen.

Climbing-ripple gelaagdheid

Gelaagdheid die ontstaat in stromend water met voldoende beschikbaarheid van zandig sediment. Aan het oppervlak van de bedding worden ribbelstructuren gevormd die stroomafwaarts migreren en ook naar boven toe groeien omdat er netto sediment wordt afgezet.

Convolute gelaagdheid

Verstoorde gelaagdheid ontstaan door belasting van waterverzadigd sediment.

Cross-bedding gelaagdheid

Scheve gelaagdheid in een sedimentpakket, niet veroorzaakt door stuwings, maar door afzetting in stromend water waarbij bijvoorbeeld stroomribbels of (anti)duintjes zijn ontstaan, of geulen lateraal zijn opgevuld.

Denudatie

Verlaging en vervlakking van het oppervlak door afvoer van sediment: in het Gooi veelal opgetreden tijdens het Weichselien.

Diagenese

Veranderingen in een sediment optredend bij relatief lage temperatuur en druk, zoals verharding (cementatie) en compactie.

Disaggregatieband

Grensvlak tussen twee langs elkaar bewogen sedimentpakketten.

Doodijsgat

Depressie (kuil) waarin langere tijd een restant afsmeltend ijs heeft gelegen. Na afsmelten van het ijs kan het gat alsnog opgevuld zijn met sediment of definitief een terreindepressie gebleven zijn.

Fan delta

Een subaërien (aan de oppervlakte boven waterpeil) gevormd, waaivormig sedimentlichaam ontstaan doordat een waterstroom plotseling zijn kinetische energie verliest. Het sediment bezinkt vervolgens.

Fining-upwardsequentie

Laagpakket dat vanaf de basis naar boven toe steeds fijner wordt, ontstaan door spiraalvormige waterstroming in de meanderbocht van een rivier. Daarnaast kan ook in ribbel- en duinstructuren sortering ontstaan, mede door verschillen in bezinkingssnelheid van sedimentdeeltjes.

Flasergelaagdheid

Gelaagdheid die gekenmerkt wordt door het voorkomen van (scheefgelaagde) zandbanden met dunne kleilaagjes ertussen. Indicatief voor een milieu waarin periodieke afwisseling optreedt van stromend water en kortdurend stilstaand water. Zie ook 'wavy bedding'.

Flow till

Keileem die ontstaan is doordat sediment met stenen erin van het ijs afgegleden is en/of na afsmelting achtergebleven is.

Foreset

Een foreset is het gedeelte van een delta met kenmerkende scheve gelaagdheid. De foresetgelaagdheid ontstaat doordat op de top van de delta steeds zand wordt afgezet, dat in dunne laagjes naar beneden glijdt op de helling van het deltafront.

Frost creep

Hellingafwaartse beweging van sediment door periodiek bevriezen en ontdooien van het sediment. De aanwezigheid van permafrost (altijd bevroren ondergrond) is een voorwaarde voor het optreden van frost creep.

Glaciaal

- Onder invloed van landijs
- Koud tijdvak, waarin gletsjers zich sterk uitbreiden.

Grindsnoer

Een grindsnoer ontstaat door uitblazing tijdens een relatief koude en droge periode, waarbij de grotere steentjes achterbleven. Ook in fluviatiele afzettingen kunnen grindsnoeren aanwezig zijn, die dan vaak de basis vormen van een sedimentpakket dat na een erosiefase is afgezet.

Hattemlaag

Grindlaag in het bovenste deel van de F. van Peize, rijk aan Scandinavische gesteenten.

Koepelduin

Klein duin dat ontstaat door depositie van zand rondom een pol (meestal grasachtige) vegetatie. Vanwege het voortdurend boven het zand uit groeien van de vegetatie wordt het duin geleidelijk hoger en breder.

Kryoturbatie

Vervorming van de bodem onder invloed van herhaalde bevriezing en ontdooiing. Als de bodem van bovenaf bevroert en uitzet, komen de onderliggende lagen onder druk te staan. De oorspronkelijk horizontale sedimentlagen in de bodem krijgen hierdoor een golvend en/of slingerend verloop.

Lacustrien

In een meer. Bijvoorbeeld: glaciolacustriene sedimenten zijn sedimenten die zijn afgezet in een meer nabij de ijskap.

Laminatie

Het diepste detailniveau van gelaagdheid dat nog te onderscheiden valt in een sediment.

Leemhoudend dekzand

Leemhoudend dekzand (vroeger bekend als Ouder dekzand) bestaat uit een afwisseling van zandige laagjes en leemhoudende laagjes. Dit sediment is afgezet in een tijd met droge, koude winters waarin bij harde wind relatief grof materiaal werd afgezet, en iets vochtigere zomers waarbij de toplaag van de bodem tijdelijk ontdooide, en fijnere deeltjes konden bezinken. De ritmiek in de gelaagdheid weerspiegelt hiermee een seizoenale gelaagdheid. Hier valt overigens niet uit op te maken hoe lang het geduurd heeft voor het gehele pakket is afgezet! Tussendoor kunnen zich namelijk nog fasen met erosie hebben voorgedaan, waardoor er hiaten in het pakket zijn ontstaan.

Lengteduin (syn. streepduin)

Langgerekte duinvorm, met een lengte variërend van tientallen meters tot meer dan een kilometer, zulke duinen zijn ontstaan tijdens de Jonge Dryas.

Load cast

Een verschijnsel dat ontstaat doordat een sedimentlaag na het ontstaan met water verzadigd is geraakt en daarna belast is door sedimenten die er bovenop zijn afgezet. Door de druk hiervan is de waterverzadigde sedimentlaag instabiel geworden en deels naar boven geperst, waardoor typische uitstulpende structuren ontstaan.

Niveo-eolische sedimentatie

Afzetting van zand tijdens sneeuwstormen.

Periglaciaal

Onder invloed van een koud klimaat (toendraklimaat), echter nog buiten de invloed van landijs.

Plaatseigen zandsteen

Deze zandsteen is ontstaan doordat uit langsstromend grondwater kalk is afgezet. Dit is gebeurd na de stuwing. Hierdoor ontstonden op meerdere plaatsen in het Gooi (zie punten 10, 37, 55) platen of brokken zandsteen. Het bekendste voorbeeld is 'De Steen' bij Bikbergen. De steen is zo zacht dat regen er na verloop van tijd holten en gaten in maakt.

Planatieoppervlak

Afgevlakt oppervlak, ontstaan door de afvoer van sedimentmateriaal.

Postdepositioneel

Optredend na afzetting van een sediment. Bodemvorming is bijvoorbeeld een postdepositioneel proces.

Plane bed gelaagdheid

Deze gelaagdheid ontstaat bij afzetting door harde wind en onder omstandigheden waarbij niet al te veel zand beschikbaar was. Bij beschikbaarheid van meer zand zouden duinvormen ontstaan.

Ribbellaminatie

Golvende gelaagdheid met soms ook nog een golvend bovengrensvlak. Gevormd tijdens de eolische afzetting van zand in ribbelvormige structuren.

Schuifvlak

Grensvlak in de bodem waarlangs sedimentpakketten verschoven zijn door druk van landijs. Een schuifvlak is te herkennen door de aanwezigheid van scherpe, onafgeronde grindjes, harde, in blokjes uiteenvallende klei en vaak een lossere structuur van het sediment. Veelal heeft er langs het vlak ook aanrijking van ijzer plaatsgevonden.

Scour, scour-and-fill

Een scour is een uitblazingskuil in dekzand, meestal gevormd op een schaal van tientallen centimeters. De opvulling hiervan (fill) bestaat uit komvormig gebogen laagjes, die de structuur zeer herkenbaar maken. Het geheel wordt aangeduid als scour-and-fillstructuur.

Sheet flow sandrafzettingen

Sheet flow sandrafzettingen zijn ontstaan door afzetting van zand en grind door grote hoeveelheden smeltwater, waarbij soms het gehele oppervlak met stromend water was bedekt. Kenmerkend is de strakke horizontale gelaagdheid. Het smeltwater kwam vrij tijdens het afsmelten van het landijs aan het eind van het Saalien.

Slide (massabeweging)

Snelle afglijding van een sedimentpakket over een glijvlak in de ondergrond.

Solifluctie

Afglijding van losse, meestal waterverzadigde, sedimenten over een harde ondergrond; in dit geval permafrost.

Smeltwatergeul

Tijdens perioden van verminderde afsmelting (van landijs dan wel sneeuw) stroomde het smeltwater geconcentreerd in geulen af. In deze geulen werden grindlagen afgezet op de geulbodem, en scheve lagen zand en grind door het zijwaarts migreren van de geul. In sandrafzettingen en in dekzand treffen we regelmatig zulke geulen aan. Met name als ze dwars worden aangesneden is de oude geulvorm goed herkenbaar. Saalien geulvorming in sandrafzettingen kon ook ontstaan doordat de hoofdstroom van smeltwater zich tijdelijk verlegde en zodoende op andere plekken minder aanvoer van smeltwater was.

Laag van Usselo

Dit is een bodemhorizont uit het einde van het Weichselien, gevormd zo'n 14.000 jaar geleden tijdens het zogeheten Allerød-interstadiaal. De gangbare hypothese is, dat de laag is ontstaan door

bosbranden na de vulkaanuitbarsting die in de Eifel de Laacher See heeft doen ontstaan. Er zijn echter ook critici die menen dat de laag ontstaan is door inslag van een extraterrestrisch object. Deze inslag zou een trigger geweest kunnen zijn voor de uitbarsting van de Laacher See-vulkaan. Als bewijzen voor de extraterrestrische inslag voert men onder meer aan: de aanwezigheid van een equivalent van de Laag van Usselo in de Verenigde Staten, de aanwezigheid van nanodiamantjes in de laag en op sommige plekken een verhoogde concentratie van iridium. De Laag van Usselo is herkenbaar als een donkere laag die soms kleine brokjes houtskool bevat.

Vlamstructuren

Vervorming van lemige of zandige laagjes waarbij puntig gevormde uitstulpingen ontstaan. Ontstaat door belasting van waterverzadigd sediment.

Vorstwig

Een vorstwig ontstaat doordat door strenge vorst de bodem krimpt en gaat scheuren. De scheur wordt vervolgens van bovenaf opgevuld door invallend zand. In het veld is de vorstwig herkenbaar als een V-vormige structuur. Het ontstaan van een wig kan tientallen tot honderden jaren duren.

Waterhard

Harde laag, ontstaan door de neerslag van humuszuren in zand onder een veenpakket.

Wavy bedding

Gelaagdheidstype bestaande uit dikke lagen klei met dunne lagen zand ertussen. Afgezet in een milieu met periodieke stagnatie van water. Zie ook flaser gelaagdheid.

Ijszandsteen

Afzonderlijk deel in smeltwaterafzettingen met een afwijkende gelaagdheid, veroorzaakt doordat het deel in bevroren toestand als blok is getransporteerd en bij depositie een afwijkende ligging heeft verkregen.

Bibliografie

- Bakker, H. de & J. Schelling (1966); Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. Pudoc, Wageningen.
- Bakker, M. de, & A. Daalder (1983); Aardwetenschappelijk rapport van het streekplangebied Gooi en Vecht. Vrije universiteit, Instituut voor Aardwetenschappen.
- Bakker, M. (2004); The internal structure of Pleistocene push moraines, a multidisciplinary approach with emphasis on ground-penetrating radar. Proefschrift, TNO Geologische Dienst van Nederland.
- Balen, R.T. van, F.S. Busschers & K.C. Cohen (2007); De ouderdom van de stuwwal en de artefacten bij Leusderheide. Grondboor en Hamer 2007-2.
- Colaris, W.J.J. (1998); Natuur van het Gooi, kansen voor duurzaam behoud. Backhuys Publishers, Leiden.
- Crommelin, R.D. (1964); Enkele opmerkingen over de kalkzandsteenbanken in het Preglaciaal van Nederland. Geologie en Mijnbouw 43 201-202.
- Cup, C., & A.P.A. Vink (1989); Notitie over geologische en geomorfologische verschijnselen in het Gooi, Wetenschappelijke adviescommissie Goois Natuurreservaat.
- Dekker, L.W., A.H. Booij, H.R.J. Vroon en G.J. Koopman (1991); Waterhardlagen: indicatoren van een voormalig veendek. Grondboor en Hamer maart 1991.
- Doppert, J.W.Chr., G.H.J. Ruegg, C.J. van Staalduinen, W.H. Zagwijn, & J.G. Zandstra (1975); Formaties van het Kwartair en Boven-Tertiair in Nederland. In: Zagwijn, W.H. & C.J. van Staalduinen (red.), Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem: 11-56.
- Geologisch Museum Hofland (2012); Een wandeling over de Zuiderheide.
- GNR, z.j.; Aardkundige fietsroutes, aardkundig monument stuwwal Het Gooi.
- Gonggrijp, G.P. (1976); De geologische betekenis van de groeven Warandebergen (gem. Huizen) en Oostermeent (gem. Blaricum). R.I.N.-rapport, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- Gonggrijp, G.P. (1987); Om het behoud van een uniek geologisch monument in de Groeve Oostermeent. De Levende Natuur jaargang 88 nr. 6.
- Haan, M. den, & J. Sevink (2010); Het mogelijke voorkomen van leem in de ondergrond van de Tafelberg- en Blaricummerheide van het GNR. UvA-IBED.
- Halm, H., van (2003); Gooise zwerfstenen in oude zanderij. Trouw, 25-10-2003, www.trouw.nl.
- Hammen, T. van der, & B. van Geel (2008); Charcoal in soils of the Allerød-Younger Dryas transition were the result of natural fires and not necessarily the effect of an extra-terrestrial impact. NJG-Geologie en Mijnbouw 87-4, 2008.
- Hofland, L.H. (1949); De Nederlandse windkeien en hun ouderdom. T.K.N.A.G. nr. 66.
- Hofland, L.H. (1959); De zandgroeve van de Kalkzandsteenfabriek 'Rijsbergen' te Huizen (Gooi). Grondboor & Hamer nr. 13.
- Hofland, L.H. (1962); Glaciale stuwing. Grondboor en Hamer nr. 4.
- Hofland, L.H. (1964); Windkeien en klimaat. Grondboor en Hamer nr. 18.
- Jongmans, A.G., M.W. van den Berg, M.P.W. Sonneveld, G.J.W.C. Peek en R.M. van den Berg van Saparoea (2013); Landschappen van Nederland, geologie, bodem en landgebruik. Wageningen Academic Publishers.
- Kloosterhuis, J.L. (1957). Zandafraving in het Gooi. Boor en spade nr. 8.

- Koning, C.J. (1899); Gooiland. Een geognostische biologische studie. De Natuur.
- Koopman, G. (2006); Van eigen bodem, sporen van de tijd in de bodem van Noord-Nederland. Noorderbreedte.
- Koopman, S. (2008); Zand: een kennismaking. Tijdschrift Vereniging Vrienden van het Gooi 2008-1.
- Koopman, S., & A.E. Pfeifer (2010); IJsranddynamiek en kryoturbatie in Hilversum. Grondboor en Hamer 2010-6.
- Koopman, S., & A.E. Pfeifer (2012); Paleogeografie van Gooi en Eemland sinds het Saalien. Grondboor en Hamer 2012-3.
- Koopman, S., & A.T.E. Cruysheer (2012); Paleogeografische ontwikkeling en bewoningsdynamiek tussen Vecht en Eem.
- Koopman, S. (2013a); Een Laat-Weichselien duin in de Nieuwe Keverdijksche Polder. Grondboor en Hamer 2013-2.
- Koopman, S., A.E. Pfeifer en G.H.J. Ruegg (2013b); Goois Geologisch InformatieSysteem v4.0
- Koster, E.A. (1974); Geomorfologie. In: W.J.J. Colaris (red.), Milieukundig onderzoek van het Gooi, basisrapport 26-34.
- Lijn, P. van der (1943); De Geologie van het Gooi, in: Mededelingen uit het Museum voor het Gooi en Omstreken nr. 3.
- Maarleveld, G.C. (1953); Standen van het landijs in Nederland.
- Mulder, E.F.J., M.C. Geluk, I. Ritsema, W.E. Westerhoff en T.E. Wong (2003); De ondergrond van Nederland. TNO Geologische Dienst van Nederland.
- Offerman-Heykens, J., & A. Boelsma (1993); Het Midden-Paleolithicum in het Gooi. Westerheem 42.
- Oosterhout, F. van (2002); verslag veldwerk Naarder Eng. Universiteit Leiden.
- Overeem, I., G.J. Weltje, C. Bishop-Kay & S. Kroonenberg (2001); The Late Cenozoic Eridanos delta system in the Southern North Sea Basin: a climate signal in sediment supply? Basin research 2001-13.
- Post, V.E.A. (2006); Enkele opmerkingen over kalkzandsteenbanken in het Pleistoceen van Midden-Nederland. Grondboor & Hamer 2006-1.
- Raam, J. van (1979); Tussen Gooi en Vecht deel I, Bodem en water. Gewest Gooi en Vechtstreek en Rijksuniversiteit Utrecht.
- Rappol, M., en C.M. Soonius (red., 1994); In de bodem van Noord-Holland. Lingua Terrae.
- Ree, M.H.M. van (1992); De ontwikkeling van het landschap in de omgeving van de Laarder Wasmeren, Tussen Vecht en Eem 10-4.
- RGD (1988); Geologische kaart van Nederland 1:50.000 blad 31 O, met toelichting.
- RGD/DLO-SC (1992); Geomorfologische kaart van Nederland 1:50.000 bladen 25 en 32, met toelichting.
- Rijk, J.A. de (1905); Wandelingen door Gooi en Eemland. Geciteerd in Tussen Vecht en Eem 1981-3, De Kei, Hilversum.
- Ruegg, G.H.J. (1964); De kwartaire geologie van het Gooi. Mededelingen van het museum voor het Gooi e.o. nr. 8.
- Ruegg, G.H.J. (1975); De geologische ontwikkeling van het Gooi gedurende het Kwartair. KNAG Geografisch tijdschrift 1975-3.
- Ruegg, G.H.J. (1981); De aardkundige geschiedenis van het Gooi, in het bijzonder met betrekking tot

de nabij de oppervlakte liggende afzettingen.

Ruegg, G.H.J. (1983); Periglacial eolian evenly laminated sandy deposits in the late Pleistocene of NW Europe, a facies unrecorded in modern sedimentological handbooks. In: Eolian sediments and processes, Elsevier, Amsterdam.

Ruegg, G.H.J., en A.W. Burger (1992); De Onder-Pleistocene Formatie van Enschede aan maaiveid in een Gooise stuwwal. Grondboor & Hamer nr. 46.

Ruegg, G.H.J. (1995); Kwartaire wordingsgeschiedenis van, en ontsluitingen in het Gooi. Grondboor en Hamer 1995 nr. 3/4.

Ruegg, G.H.J. (2000); Landijs en poolwoestijn, hoogtepunten uit het ontstaan van het Gooi. Tussen Vecht en Eem jaargang 18, p. 19 t/m p.26.

Ruegg, G.H.J. (2009); Nieuwe geologische gegevens uit het Gooi. Grondboor en Hamer 2009 nr. 2.

Ruegg, G.H.J., & S. Koopman, (2010); Stuwwallfasering en kame-afzettingen in het Gooi. Grondboor en Hamer 2010 nr. 3.

Schwan, J. (1988); Sedimentology of coversands in northwestern Europe, proefschrift VU.

Sevink, J. (2006); De bodemgesteldheid in het geplande tracé van de 'Natuurbrug Zwaluwenberg', UvA – IBED.

Sevink, J. (2007); Aardkundig excursiepunt 13, Het Gooi. Grondboor en Hamer 2007-1, NGV.

Sevink, J. (2013, in voorbereiding); Drift sands, lakes, and soils: the multiphase Holocene history of the Laarder Wasmeren area near Hilversum, The Netherlands.

TNO Geologische Dienst van Nederland (2013); www.geosites.nl, Geologische wandeling het Gooi (II).

Waard, D. de (1947); Aardrijkskunde uit de lucht. Glacigene landschapsvormen in Nederland: het stuwwallenlandschap van het Gooi.

Zandstra, J.G. (1981); Petrology and lithostratigraphy of ice-pushed Lower and Middle Pleistocene deposits at Rhenen (Kwintelooijen). Mededelingen RGD 35, 178-191.

Zandstra, M. (2009); Op en om de stuwwal, het hart van het Gooi. Naerdincklant Jaarverslag 2009. AWN Naerdincklant.

Zeiler, F.D. (1994); Onder de hei, archeologische en historisch-geografische landschapselementen in het Gooi. Stichting Matrijs.

Websites met datum van raadpleging

www.aardkundigewaarden.nl/digitaalzerfstenenmuseum/gesteentetuinen/tuinen.php?tuin_ID=26 (20130803)

www.geologievannederland.nl (20131102)

www.geoparkgooienvecht.eu (20131102)

www.gwwmaterialen.nl/soortelijk-gewicht-materialen (20130803)

www.geosites.nl (20130803)

Colofon

Geologische atlas van het Gooi

De Geologische atlas van het Gooi is een uitgave van archeologievereniging AWN Naerdincklant.

Overname van teksten en foto's is toegestaan mits voorzien van de volgende bronvermelding:

'Koopman, S., en A.E. Pfeifer (2014); Geologische atlas van het Gooi. AWN Naerdincklant.'

Overname van kaarten en profielen met vermelding van de oorspronkelijke bron.

Teksten en foto's: drs. S. Koopman

Kaarten: zie de referenties naar de bibliografie

Vormgeving: drs. A.E. Pfeifer

Inhoudelijke review: prof. dr. R.T. van Balen, Vrije Universiteit

dr. M. Bakker, TNO Geologische Dienst van Nederland

Publicatie via: <http://independent.academia.edu/Naerdincklant>



Afbeeldingen voorzijde:

Boven: **Kaart van W. Staring uit 1860, Schoolkaart voor de natuurkunde en de volksvlijt van Nederland.** Deze kaart beschrijft ook de geologie. De stuwwallen van het Gooi worden aangeduid als grindheuvels, afkomstig uit het Diluvium, met stenen uit Scandinavië. Men vermoedde dat deze stenen door drijfs naar Nederland waren getransporteerd. Het fenomeen glaciële stuwing was toen nog niet bekend. De lager gelegen zandgronden werden verondersteld te zijn afgespoeld van de hogere ruggen.

Onder: **Kaart uit Kleine Schoolatlas der gehele aarde, 1960.** De geologie gereduceerd tot zijn meest elementaire vorm: wat zit er in de grond? Zand (geel) in het Gooi, ten oosten en ten westen van het Gooi veen (paars) en klei (groen). Met schrapjes is het reliëf aangegeven.