

DE BODEM ONDER AMSTERDAM

› EEN GEOLOGISCHE STADSWANDELING



TNO innovation
for life

Wim de Gans

› OVER DE AUTEUR

Dr. Wim de Gans (Amersfoort, 1941) studeerde aardwetenschappen aan de Vrije Universiteit Amsterdam. Na zijn afstuderen was hij als docent achtereenvolgens verbonden aan de Rijks Universiteit Groningen en de Vrije Universiteit Amsterdam. Na deze universitaire loopbaan was hij jaren lang werkzaam als districtsgeoloog bij de Rijks Geologische Dienst (RGD), die in 1997 is overgegaan naar TNO. De schrijver is bij TNO voor de Geologische Dienst Nederland vooral bezig met het populariseren van de geologie van Nederland. Hij schreef talrijke publicaties en enkele boeken waaronder het Geologieboek Nederland (ANWB/TNO).



DE BODEM ONDER AMSTERDAM

EEN GEOLOGISCHE STADSWANDELING

Wim de Gans



VOORWOORD

Wanneer je door de binnenstad van Amsterdam wandelt, is het moeilijk voor te stellen dat onder de gebouwen, straten en grachten niet alleen veen maar ook veel andere grondsoorten voorkomen die een belangrijk stempel hebben gedrukt op de ontwikkeling van de stad. Hier ligt een aardkundige geschiedenis die enkele honderdduizenden jaren omvat. Landijs, rivieren, zee en wind hebben allemaal bijgedragen aan de vorming van een boeiende en afwisselende bodem, maar ook een bodem waarop het moeilijk wonen of bouwen is.

Hoewel de geologische opbouw onder de stad natuurlijk niet direct zichtbaar is, zijn de afgeleide effecten hiervan vaak wel duidelijk. Maar men moet er op gewezen worden om ze te zien. Vandaar dit boekje. Al wandelend en lezend gaat er een aardkundige wereld voor u open waaruit blijkt dat de samenstelling van de ondergrond van Amsterdam grote invloed heeft gehad op zowel de vestiging en historische ontwikkeling van de stad als op het bouwen en wonen, door de eeuwen heen.

De beschrijving van de wandelroute en datgene wat onderweg zichtbaar is, wordt gevolgd door een aantal hoofdstukjes waarin wat dieper wordt ingegaan op verschillende thema's. Achtereenvolgens: de geschiedenis van Amsterdam, de problematiek van wonen en werken op een weinig draagkrachtige bodem en tot slot wordt een overzicht gegeven over het ontstaan van de ondergrond. Tijdens de wandeling wordt zo nu en dan naar deze hoofdstukjes verwezen. In de tekst zijn zo min mogelijk vaktermen gebruikt. Waar dat onvermijdelijk was zijn deze opgenomen in een verklarende woordenlijst. Deze staat achter in het boekje.

Bij het bekijken van de geologische doorsneden (profielen) is het belangrijk te realiseren dat in de weergegeven geologische doorsneden de verticale schaal anders is dan de horizontale. De verticale schaal (hoogten en dikten) wordt sterk overdreven weergegeven. Dit om wat anders onzichtbaar is zichtbaar te maken.

De wandeling is circa 5 kilometer lang en duurt, wanneer u rustig loopt, ongeveer 2 uur. Het begin is aan de overkant van het IJ. Dit punt kunt u met het pontje achter het Centraal Station bereiken. U kunt de route ook op een ander punt beginnen of stukken overslaan.

INHOUD

1. DE WANDELING

1. Het IJ
2. Stationseiland
3. Huddesteent
4. Zeedijk en Amsteldijk
5. Ophogen en aanplempen
6. Beurs van Berlage
7. Dam
8. Begijnhof
9. Stadsuitbreidingen
10. De aardbevingen van Düren en Lissabon
11. Noordzuidlijn
12. Oudemanhuispoort
13. De Amstel
14. NAP monument
15. Sint Antoniesluis
16. Nieuwmarkt

2. EEN KORTE GESCHIEDENIS VAN AMSTERDAM

3. WONEN EN BOUWEN OP VEEN

4. GEOLOGISCHE GESCHIEDENIS

5. VERKLARENDE WOORDENLIJST

6. LITERATUUR

8
9
12
14
17
18
19
20
22
24
25
28
31
32
36
37
38

40
44
52
64
68



1. DE WANDELING

De route van de wandeling staat op blz. 7 en de achterzijde van de omslag. De nummers in de onderstaande tekst verwijzen naar de nummers op het kaartje. We beginnen de wandeling door achter het Centraal Station het gratis pontje over het IJ te nemen. Er zijn meerdere mogelijkheden. De kortste vaartijd hebt u door het pontje naar de Buiksloterweg of naar het IJ-plein te nemen, direct aan de overkant. De andere pontjes gaan verder weg en doen er langer over. Aan de overkant aangekomen stapt u van de pont, zoekt een bankje en kijkt u naar het IJ.



1

Het IJ en het Stationseiland gezien vanaf de Buiksloterweg.



2

Detail van de geologische kaart uit 1860 (zie > 3).

1. HET IJ

U ziet aan de overkant van het water het Stationseiland. Een kunstmatig eiland dat is aangelegd rond 1880 (> 1). Het IJ is hier ongeveer 400 meter breed, maar voor de aanleg van het Stationseiland was het veel breder. Men had toen vanaf waar u staat een prachtig uitzicht over het IJ, het havenfront van de stad en de monding van de Amstel. Dat alles is nu niet meer zichtbaar.

Wat u wel ziet is, wanneer u naar rechts en naar links kijkt, dat het IJ hier een grote bocht maakt. Het lijkt wel een meander van een rivier. Amsterdam ontstond aan de buitenbocht hiervan. Je kunt dat goed zien op een fragment van de oudste geologische kaart van Nederland uit ca. 1860 (> 2).



3

Fragment van de eerste geologische kaart uit 1860

Het IJ heeft een ingewikkelde ontstaansgeschiedenis (zie 4.1 en 4.3). Die geschiedenis begon ongeveer 6000 jaar geleden (4000 jaar v. Chr.). Er lag hier toen een brede eb- en vloedgeul zoals die nu in de Waddenzee aanwezig zijn. Deze geul mondde bij Zandvoort uit in de Noordzee. Vanaf 5000 jaar geleden werd deze brede getijdegeul geleidelijk aan van de Noordzee afgesloten door de vorming van strandwallen langs de kust. De monding werd steeds smaller en naar het noorden verschoven tot bij Castricum. De getijdegeul veranderde als gevolg daarvan in een veel smaller sterk meanderend estuarium, dat men het 'Oer-IJ' noemt. De omgeving van het estuarium werd bedekt met een dikke laag veen. Dit veen was onderdeel van het grote Hollandse veengebied.

In de Romeinse Tijd werd de monding van het estuarium geheel van de Noordzee afgesloten en ontwaterde dit gebied naar het oosten.

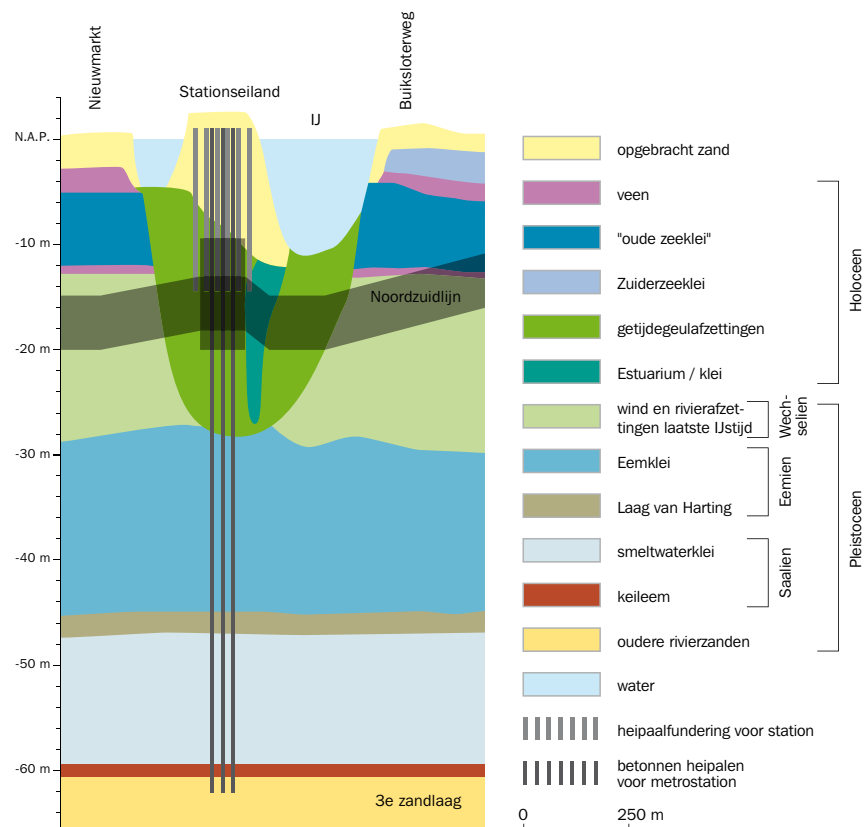
Tussen de Romeinse Tijd en de tijd van de bedijking werden vanuit de restanten van het Oer-IJ grote delen van dit veengebied weggeslagen (geërodeerd), waarbij het IJ ontstond: een uitloper van de Zuiderzee. Door de sterke erosie van het veen bleven slechts hier en daar wat eilandjes in het IJ over, zoals Ruigoord () 3).

Het landschap en de erosie van het veen werd door de Romein Plinius, die hier zelf overigens niet geweest was, treffend beschreven in zijn Naturalis Historia (boek 16) in de 1e eeuw na Christus:

'De diepste wouden bevinden zich niet ver van de hierboven genoemde Chauken, met name in de omgeving van twee meren op de oevers waarvan eiken met een geweldige groeikracht staan. Als deze bomen door golven worden losgewoeld of omvergeblazen zijn door stormwinden voeren ze tussen hun in elkaar grijpende wortels uitgestrekte eilanden met zich mee en raken dan recht overeind op drift. Met het takelwerk van hun enorme takken hebben ze onze vloten vaak angst aangejaagd wanneer de stroming ze schijnbaar met opzet tegen de boeg van onze 's nachts voor anker liggende schepen dreef. En dan was de enige oplossing een zeeslag met bomen aan te gaan'.

Na de bedijking van het IJ bleef dit binnenwater intact tot de aanleg van de IJ-polders (tussen 1873 en 1877) en het Noordzeekanaal (gereed in 1876). Ten westen van Amsterdam is er eigenlijk niets meer over van het IJ.

De bocht in het IJ waar u op uitkijkt en het smalle water is wat er rest. Ze zijn een restant van een gevarieerde geologische geschiedenis over duizenden jaren.



4

Geologische doorsnede over het IJ met het Stationseiland. Voor de zware onderdoorgang van de Noordzuidlijn is er gefundeerd tot onder de keileem.

Neem de pont terug naar het Centraal Station. Wanneer u wilt kunt u nog een blik werpen over de bocht in het IJ vanaf het busstation aan de IJ-zijde van het Station. Neem hiervoor een van de roltrappen naar boven. Loop vervolgens het Station in.

2. STATIONSEILAND

Het Centraal Station is tussen 1882 en 1889 gebouwd op een kunstmatig eiland: het Stationseiland. Het besluit tot aanleg van het Stationseiland werd in 1869 pas na veel discussie genomen omdat het mooie uitzicht op de stad vanaf het water zou verdwijnen. Wat men bij de aanleg van het eiland niet wist is dat het precies ligt boven de tot circa 30 meter -NAP ingesneden geul van het Oer-IJ estuarium (zie 4.1 en 4.2). Deze geul is opgevuld met slappe klei en verslagen veen, en bezit dus geen draagkracht. Maar dat was in 1882 niet bekend () 4). Vandaar dat bij de aanleg van het eiland grote hoeveelheden zand in de ondergrond zijn weggezakt en men steeds maar weer opnieuw zand moest aanvoeren. Uiteindelijk is het eiland opgehoogd tot enkele meters boven NAP. Maar het oppervlak zakt nog steeds. Sinds de aanleg ongeveer 20 centimeter; dat is vervelend voor een treinstation dat immers zo stabiel mogelijk moet liggen.

Bij de bouw van het station zijn naar men zegt 8687 houten palen gebruikt om het geheel te funderen. Omdat er geen draagkrachtige laag gevonden werd heeft men het station 'op kleef' gefundeerd (zie 3.4) tot ver in de onderliggende klei. Op tot 20 meter lange palen bestaande uit 2 op elkaar gemonteerde houten heipalen.



5

Gietijzeren pilaren gemaakt van Nederlands ijzeroer.

Het gietijzer dat men voor de overkapping en de pilaren () 5) heeft gebruikt heeft een bijzondere herkomst. Het ijzer is gemaakt van inlands ijzererts: moerasijzererts dat afkomstig was uit Nederlandse beekdalen. In de beekdalen in Drenthe en Overijssel kwamen bijna overal dikke platen moerasijzererts (voornamelijk ijzerhydroxide) voor als gevolg van bodemvorming (podsolen) op de zandgronden waarbij het in de bodem opgeloste ijzer via kwelstromen in de beekdalen terecht kwam en hier oxideerde tot ijzeroer. Dit oer is plaatselijk ook gebruikt als bouwsteen voor enkele kerken in Oost-Nederland.

Voor de aanleg van het metrostation van de Noordzuidlijn onder het Centraal Station heeft men zich, gezien het grote gewicht van de constructie, veel moeite moeten getroosten om een goede funderingslaag te vinden.

Direct onder de met slappe klei opgevulde geul van het Oer-IJ liggen namelijk een aantal dikke veel oudere kleilagen die hier tussen 150.000 en 110.000 jaar geleden zijn gevormd en waarvan de onderkant op ongeveer 60 meter -NAP ligt (zie 4.6). Men heeft daarom voor de aanleg van het metrostation betonnen funderingspalen gebruikt met een lengte die tot circa 60 meter -NAP reikt () 4).



6

Een dijkpeilsteen of Huddesteent.

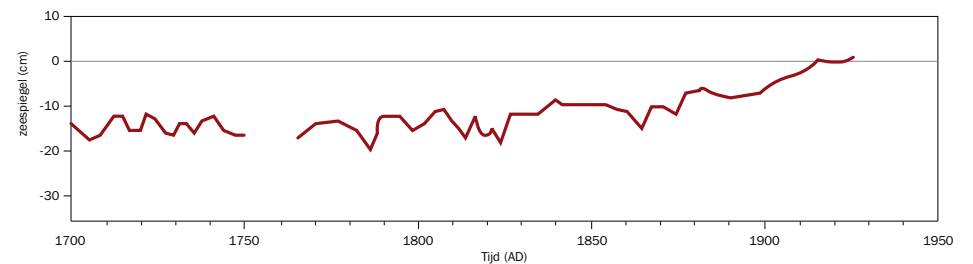
Verlaat het Centraal Station en loop langs de gevel naar het oosten. Steek vervolgens de brug over (de Kanderbrug) in de richting van de Schreierstoren en volg de voormalige IJ-oever. Wanneer je bij de volgende brug aan de linker zijde bent aangekomen zie je in de bocht van de kademuur een ingemetselde witte marmeren steen van ca. 25x60 cm: een zogenaamde Huddesteent of dijkpeilsteen.

3. HUDESTEEN

In de 17e eeuw werden de hoge waterstanden in het IJ bij noordooster stormen een groot probleem voor Amsterdam. Hierbij werd het water in het IJ meerdere meters opgestuwd. Als gevolg hiervan traden er regelmatig overstromingen op in Amsterdam. Nadat er in 1675 weer een grote overstroming had plaatsgevonden besloot het stadsbestuur de waterkering te verhogen. Deze was in 1682 gereed.

In 1683 gaf Burgemeester Hudde opdracht om de eb- en vloedstanden ten opzichte van het stadspeil dagelijks te gaan meten. Daartoe werd op acht plekken in de kademuuren van het IJ wit marmeren stenen (gehouwen uit het kostbare Carrara marmer) ingemetseld met een peilmerk. Het peilmerk bestond uit een horizontale gleuf die de 'zeedykshooghte' aangaf () 6). Deze hoogte lag 'negen voet en vijf duim' boven het stadspeil (waarschijnlijk de gemiddelde vloedstand). Vanaf dat moment werd regelmatig de afstand tussen peilmerk en wateroppervlak gemeten. Deze metingen zijn gedurende enkele honderden jaren uitgevoerd, tot aan het midden van de 20e eeuw. De gemiddelden van deze metingen laten de zeespiegelstijging te Amsterdam zien. Van het ontbrekende deel rond 1750 zijn de gegevens zoek geraakt. De meetreeks is de oudste en dus ook de langste ter wereld () 7).

In de loop van de 18e eeuw werd het peil van Amsterdam door middel van waterpassing



7.

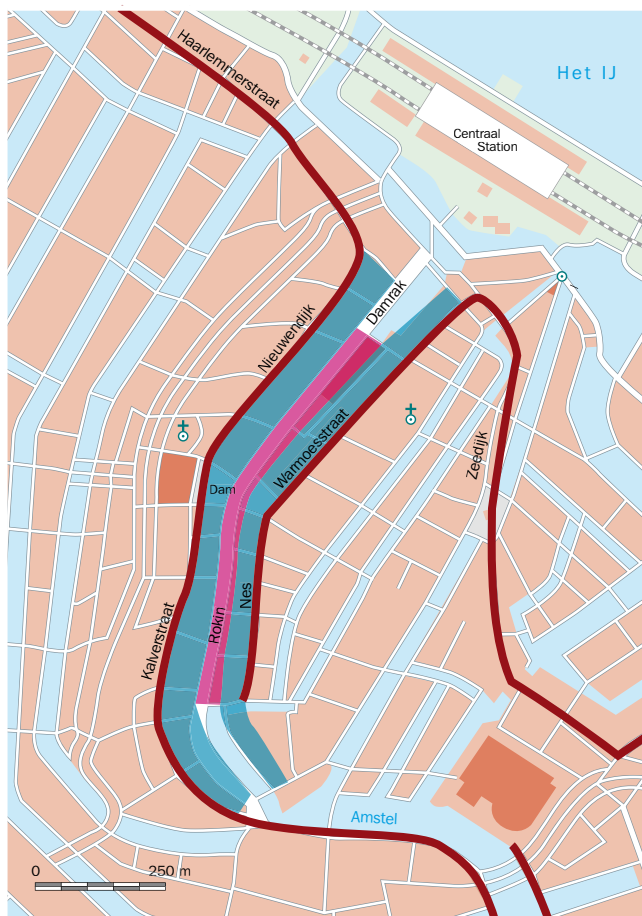
De stijging van de zeespiegel in Amsterdam vastgelegd aan de hand van de metingen aan de Huddestenen.

verspreid over de omliggende gebieden die daarvoor nog een eigen peil bezaten. Zo nam in 1707 Rijnland dit peil over, in 1737 Leiden, in 1747 Woerden en in 1748 Muiden. Vanaf de Bataafse en Franse Tijd werd het peilmerk in heel Nederland ingevoerd en zelfs daarbuiten. Zo sloot in 1879 Pruisen zich bij dit peil aan.

Het peilmerk van deze stenen heeft aan de basis gestaan van het later ingevoerde Normaal Amsterdams Peil (NAP): het nulpunt van de hoogtemetingen. Het peilmerk van de Hudde of dijkpeil stenen is in 1953 overgebracht naar een bronzen bout aan de bovenkant van een 22 meter lange, diep in de bodem geheide betonnen paal onder de Dam. De plek, vlak voor het Koninklijk Paleis, is aangegeven door middel van een rond putdeksel met het opschrift NP XXX. Daar ligt op een halve meter diepte, het nulpunt of de referentie hoogte van het NAP. Het heeft hier een hoogte van 1,43 cm –NAP. Men heeft zo diep gefundeerd, tot in de 2e zandlaag, om een zo stabiel mogelijke situatie te krijgen (zie 3.4 en 4.5).

Op een geologische tijdschaal gezien is ook dit niveau niet echt stabiel. Door bodembewegingen, die overal in Nederland optreden, zakt de ondergrond van Amsterdam gemiddeld met ongeveer 1 centimeter per eeuw.

In 1988 is er een meer ceremonieel nulpunt aangebracht in de Stopera in Amsterdam (zie excursiepunt 14).



■ aangeplempte grond (Middeleeuws) ■ dijk
■ opgeulde Amstel (19e eeuw)

8

De dijken langs Amstel en IJ en de aangeplempte gebieden in de Amstel.



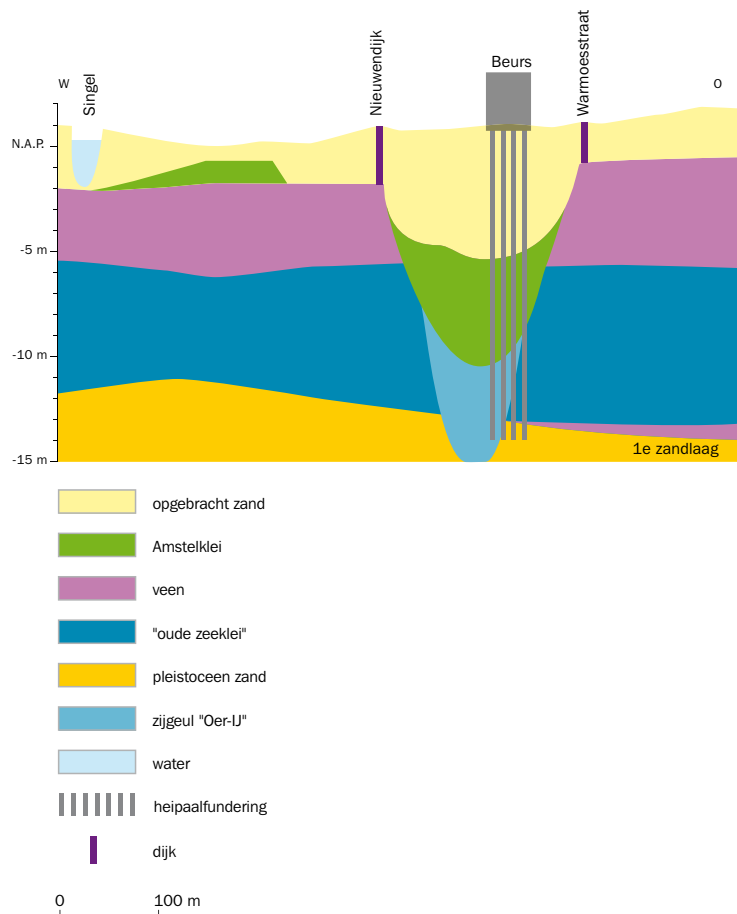
9

De hogere ligging van de Zeedijk is op deze foto goed te zien.

Keer terug naar de Schreierstoren, die behoorde bij de 15e eeuwse omwalling, en steek hier de Prins Hendrik kade over. Ga rechts van de toren de Oudezijdsdijk op. Aan het einde van de Oudezijdsdijk komt u bij de Zeedijk.

4. ZEEDIJK EN AMSTELDIJK

Langs het IJ en de Amstel werden vanaf de middeleeuwen dijken aangelegd (8; zie 3.1). Deze staken oorspronkelijk meerdere meters boven het oppervlak uit. Maar door het ophogen van het veengebied met zand ging het reliëf van de dijken steeds meer verloren. Maar de hogere ligging is op veel plaatsen nog goed te zien. Zo ziet u dat de Zeedijk en verderop de Warmoesstraat (de oostelijke Amsteldijk) en de Nieuwendijk (de westelijke Amsteldijk) nog steeds wat hoger liggen dan de omgeving (9).



10

Doorsnede over de Amstel ter hoogte van het Beursplein.
De fundering van de Beurs van Berlage reikt aan de westzijde niet tot in de eerste zandlaag.

Sla op de Zeedijk rechtsaf en let op het hoogteverschil. Na ongeveer 200 meter slaat u linksaf via de Sint Olofspoorsteeg richting Warmoesstraat. U volgt de Warmoesstraat en slaat na ongeveer 300 meter rechtsaf, de Oudebrugsteeg in.

Na ongeveer 50 meter ziet u rechts het laatste deel van de Amstel voordat die in het IJ uitmondt. Links ziet u de Beurs van Berlage.

5. OPHOGEN EN AANPLEMPEN

De strook bebouwing die u rechts ziet, en die binnendijks bovenop de Amstelsedimenten ligt, is door aanplempen (ophogen met aarde) in de Middeleeuwen aangelegd. Hierdoor werd een groter areaal aan het te bebouwen gebied binnen de stadsmuren gecreëerd. Deze aangeplempte zones met een breedte van 50-80 meter vind je langs de dijken aan weerszijden van de Amstel over de gehele lengte van de Middeleeuwse stad (↔ 8). Vandaar dat de Amstel in Amsterdam binnen de 15e eeuwse stad (voor zover niet gedempt) veel smaller is dan daar buiten.



11

Een van de vele scheuren in de gevel van de Beurs van Berlage.

6. BEURS VAN BERLAGE

Het stuk Amstel tussen de Beurs van Berlage en het Spui is in de 19e eeuw opgevuld met zand. Om de stank tegen te gaan en vanwege verkeerstechnische redenen. Het Damrak was tot die tijd een deel van de haven van Amsterdam.

De Beurs van Berlage is tussen 1898 en 1903 gebouwd. Men zegt dat er 9.000.000 bakstenen gebruikt zijn voor de bouw van dit imposante gebouw. Om al die stenen van klei te bakken was een 1 meter dikke laag klei nodig met een oppervlakte van 100x100 meter. En dan wel rivierklei, want zeelei is vaak minder geschikt voor het bakken van stenen.

Het bouwwerk ligt boven het opgevulde stuk van de Amstel en ligt nog wat verder naar het centrum van de voormalige Amstelloop dan de aangeplempte stukken langs de rivier.

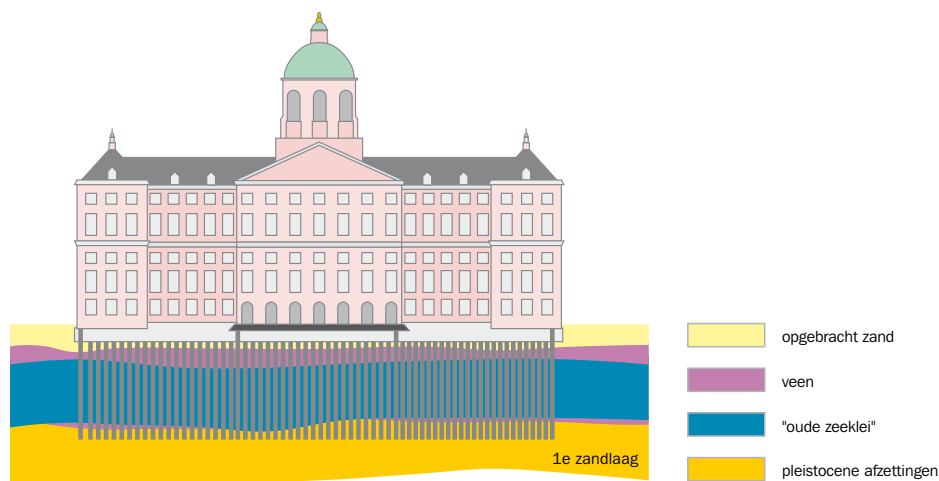
De Amstel is over het algemeen niet meer dan 8-9 meter diep ingesneden en reikt dus niet tot het funderingsniveau (de eerste zandlaag). Maar hier ligt onder de Amstel een voormalige zijtak van het Oer-IJ die veel dieper in de ondergrond is ingesneden. Door de 1e zandlaag, en tot enkele meters in de 2e zandlaag (zie 3.4). Daardoor ligt het funderingsniveau hier, midden boven de voormalige Amstel, enkele meters lager dan de normale diepte van 10-12 meter (↔ 10).

Bij de bouw van de Beurs had men hier geen weet van. Vandaar dat de palen aan de oostzijde van de Beurs nog wel de juiste lengte hadden, maar aan de westzijde niet meer. Hier waren de palen te kort. Als gevolg hiervan begon de Beurs meteen na oplevering van het gebouw weg te zakken naar het westen. Met als gevolg dat er veel scheuren in de gevels van de Beurs zichtbaar zijn (↔ 11), vooral aan de noordzijde van het gebouw (zie 3.4).



12

Bremerzandsteen in het paleis op de Dam.



13

Het paleis op de Dam en zijn fundering van 13659 palen.

We vervolgen de wandeling in de richting van de Nieuwendijk. Als je hier de breedte van de Amstel binnen de dijken meet en die vergelijkt met de afstand tussen de dijken bij de Stopera, dan zie je dat de monding van de Amstel een trechtersvorm heeft wat duidt op getijdewerking in het verleden (zie excursiepunt 13). Op de Nieuwendijk aangekomen gaan we linksaf, richting Dam.

7. DAM

De Dam ontstond tussen 1265 en 1275 door aanleg van een uitwaterende sluis in de Amstel (zie 2.1).

Op de Dam zijn verschillende aardkundig interessante verschijnselen te zien.

In de eerste plaats de natuursteen die gebruikt is bij het door Jacob van Campen ontworpen stadhuis (paleis) dat tussen 1648 en 1665 is gebouwd. Het stadhuis is opgetrokken uit Bentheimerzandsteen (12) en Bremerzandsteen, respectievelijk genoemd naar de plaatsen Bentheim en Bremen in Duitsland (Bremerzandsteen heet zo vanwege de aanvoerhaven, de steen komt uit de Bückeberge). Beide zandsteensoorten dateren uit het Onder Krijt; ze werden gevormd uit kustnabije zeeafzettingen. Het timpaan van het stadhuis is gemaakt van Carrara marmer. Eén van de meest zuivere marmersoorten uit noord-Italië waar Michelangelo al gebruik van maakte.



14

Travertijn in het Nationaal Monument.



15

Graniet als bestrating op de Dam.

Door het grote gewicht van het gebouw zijn er enorm veel heipalen gebruikt: volgens de overlevering 13659 (13). Omdat alle oudere gebouwen in Amsterdam op houten palen staan zijn er in de stad tienduizenden palen gebruikt. Men zegt dan ook wel dat het dichtste bos in Nederland onder Amsterdam ligt: op iedere m2 staat wel een boom.

Er zijn nog meer soorten natuurstenen te zien op de Dam: travertijn (zoetwater kalksteen gevormd in warme vulkanische bronnen) in het Nationaal Monument (14) en graniet (een stollingsgesteente, door stolling van magma diep in de aarde ontstaan) uit Portugal in de straatsteentjes op de Dam (15).

Op de overgang van Dam naar Rokin stond ooit de beurs van Hendrik de Keyser, de eerste beurs ter wereld. Het gebouw uit 1611 was gefundeerd op aan elkaar bevestigde eikenhouten palen met een totale lengte tot 18 meter. Maar door verzakkingen, mogelijk vergelijkbaar met die van de Beurs van Berlage, was men genoodzaakt deze beurs af te breken in 1835.



16

Het trapje bij de uitgang van het Begijnhof.

Vanaf de Dam lopen we de Kalverstraat in. Deze is gelegen op de westelijk Amsteldijk. Na ongeveer 250 meter zien we rechts de Sint Luciensteeg. Enkele tientallen meters verder ligt aan onze rechterhand de ingang van het Amsterdams Historisch Museum. We gaan hier naar binnen, passeren een klein pleintje en gaan dan linksaf, via een gang met schuttersstukken, naar de Gedempte Begijnsloot. Na een paar honderd meter gaan we rechtsaf het Begijnhof in. Mocht de Schuttersstukkengalerij gesloten zijn loop dan via de binnenplaats naar de Gedempte Begijnsloot.

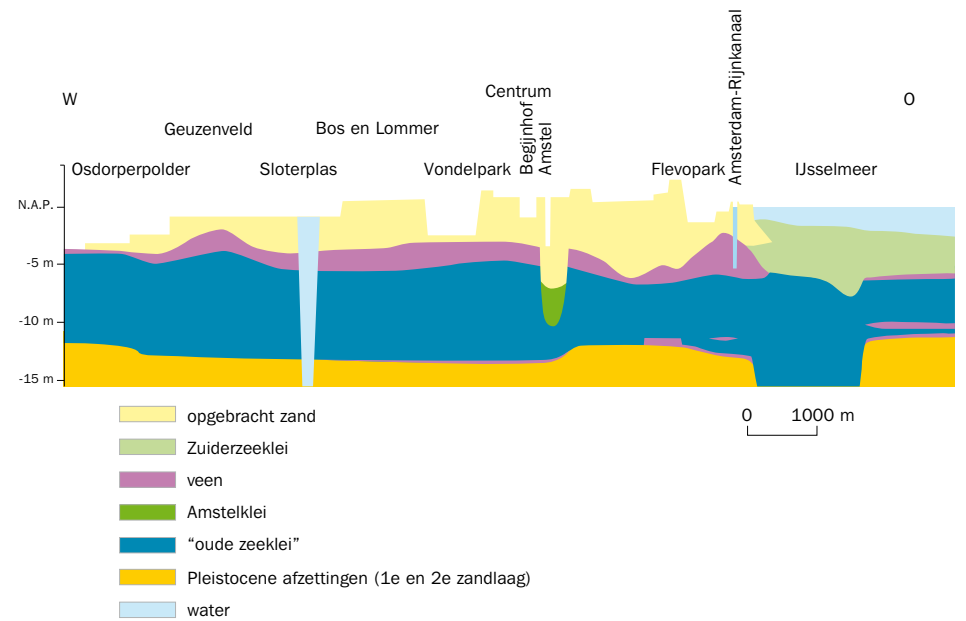
8. BEGIJNHOF

Het Begijnhof is bewoond vanaf ongeveer 1350 en lag dus binnen het oudste deel van Amsterdam.

Wanneer u bij het naar binnen lopen goed om u heen kijkt dan blijkt dat het oppervlak van het Begijnhof ongeveer 1 meter lager ligt dan de omgeving. Dat ziet u vooral goed bij het verlaten van het hofje via de trap bij het Houten Huis () 16) dat dateert uit ca. 1528. Het is één van de oudste gebouwen van de stad.

Het hoogteverschil dat u bij het trapje ziet komt omdat men na de bouw van dit hofje meer zand op het veen aanbracht dan in de perioden daarvoor.

Men begon al met ophogen van het natuurlijke oppervlak van klei en veen bij de eerste aanleg van de stad. Maar vooral vanaf de 19e eeuw werd er bij de stadsuitbreidingen op grote schaal



17

Dikten van het ophoogzand in Amsterdam.

zand op het veen aangebracht. Dat was om ziekten als malaria te bestrijden, maar ook om de aanleg van trottoirs, riolering en leidingen te vergemakkelijken.

In een profiel () 17) over de stad kunt u zien dat er overal grote hoeveelheden zand zijn opgebracht, variërend van 1 tot 5 meter. Vooral in latere perioden, aan de randen van de stad, is men steeds minder zand op gaan brengen vanwege de kosten en vanwege het feit dat dikke lagen zand de neiging hebben in het veen weg te zakken. Hierdoor zijn de kosten van onderhoud van bestrating en rioleringen erg hoog.

In het profiel is goed te zien dat het Vondelpark vrijwel niet is opgehoogd met zand. Dat geldt voor alle parken in de stad. Ze liggen dan ook enkele meters lager dan hun omgeving (zie 3.2 en 3.3).



18

De ligging van de oeverwallen aan weerszijden van de Amstel en de Middeleeuwse stadsuitbreidingen.

Verlaat het Begijnhof via het trapje bij het Houten huis. U komt uit op het Spui. Het Spui vormde de begrenzing van de stad tot in de 16e eeuw. U steekt het Spui over en loopt naar de overkant, naar het Maagdenhuis, het bestuurlijk centrum van de Universiteit van Amsterdam

9. STADSUITBREIDINGEN

Wanneer u bij het Maagdenhuis boven op de toegangstrap gaat staan, ziet u rechts de Kalverstraat die op de westelijke Amsteldijk ligt. Voor u, links van het Begijnhof, ligt de Nieuwezijds Voorburgwal. Deze volgt de oudste omwalling van Amsterdam uit 1350. Ongeveer 30 meter meer naar links ligt de Spuistraat, de stadsgrens van 1382. Nog eens 50 meter verder naar links, u kunt dat net niet meer zien vanaf hier, ligt de Singel. Die vormde de stadsgrens vanaf 1425.

Duidelijk is te zien dat bij de opeenvolgende stadsuitbreidingen telkens een smalle strook, die de kromming van de Amstel volgt, werd toegevoegd aan de stad. Al deze Middeleeuwse stadsuitbreidingen vonden steeds plaats op de 300-500 meter brede laag klei (oeverwal) die op het veen langs de Amstel aanwezig was. De aanwezigheid van deze oeverwal (zie 2.2 en 4.3) maakte het bouwen en wonen langs de Amstel aantrekkelijker. () 18).

Latere stadsuitbreidingen vanaf de 17e eeuw vonden plaats op het veen buiten de oeverwallen.



De 'kerkonrust' in de Oude Lutherse Kerk als gevolg van de aardbeving bij Düren in 1756.

19

De 'kerkonrust' in de Oude Lutherse Kerk als gevolg van de aardbeving bij Düren in 1756.

Vanaf het Maagdenhuis loopt u ongeveer 100 meter naar het westen, richting Singel. Hier komt u bij de Oude Lutherse Kerk, nu Aula van de Universiteit van Amsterdam.

10. DE AARDBEVINGEN VAN DÜREN EN LISSABON

De Oude Lutherse kerk is gebouwd in 1632-1633. In het jaar 1756 vond er bij Düren in Duitsland, op een afstand van ruim 200 kilometer van Amsterdam, een sterke aardbeving plaats. De aardschok werd op veel plaatsen in Nederland gevoeld. Zo gingen in Kampen de kerkklokken luiden. Doordat de zich langs de oppervlakte bewegende schokgolven boven de slappe ondergrond van Amsterdam wat werden versterkt ('opgeslingerd') begon de Oude Lutherse Kerk te schudden en te trillen en gingen de kroonluchters slingeren. Er ontstond paniek onder de kerkgangers waarbij dames flauw vielen en jonge kerkgangers zich van de gaanderij via pilaren naar beneden lieten glijden. Deze gebeurtenis werd op een prent vastgelegd () 19).

Een jaar eerder was er een sterke aardbeving in Lissabon (kracht 9 op de schaal van Richter) waardoor een groot gedeelte van Lissabon werd verwoest en er ook veel inwoners door een tsunami om het leven kwamen.

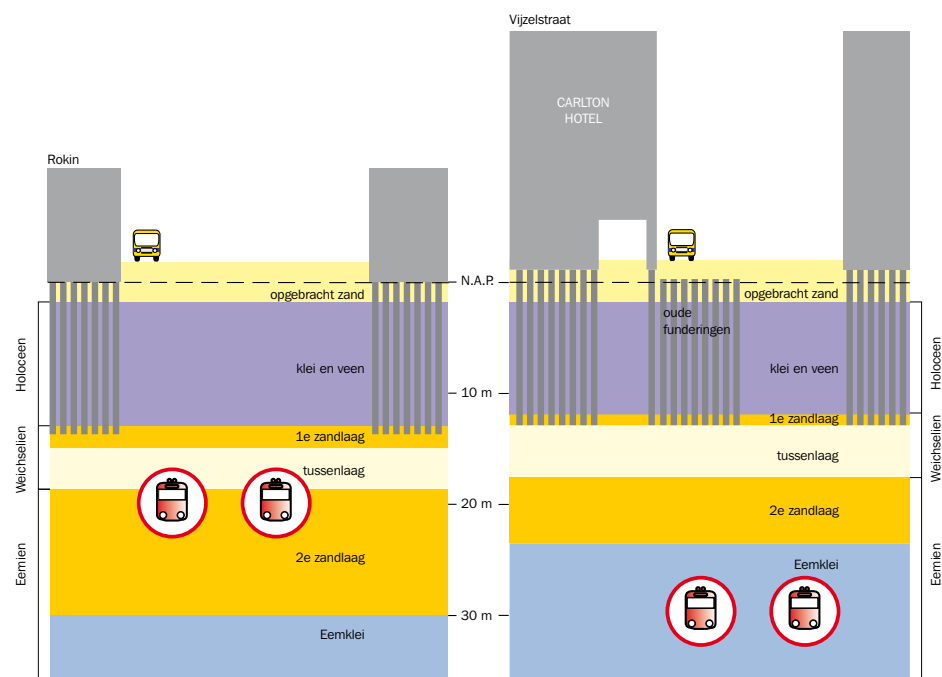


20

De waterschudding op de Haarlemmermeer in 1755 als gevolg van de aardbeving in Lissabon.

Door hetzelfde proces van opslingeren ontstonden er op een afstand van 1800 kilometer van Lissabon staande golven op het Haarlemmermeer (↗ 20). In een verslag uit die tijd staat:

'des morgens omstreeks elf uren, met stil schoon weer en een noord-oosten wind, terwijl de Barometer ruim dertig Engelsche duimen en de Thermometer van Fahrenheit omtrent zes en veertig graden teekende, bespeurde men eensklaps eene sterke schommelende beweging in rivieren, meeren, vaarten, grachten, vijvers en slooten. Op sommige plaatsen rees het water tot regtstandige hoogte van drie en vier voeten. Duidelijk was deze beweging te onderscheiden van de golving of kabbeling, die door den wind op de oppervlakte wordt teweeg gebracht, ook bleek zij geheel uit den grond op te komen, niet slechts door het opborrelen van bellen en blazen, het opschieten van modder en slijk, maar ook door het opkomen van balken, ankers en andere zware ligchamen, bevorens onder het water bedolven. Het geweld dier schudding was op enige plaatsen zo sterk, dat de touwen der vaartuigen braken, de vaartuigen zelve als over staag sloegen en op het land geraakten. Nauwelijks konden zij, die het water gezien hadden geloof slaan aan de eerste berigten van dit verschijnsel, zo weinig scheen de grond zelve te hebben deelgenomen aan deze schudding'.



21

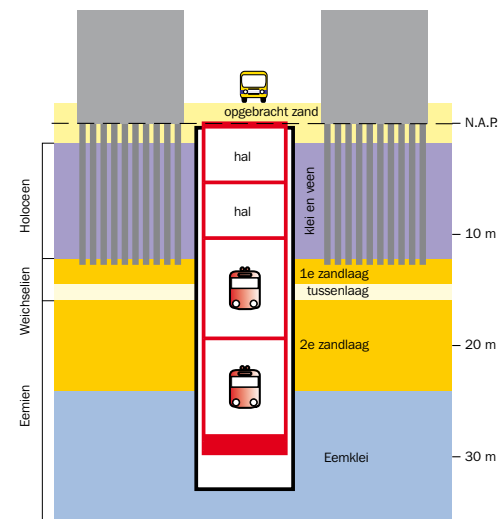
De ligging van de metrobuizen onder het Rokin en de Vijzelstraat.

We vervolgen de wandeling in de richting van de Kalverstraat en volgen het Spui tot aan het Rokin. Hier steekt u het Rokin over. Links ziet u het begin van de opvulling van de Amstel, rechts het nog niet opgevulde deel. Maar ook hier met de aangeplempte stukken op de Amstelafzettingen.

11. NOORDZUIDLIJN

De Noordzuidlijn ligt onder het Rokin op een diepte van ongeveer 20 meter. Even verderop buigt de lijn af om onder de Munttoren door in de richting van de Vijzelstraat te gaan. Vanwege de diepte van bestaande funderingen moeten de metrobuizen hier een duik maken, tot ongeveer 30 meter -NAP, om zo min mogelijk schade aan te richten bij de Munttoren en de naast gelegen brug () 21).

In 2009 is bij de aanleg van het metrostation Vijzelgracht verzakking en veel schade opgetreden. De oorzaak was dat er bij de aanleg van een metrowand lekkage ontstond en er water met zand uit de funderingslaag (de eerste zandlaag) verdween. Hierdoor verloor het funderingsniveau zijn draagkracht wat verzakkingen aan de naastgelegen huizen tot gevolg had.



22

Het toekomstige metrostation in de Ferdinand Bolstraat.

Nog weer verderop is het bij het Station Centuurbaan /Ferdinand Bolstraat noodzakelijk de twee buizen boven elkaar aan te leggen omdat er, gezien de bestaande funderingen, niet voldoende ruimte is om ze naast elkaar te plaatsen () 22).

Geologisch interessant is dat men bij de aanleg van de Noordzuidlijn er rekening mee heeft gehouden om niet te dicht bij de gashoudende Laag van Harting (zie 4.6) te komen om vrijkomen van methaangas- met alle mogelijke gevolgen van dien- te voorkomen. Deze diatomeeënlaag ligt hier, onder het Rokin, op 40 meter -NAP.

De aanleg van deze metrolijn is vanwege de lithologisch gevarieerde en weinig draagkrachtige ondergrond van Amsterdam maar ook vanwege de overall aanwezige funderingspalen moeilijk en kostbaar (zie 3.5).

V A N

AMSTERDAM.

Amsterdam is gelegen in Amstel, een gedeelte van Holland, aan de stroom, het 7e, op twee en vijftig, en een halve graden, behoorden de *Lanae Equinoctialis*, dat is de *Staddeleijp*, op een hege, weeke, broekachtige, moerassige Veen-grondt, doch onder valter, gelijk in dit volgende ver- toog, tot op twee hondert, en twee en dertig voeten diepte, te zien is.

In 't Jaar duysent ses hondert vijf, de selfsde dagh van Julius, is door *Peter Pietersz. Ente*, een Put geboort, in 't oude Mannen en Vrouwen Gall-huys, binnen de Stad *Amsterdam*, welker diepte is gekomen tot twee hondert en twee en dertigh voeten, zijnde om't met twee en dertigh voeten die- per, als de Toorn van de oude Kerck hoog is.

Waar in ook te sien is de verscheyde Stoffen, die uit de gemelde Put gekomen zijn, op 't dag, werden gesels.

d'Eerste dagh sijnde Don- derdag geboort	51	Voeten, te weten,	<ul style="list-style-type: none"> 7 Voeten gehoogde aerde. 9 Voeten dary en veen. 9 Voeten weeke klay. 8 Voeten zandt. 4 Voeten aerde. 10 Voeten klay, tamelijk hard. 4 Voeten aerde.
De tweede dagh Vrydagh	22	Voeten, te weten,	<ul style="list-style-type: none"> 10 Voeten zandt, daar Amstel- redam meest op grondt en daar op gebeyt wort. 2 Voeten heele blauwe klay. 4 Voeten wit zandt. 5 Voeten zavel aerde. 1 Voet mollem.
De derde dagh Saturdagh,	14	Voeten, welk anders niet dan zandt was.	
De vierde dagh Sondagh,	12	Voeten, te weten,	<ul style="list-style-type: none"> 9 Voeten eerst zand met klay vermengt, daar na schel- pen en horentjes. 3 Voeten harde klay, fomwyl met hayr en schelpen ver- mengt.
De vijfde dagh Maandag,	27	Voeten harde klay, fomwyl met hayr en schelpen.	
De sesde dagh Dinghidagh	16	Voeten, te weten,	<ul style="list-style-type: none"> 6 Voeten harde klay, vermengt met hayr en schelpen. 10 Voeten harde klay.
De zevende dagh Woensdag	14	Voeten harde klay,	
De achtfde dagh Dondersdag	14		
De negende dagh Vrydag,	11		
De tiende dagh Saturdag	9		
De elfde dagh Maandag,	1		
De twaalfde dagh Dinghidag	10	Voeten, te weten,	<ul style="list-style-type: none"> 7 Voeten harde klay. 3 Voeten zandt met steenkens vermengt
De dertiede dagh Woensdagh	3	Voeten, te weten,	<ul style="list-style-type: none"> 2 Voeten zandt met steenkens vermengt. 1 Voet zant alleen.
De veertiende Donderdag	5	Voeten, anders niet dan zandt.	
De vyftiede Vrydagh,	6		
De seftiende Saturdagh,	5		
De seventiende Maandag	4		
De achthiende Dinghidag,	3		
De negentiende Woensd:	2		
De twintigste Donderdag	2		
De een- en - twintigste Vrydagh.	1		

Samen in alles diep, 232 voeten.

We steken het Rokin over en vervolgen de wandeling langs de Grimburgwal. We passeren nu de achtereenvolgende stadsuitbreidingen aan deze kant van de Amstel. Aan het einde van de Grimburgwal gaan we linksaf de Oudezijds-Achterburgwal op en daarna meteen weer rechtsaf, de Oudemanhuispoort in.

12. OUDEMANHUISPOORT

Amsterdam heeft lange perioden gekend dat er problemen waren met het drinkwater. Dat kwam vooral omdat het water in de grachten vanaf ongeveer 1500 sterk verontreinigd was (zie 3.6). Men heeft dan ook meerdere pogingen ondernomen om door middel van het slaan van putten aan goed drinkwater te komen, niet wetend, dat het diepere grondwater voornamelijk brak is. De eerste poging hiertoe werd in 1605 ondernomen door Pieter Pieterszoon Ente die ergens in het gebied rond de Oudemanhuispoort een boring heeft gezet tot een diepte van 232 Amsterdamse voeten (ongeveer 73 meter; 'zo diep als de toren van de Oude Kerk hoog is'). We weten niet precies wat voor boormethode hij heeft gebruikt, maar het bijzondere is dat voor het eerst de sedimenten die bij de boring naar boven kwamen, werden beschreven (23). Waarschijnlijk uit wetenschappelijke nieuwsgierigheid.

Uit de beschrijving van de zandlagen met schelpen ('horentjes') kun je de zeeafzettingen uit het Eemien, een met de huidige tijd vergelijkbare warme periode terugvinden, maar ook de keileem aan de onderzijde van het glaciële bekken, die als 'zandt met steenkens vermengt' wordt beschreven (zie 4.4, 4.5 en 4.6).

De beschrijving van het sediment dat men in de boring tegenkwam was zo bijzonder dat veel geleerden langs zijn gekomen om de resultaten te bestuderen. Mede op grond van het voorkomen van een laag met zeeschelpen op een diepte van 30-42 meter concludeerde de geograaf Varenius (1622-1650) dat hier vroeger zee moest zijn geweest. Hij was de eerste die, na de klassieken zoals Ovidius, weer uitging van een dynamisch wereldmodel met een zich verplaatsende zee. Ook Steno (1638-1686) was waarschijnlijk op de hoogte van de Put van Amsterdam. Zijn 'stratigrafisch principe' berustte mogelijk mede op de gegevens van deze put. Tot vele eeuwen na het boren van 'de put van Amsterdam' werd deze in aardkundige literatuur nog vermeld: Buffon (1749), Hutton (1795) en Lyell (1873).

De exacte locatie van de boring is helaas niet meer bekend.



24

Zicht op het rechte stuk van de Amstel naar het zuiden.

We vervolgen de wandeling richting Kloveniersburgwal. We gaan hier rechtsaf en vervolgens bij de eerste brug weer linksaf, de Staalstraat in. Deze vervolgen we en gaan na de brug over de Zwanenburgwal rechtsaf, langs het beeld van Spinoza. We komen zo langs de Amstel lopend bij een brug: de Blauwbrug. Vanaf de Blauwbrug hebt u een mooi uitzicht op de Amstel.

13. DE AMSTEL

Wanneer u vanaf de brug naar het zuiden kijkt, dan ziet u dat de Amstel vrijwel recht loopt tot aan de Utrechtse Brug (↗ 24). Naar het noorden ziet u dat er een grote natuurlijke bocht (meander) in de Amstel ligt (↗ 25).

Volgens sommige historisch geografen is het rechte stuk van de Amstel tussen de Blauwbrug en de Utrechtse Brug gegraven. Geologisch onderzoek wijst echter op een natuurlijke loop, die echter wel rechtgetrokken is. Dat laatste is vooral binnen de 17e eeuwse stadsuitbreiding het geval.

De Amstel ontstond circa 3000 jaar geleden als een van de vele zijtakken van de benedenloop van de Rijn (zie 4.3). Via de Angstel en Kromme Rijn stond de Amstel hiermee in contact. Via het IJ-estuarium (Oer-IJ) mondde de Amstel bij Castricum uit in de Noordzee.

In de beginfase van de geschiedenis van de Amstel werd er tijdens stormen op de Noordzee zout



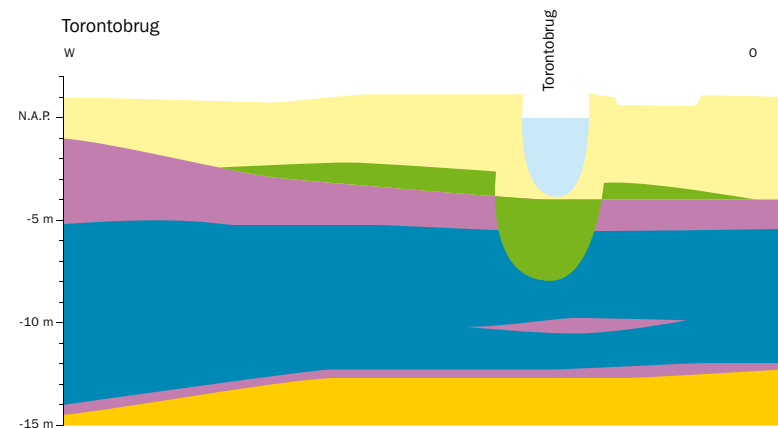
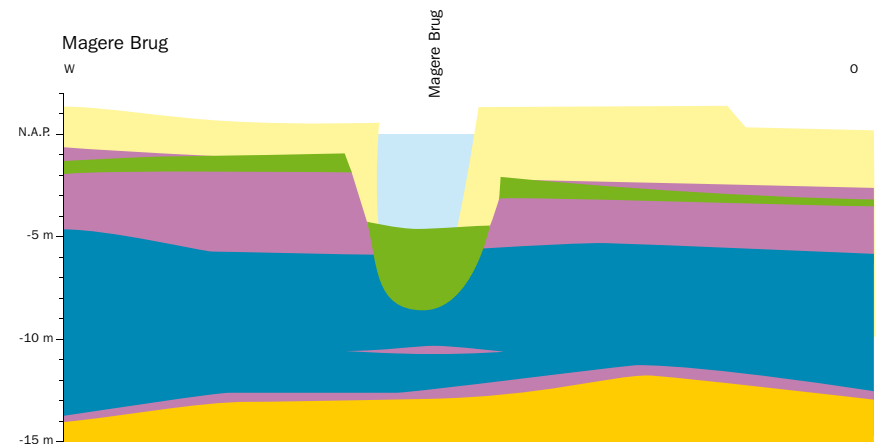
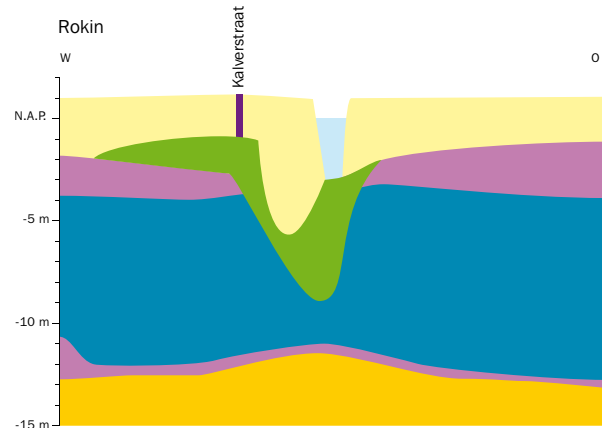
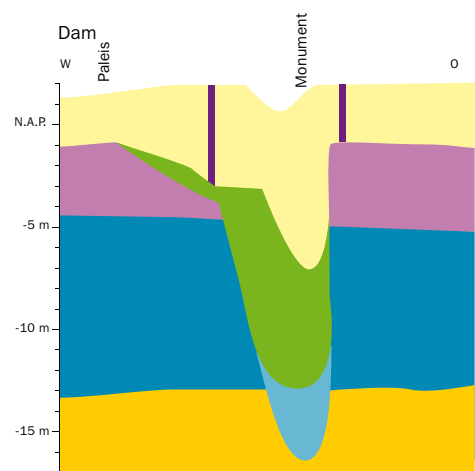
25

De meander in de Amstel gezien vanaf de Blauwbrug.

water via het estuarium de rivier opgestuwd tot voorbij Ouderkerk aan de Amstel.

In de Romeinse Tijd, tussen 15-50 na Chr., lag er een fort (castellum) met haven aan dit Oer-IJ estuarium, nabij Velzen. Het is goed mogelijk dat de Romeinen al over de Amstel hebben gevaren. Er zijn namelijk bij de aanleg van de metro-oostlijn een paar Romeinse munten met de beeltenis van keizer Vespasianus (69-79 na Chr), van keizer Constantinus II (355-360 na Chr) en een fibula (mantelspelt) uit het begin van de jaartelling gevonden op de oostelijke oever van de Amstel in Amsterdam.

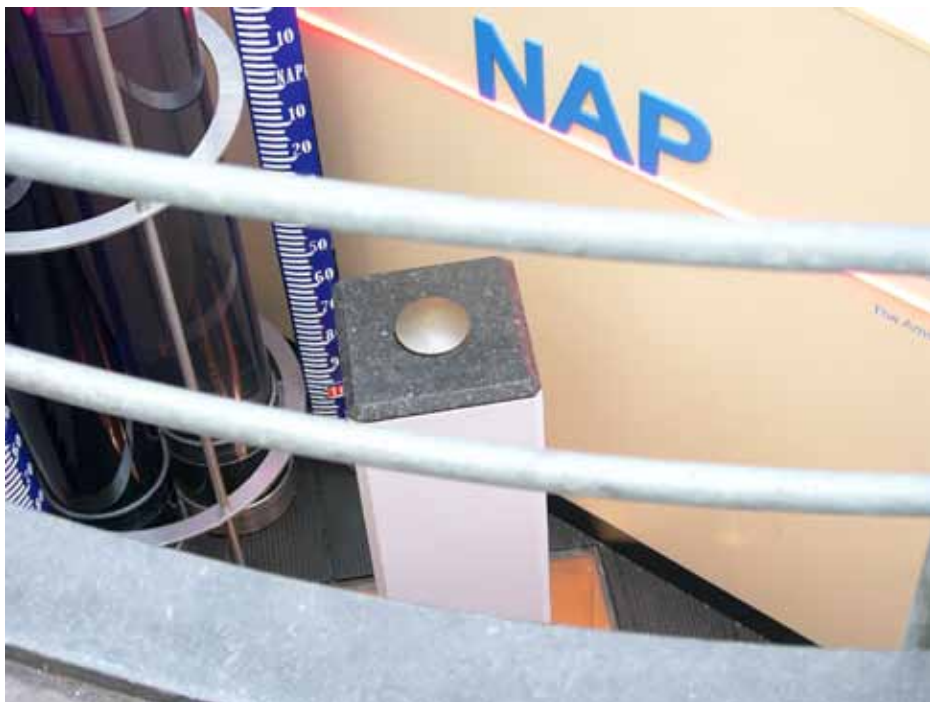
Na het dichtslibben van de monding van het Oer-IJ bij Castricum later in de Romeinse Tijd, vond de Amstel een uitweg via het Zuiderzeegebied, in die tijd nog een aaneenschakeling van meren in een uitgestrekt veengebied. Na de vorming van de Zuiderzee is er opnieuw brak water de Amstel opgestuwd maar minder ver dan tijdens de beginfase van de Amstel.



26

Een aantal doorsneden over de Amstel.

De Amstel heeft een rivierbed ingesneden tot ongeveer 8-9 meter -NAP, vanaf de Dam waarschijnlijk wat dieper. De riviergeul is vooral opgevuld met klei. Door overstroming van de Amstel is direct naast de rivier een dunne laag klei op het veen afgezet, een oeverwal (26). Vanaf circa 1000 AD zijn er dijken langs de Amstel en langs de Zuiderzee en het IJ aangelegd. Op het kaartje (8) is te zien dat bij de monding van de Amstel in het IJ de rivier beduidend breder is dan verder land inwaarts. Een dergelijk trechtervormige monding is typisch voor een rivier met getijde-invloed. Gedurende lange tijd is er klei uit de bedding van de Amstel ten zuiden van de stad gebaggerd en voor tal van doeleinden gebruikt. In 1554 werd dit verboden omdat men te dicht op de dijken klei wegbaggerde wat aanleiding zou kunnen geven tot dijkverzakkingen.



27

Het nulpunt (referentieniveau) van de hoogtemetingen in Nederland (0 meter NAP).

We verlaten de Blauwbrug en lopen weer terug tot aan de ingang van de Stopera. Hier gaan we naar binnen. Let op de fraaie rode kalkstenen op de vloer (Rojo Alicante), afkomstig uit Spanje. We gaan rechtdoor (langs de kassa's) en aan het einde van de gang rechtsaf. Na ongeveer 100 meter komen we bij het NAP monument.

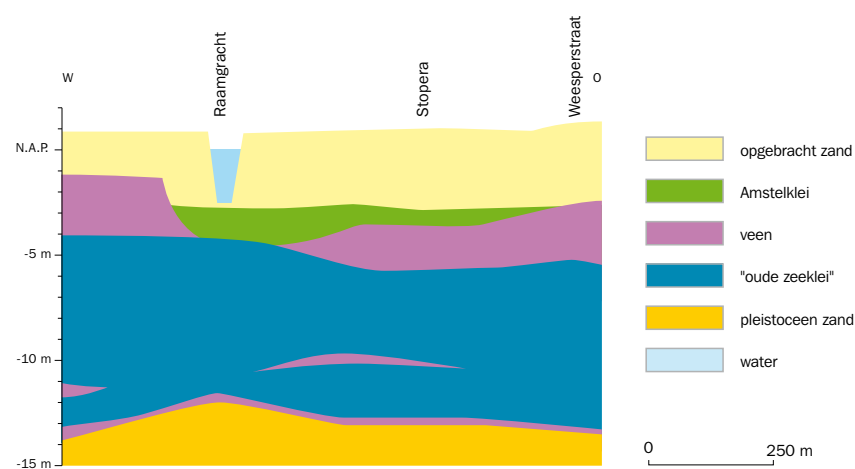
14. NAP MONUMENT

In 1988 is het nulpunt van de hoogte-meting in Nederland van de Dam overgebracht naar de Stopera. Hier kunt u uw hand op het nulpunt leggen () 27). Op de achterliggende wand ziet u een in natuursteen uitgevoerde versie van een geologische doorsnede door de ondergrond van Noord-Holland en Amsterdam.



28

Fossiele schelpen in kalksteen (hardsteen) uit het Carboon.



29

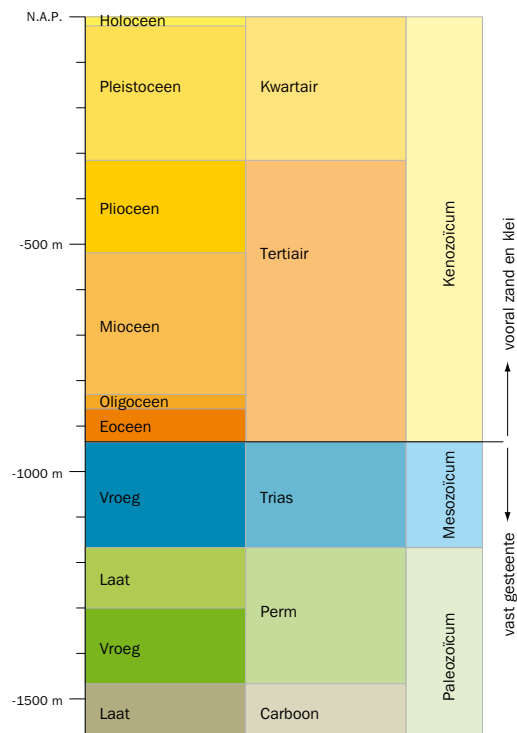
Doorsnede evenwijdig aan de Amstel bij de Stopera. De insnijding van de Amstel ontbreekt hier (zie) 26).

Verlaat de Stopera en loop via de vlooienmarkt op het Waterlooplein terug naar de Zwanenburgwal. Ga hier rechtsaf naar de Jodenbreestraat. Wanneer u het natuurstenen trapje oploopt naar de Jodenbreestraat ziet u in de treden fossielen van schelpen. Door de verschillende wijzen van doorsnijden is er een grote variatie aan vormen te zien. Het betreft een schelpensoort (Brachiopoda) die in een zee in het Carboon heeft geleefd. De schelpen zijn dus meer dan 300 miljoen jaar oud. De steen waarin ze voorkomen is een hardsteen soort (kalksteen) afkomstig uit Ierland () 28). Steek de Jodenbreestraat over naar de Sint Anthoniesluis.

15. SINT ANTHONIESLUIS

De Sint Anthoniesluis ligt in de voormalige zeedijk die hier een grote bocht landinwaarts maakt. Zowel ten noorden als ten zuiden van de dijk ontbreekt het veen () 18). In het eerste geval door erosie vanuit het IJ/Zuiderzee, in het tweede geval door erosie vanuit de Amstel. Deze erosie van het veen langs de Amstel is ook nog te zien op het schilderij van Cornelis Anthonisz (zie 2.2). Sommige historici menen dat hier tussen Amstel en IJ ooit een loop van de Amstel heeft gelegen, maar op geologische gronden lijkt dit niet waarschijnlijk. Het veen ontbreekt wel, en er is wat klei afgezet, maar er is hier geen diepe insnijding aanwezig zoals elders () 26). Hieruit blijkt dat de Amstel hier niet zijn bedding heeft gehad () 29).

De sluis was ooit belangrijk om het niveauverschil tussen het water van Amstel, grachten en IJ te overbruggen. Maar deze niveauverschillen zijn door de aanleg van de Oranjesluizen (1872) verdwenen.



30

Diepte en ouderdom van de gesteenten onder de Nieuwmarkt in Amsterdam.

Vervolg de wandeling over de brug in de richting van de Nieuwmarkt. Na ongeveer 100 meter gaat u linksaf onder het poortje door naar de Zuiderkerk. Vandaar via de Nieuwe Hoogstraat en de Kloveniersburgwal naar de Nieuwmarkt.

16. NIEUWMARKT

De Waag is gebouwd in 1488 als stadspoort van de 15e eeuwse stad. In de Waag was in de 17e eeuw het Theatrum Anatomicum gevestigd, het decor van Rembrandt's anatomische les. De Waag lijkt wat plomp, maar dat komt omdat de omgeving opgehoogd is en het gebouw daarom wat minder hoog is geworden.

De smalle bakstenen omlijstingen van de vensters zijn meesterproeven van het metselaargilde. Amsterdam heeft tot het midden van de 19e eeuw problemen gehad met het zoeken naar drinkwater (zie 3.6). Men heeft meerdere pogingen gedaan schoon water te vinden door middel van het slaan van diepe putten. De eerste poging hiertoe stamt uit 1605 bij de Oudemanhuispoort (zie excursiepunt 12). Later heeft men een put proberen te slaan op het Amstelveld. Dat was in 1740. Men bereikte hier een diepte van 320 voet (ca. 90 meter). In 1837 begon men een boring te zetten op de Nieuwmarkt, opnieuw in de hoop om goed drinkwater te vinden. De aanleiding voor deze nieuwe poging was dat men in Parijs in 1841



31

Ets van G. Postma van de boring op de Nieuwmarkt uit 1842.

na 7 jaar boren op het Place de Breteuil op een diepte van 547 meter een grote hoeveelheid drinkwater gevonden had in gesteenten uit het Krijt. Men hoopte dat niveau ook in Amsterdam te bereiken, niet wetende dat gesteenten uit het Krijt hier niet in de ondergrond voorkomen, en dat de vaste gesteenten die hier wel voorkomen mogelijk geen goed en onvoldoende water zouden opleveren. Wat men ook niet wist was dat het vaste gesteente hier pas op een diepte van circa 1000 meter voorkomt () 30).

Na 5 jaar boren was men op de Nieuwmarkt pas tot een diepte van 172 meter gekomen (midden in de Pleistocene afzettingen) en staakte men de onderneming zonder goed water gevonden te hebben () 31). De plek waar de boring is gezet ligt midden op de Nieuwmarkt, onder een rond metalen putdeksel met een diameter van ca. 50 cm.

Vervolg de wandeling via de Zeedijk om weer bij het Centraal Station uit te komen.

2. EEN KORTE GESCHIEDENIS VAN AMSTERDAM

2.1 DE LIGGING VAN AMSTERDAM

Amsterdam ontstond rond het jaar 1000 AD als een nederzetting van vissers en boeren op een plek waar een kleine rivier, de Amstel, uitmondde in een uitloper van de Zuiderzee: het IJ () 2). Deze locatie bestond uit een 5-7 meter dikke laag veen waar plaatselijk, langs de oevers, een dunne laag klei op lag die daar door de Amstel was afgezet. Je kunt daarom zeggen dat Amsterdam op een oeverwal van de Amstel is gesticht () 18). Het was een vlak en moerassig gebied, met een slappe ondergrond, enkele meters boven zeeniveau gelegen.

Door daling van het veenoppervlak (zie 3.1) en de veelvuldige stormen langs de Zuiderzeekust werd het noodzakelijk dijken aan te leggen langs de Amstel en de Zuiderzee. Ook werd tussen 1265 en 1275 AD een dam (een uitwaterende sluis) in de Amstel aangelegd.

Van deze oorspronkelijke situatie kun je nog wat zien op de oudste geologische kaart van Nederland uit 1860. Het gebied rondom Amsterdam bestaat uit veen. Het IJ is nog niet ingepolderd, maar de Haarlemmermeer (in 1852 drooggelegd) al wel () 3).

Amsterdam stond ooit via de Amstel, de Vecht en de Kromme Rijn in verbinding met de Rijn. Door de aanleg van een dam in de Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede in 1122 AD werd het contact tussen Amstel en Rijn verbroken. Eeuwen later kwam er weer, maar nu een kunstmatige, verbinding tot stand: in 1892 via het Merwedekanaal, in 1952 via het Amsterdam-Rijnkanaal. Het IJ was een uitloper van de Zuiderzee. De Zuiderzee was op zijn beurt een binnenzee met brak water die door erosie van een groot veengebied was ontstaan, tussen 1000-1200 AD (zie 4.1, 4.2 en 4.3). Van het vroegere IJ is door inpoldering weinig meer over.

2.2 DE GROEI VAN AMSTERDAM

Rond 1300 AD kreeg Amsterdam stadsrechten. De stad, met ongeveer 3000 inwoners, besloeg toen een strook grond met een breedte van ongeveer 200 meter op de oeverwallen aan weerszijden van de Amstel.

Vanaf deze tijd begon de stad te groeien. Vanwege de handel rond de tol op de Dam, maar ook vanwege een 'wonder' (het mirakel van een hostie die niet verbrandde in het vuur) dat in 1345 plaats vond en de daarop volgende stroom pelgrims naar Amsterdam. In 1382 vond de eerste stadsuitbreiding plaats door aan weerszijden van de Amstel een strook van circa 50 meter aan de stad toe te voegen. Deze uitbreiding lag waarschijnlijk nog steeds op de oeverwallen. De nieuwe stadsgrenzen bleven, vooral aan de westzijde, de wat slingerende loop van de Amstel volgen. De volgende stadsuitbreiding, in 1425, bereikte waarschijnlijk de uiterste grenzen van de oeverwallen () 18). Deze 15e eeuwse stadsgrenzen kunnen we nog zien aan de loop van de Singel, Kloveniersburgwal en Geldersekeade. Munttoren, Schreierstoren en Waag zijn restanten van de bijbehorende omwalling.



32

Gezicht op Amsterdam geschilderd door Cornelis Anthonisz. rond 1538.

De verschillende stadsuitbreidingen en de ligging van Amsterdam in het veengebied aan de monding van de Amstel zijn goed zichtbaar op het schilderij dat Cornelis Anthonisz rond 1538 schilderde. () 32). Op de voorgrond van het schilderij ligt het IJ, natuurlijk nog zonder het Stationseiland. In de Amstel is de dam goed zichtbaar, evenals de mooie meander in de rivier voordat hij de stad in stroomt. Rechts aan de horizon ligt het Haarlemmermeer. De langgerekte kavels van het gebied rondom de stad zijn typerend voor een veengebied. De grachten in de stad evenwijdig aan de Amstel vertegenwoordigen de opeenvolgende stadsuitbreidingen.

In de 16e eeuw groeide het aantal inwoners van 30.000 tot 210.000. Vandaar dat in de 17e eeuw, in verband met de overbevolking, een enorme uitbreiding van de stad plaatsvond door middel van de aanleg van een aantal half cirkelvormige grachten: Herengracht, Keizersgracht en Prinsengracht. Deze stadsuitbreiding vond plaats over de buiten de oeverwal gelegen veengebieden.

Door de overbevolking, de slechte kwaliteit van het drinkwater en de gebrekkige hygiëne zijn er meerdere perioden met pest in de stad opgetreden, onder meer in 1534, 1622, 1664, en 1734. Ondanks dat is de 17e eeuw bekend als de 'Gouden Eeuw'. Kunsten, handel en wetenschap

maakten een periode van grote bloei door. Zo werd in Amsterdam op de Dam naar ontwerp van Jacob van Campen een groot en prestigieus nieuw stadhuis gebouwd. Door Joost van den Vondel werd daarover in 1657 op de grafsteen van Van Campen gedicht:

*'Die 't Raathuys 't Amsterdam
Gebout heeft 't achtste wonder'*

Vanaf de 17e eeuw werden ook de meren in het omliggende veengebied ingepolderd en drooggelegd. Het laatste meer, de Haarlemmermeer, werd tussen 1849 en 1852 leeg gepompt. Niet alleen om akkerland te krijgen, maar vooral ook om de uitbreiding van dit meer door golferosie in de richting van Amsterdam, tijdens zuidwester stormen, tegen te gaan. Vanaf de 19e eeuw begon de stad weer sterk te groeien. Dit betekende opnieuw een uitbreiding van de stad over de omliggende veengebieden, maar ook over de omliggende droogmakerijen (zie 3.2).

Door de ligging van de stad in een veengebied en de geologie van de ondergrond waren er in Amsterdam specifieke vraagstukken met betrekking tot bouwen, tunnellen, ophogen, waterhuishouding en drinkwater die om creatieve oplossingen vragen.

3. WONEN EN BOUWEN OP VEEN



33

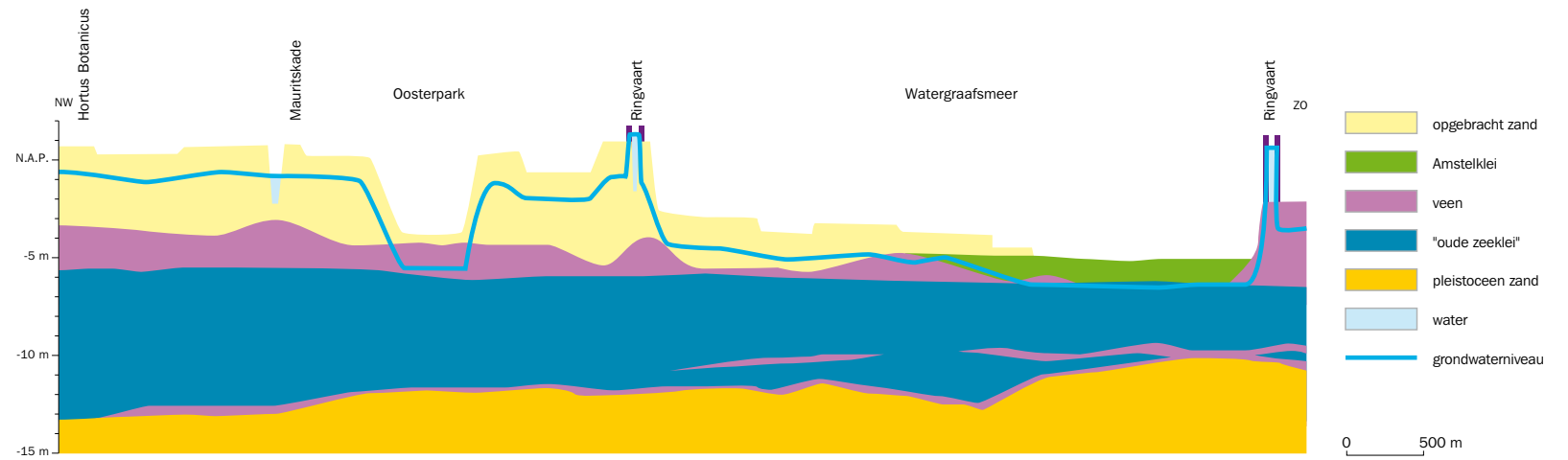
De bovenkant van de veenpaal bij Amsterdam-Noord geeft aan waar het oppervlak van het veen lag voor de ontginning.

3.1 ZAKKEN VAN HET VEEN

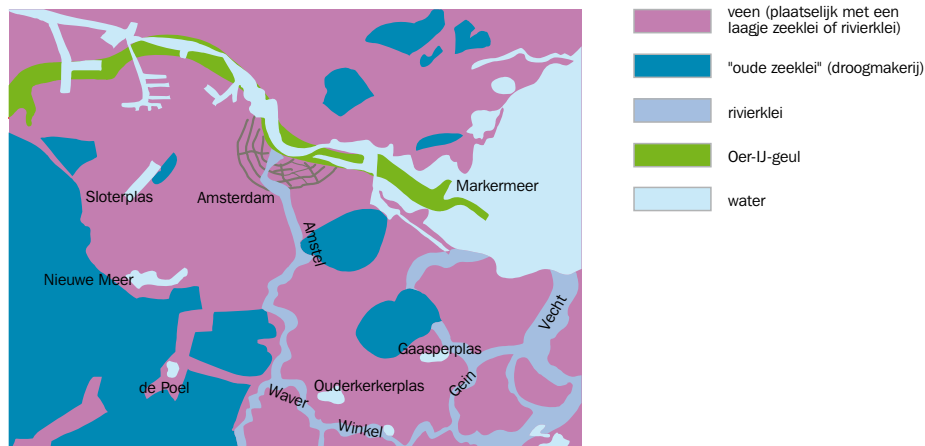
De vestiging van bewoners langs de Amstel had tot gevolg dat men het gebied moest ontwateren. Hierdoor ging het veen oxideren en inzakken (klinken). Als gevolg hiervan daalde het oppervlak van het veen. Lag het oppervlak van het veengebied voor de vestiging van mensen nog op 2-3 meter boven NAP, rond 1000 AD lag het al op NAP. Tegenwoordig ligt het op 1-2 meter beneden NAP.

De mate van daling van het veenoppervlak is goed te zien aan een 'veenpaal' die aan de rand van Amsterdam-Noord staat. De top van de paal geeft aan waar de bovenkant van het veen lag voor de ontginning (33). De paal bevindt zich aan het einde van de Volendammerweg, onder de A10 door, bij de Zwartegouw.

Door de daling van het veen en door opstuwung van water tijdens stormen in de Zuiderzee was men gedwongen dijken aan te leggen langs de Amstel en langs de Zuiderzeekust. En werd daarom in de 13e eeuw ook een uitwaterende sluis (Dam) aangelegd in de Amstel, die tevens de verbinding tussen de nederzettingen op beide oevers werd.



35
Geologische doorsnede van de Hortus Botanicus via het Oosterpark naar de Watergraafsmeer. De verschillen in het grondwaterniveau zijn duidelijk te zien.



34
Het veengebied en de droogmakerijen rond Amsterdam.

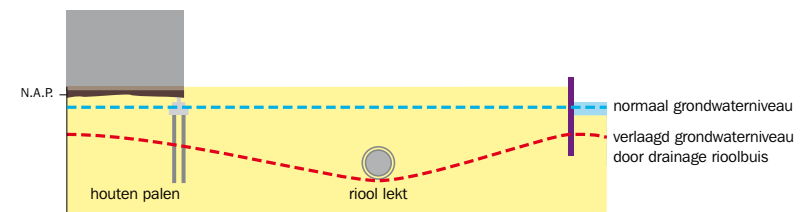
3.2 MEREN EN DROOGMAKERIJEN

In het veengebied rond Amsterdam waren meren aanwezig die door golfafslag (erosie) van het veen waren ontstaan zoals de Haarlemmermeer, de Watergraafsmeer, de Bijlmermeer en, ten noorden van het IJ, het Buikslotermeer () 34). Tijdgenoten refereerden in verband met deze oeverafslag wel aan de waterwolf die de oevers opvrat. Vanaf de 17e eeuw werden deze meren drooggelegd. In deze droogmakerijen ligt de onder het veen voorkomende zeeklei aan het oppervlak, en ligt het maaiveld dieper, soms wel meer dan 5 meter.

Door het voorkomen van droogmakerijen, de niet met zand opgehoogde en dus lager gelegen parken en de met zand opgehoogde gebieden bestaan er hoogteverschillen in maaiveldhoogten van meerdere meters én komen er ook grote verschillen voor in het niveau van het grondwater van de stad () 35). Vandaar dat er in Amsterdam ongeveer 40 polders aanwezig zijn met een eigen grondwaterniveau en ook 40 kleinere gebieden met 'onderbemaling'. Het bewaken van de grondwaterstanden in deze verschillende waterstaatskundige eenheden is van groot belang.

3.3 OPHOGEN MET ZAND

De veenbodem onder Amsterdam is vochtig en slap. Wanneer je op veen loopt zak je weg. Omdat bouwen, wonen en werken in een veengebied moeilijk is en ongezond, is het veen in Amsterdam overal opgehoogd door zand op te brengen. Soms wel meer dan 6 meter. Door het opbrengen van zand wordt het oppervlak steviger en wordt het zakken van het veenoppervlak gecompenseerd.



36
Het optreden van paalrot door grondwaterstandsverlaging als gevolg van een breuk in een rioolbuis.

Voordeel is ook dat het plaveien van straten en de aanleg van rioleringen en kabels makkelijker gaat. Nadeel is dat door het grote gewicht van het zand er vaak weer extra verzakkingen optreden.

Om deze reden, en vanwege de kosten, is er een tendens om de hoeveelheid opgebracht zand niet te groot te maken. Dat deed men vroeger ook al. Zo zijn de parken in Amsterdam zoals Vondelpark en Oosterpark, vrijwel niet opgehoogd. Deze liggen daardoor enkele meters lager dan de omliggende opgehoogde gebieden () 17 en) 35).

In de loop der eeuwen is er nogal wat zand richting Amsterdam vervoerd. Zand dat men overal vandaan haalde: uit de Utrechtse Heuvelrug bij 's Gravenland en rondom Naarden, van de strandwallen rond Hillegom en Lisse, van het doorgraven van de duinen bij de aanleg van het Noordzeekanaal, vanuit de Noordzee en vanuit zandwinplassen rond de stad: Sloterplass, Nieuwe Meer, Ouderkerkerplas en Gaasperplas.

Om een idee te geven over de hoeveelheden zand die gebruikt zijn: als je al het zand dat in Amsterdam is opgebracht na de Tweede Wereldoorlog (exclusief IJburg) op een terrein van 100x100 meter zou storten, dan krijg je een zandtoeren zo hoog als de Mount Everest. Wanneer dikke lagen zand op veengrond wordt gelegd drukt het zand door zijn gewicht het onderliggende veen samen waardoor het oppervlak van het veen zakt. Wanneer men door ophogen met zand een bepaald niveau wilt bereiken moet er dus altijd beduidend meer zand worden opgebracht dan het gemeten niveauverschil.

Door het gewicht van het zand kunnen er onregelmatige verzakkingen in het veen optreden. Het is dan mogelijk dat rioolbuizen in het opgebrachte zand scheuren of barsten en gaan draineren. Als gevolg kan rondom zo'n punt lokaal de grondwaterstand verlaagd worden. Hierdoor kunnen de toppen van houten heipalen boven het grondwaterniveau uitkomen en gaan rotten (paalrot) wat weer kan leiden tot verzakkingen aan gebouwen () 36). Liggen de rioolbuizen boven het grondwaterniveau dan kan het grondwater vanwege het uittredende rioolwater vervuilen.



37

Heiwerkzaamheden bij de van Diemenstraat geschilderd in 1897 door George Hendrik Breitner (1857-1929).

Op de achtergrond het IJ.

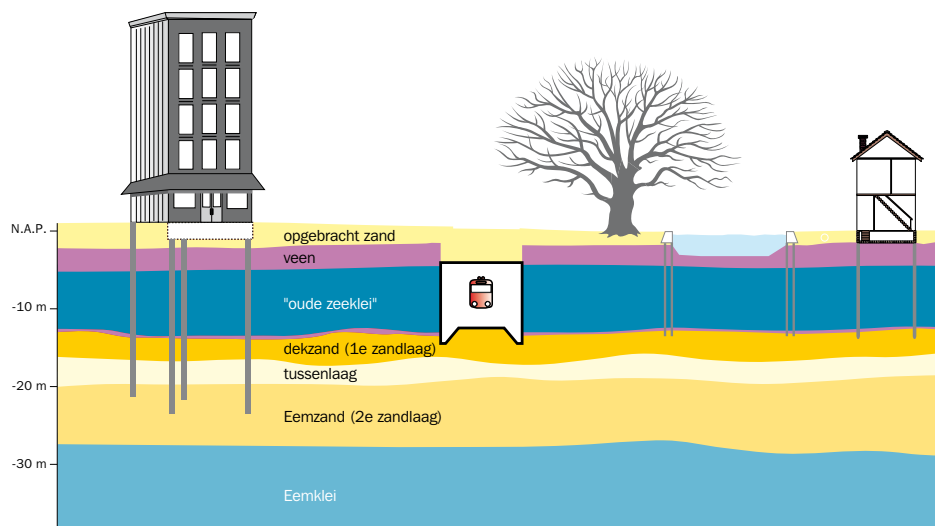
3.4 BOUWEN EN FUNDEREN

Door de geringe draagkracht van het veen en de onderliggende 'Oude Zeeklei' is bouwen in Amsterdam bijzonder kostbaar; omdat met behulp van heipalen veel en diep gefundeerd moet worden (37).

De eerste gebouwen in Amsterdam werden waarschijnlijk 'op staal' gebouwd. Dat wil zeggen op de kleigrond langs de Amstel, zonder heiwerk. Proefondervindelijk kwam men er achter dat gebouwen dan konden verzakken, waarna men enkele meters lange heipalen ging gebruiken.

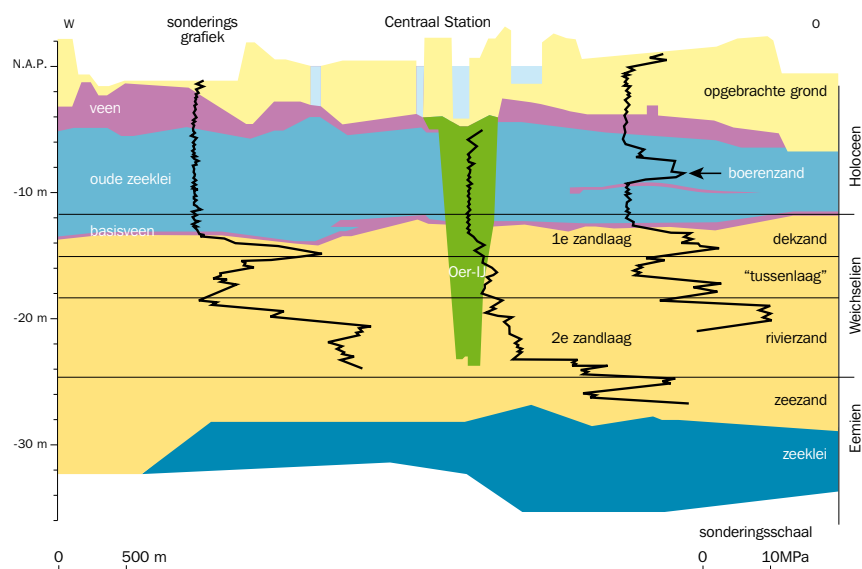
Door de wrijving tussen paal en grond, en door het samendrukken van de grond tussen de palen, ontstond er meer draagkracht. Men spreekt van 'op kleef' funderen.

Vanaf de 16e eeuw werden de houten huizen in Amsterdam steeds meer gefundeerd op een draagkrachtiger laag: het 'Boerenzand'. Men noemt het funderen op een draagkrachtige laag funderen op 'stuit'. Het Boerenzand ligt op een diepte van 8-9 meter -NAP (zie 4.1).



38

Het gebruik van heipalen in Amsterdam.



39

Een profiel langs het Centraal Station in Amsterdam met een aantal sonderingsgrafieken tot in de tweede zandlaag.

De latere zwaardere stenen huizen moesten gefundeerd worden in een nog meer draagkrachtige laag: de eerste zandlaag (het dekzand) die op een diepte van 10-12 meter -NAP voorkomt. Dit niveau geeft dus ook min of meer de lengte aan van de heipalen die men moet gebruiken () 38). Door het vaak voorkomen van een kleilaag onder het dekzand (de 'Tussenlaag', zie 4.4) moeten nog zwaardere gebouwen een fundering hebben die tot de zandlaag hieronder gaat (de tweede zandlaag;) 38).

Heel zware gebouwen moeten zelfs gefundeerd worden op het zand onder de keileem (de derde zandlaag;) 4). De diepte hiervan kan sterk wisselen (zie 4.5).

Het draagvermogen of stevigheid van de bodem wordt bepaald door middel van een sondering. Hierbij wordt een metalen staaf met een kegelvormige punt met een constante snelheid de bodem ingedrukt en de weerstand die hierbij optreedt wordt in een grafiek weergegeven: een sonderingsgrafiek. Hierin is te zien dat de weerstand in slappe klei of veenlagen vrijwel nul is, terwijl zandlagen een duidelijke uitslag geven () 39).

Funderingsniveaus liggen lang niet altijd op een uniforme diepte. Zo kan bijvoorbeeld de eerste zandlaag en een deel van de tweede zandlaag door erosie ontbreken. Wanneer men daar bij de bouw geen weet van heeft, en te korte heipalen gebruikt, kan verzakking optreden (zie ook 3.3). Gedetailleerd grondonderzoek is dan ook altijd noodzakelijk () 39).

3.5 METROLIJNEN

Tussen 1977 en 1980 werd een eerste ondergrondse metrolijn tussen het Centraal Station en het Amstel Station aangelegd. Als bouwmethode koos men voor een aanleg door middel van caissons, die aan de oppervlakte werden gebouwd en vervolgens werden afgezonken. Hiervoor moesten veel woningen op het tracé van de metrolijn worden afgebroken. De caissons werden afgezonken tot op de eerste zandlaag () 38).

De Noordzuidlijn, die vanaf 2003 wordt gebouwd, wordt aangelegd door ondergronds te boren op een dieper niveau. Dit is een kostbare en complexe methode. Dat komt enerzijds door de samenstelling van de bodem onder Amsterdam en anderzijds door de overal aanwezige heipalen die niet verstoord mogen worden. Ook zijn er onbekende lange heipalen van bouwwerken die niet meer bestaan () 21 en) 22).

Ook met het voorkomen van aardgas (methaan) in en direct onder de Laag van Harting (op een diepte van ongeveer 50 meter) heeft men bij de aanleg van de Noordzuidlijn rekening gehouden om gevaar voor explosies te voorkomen (zie 4.5 en excursiepunt 11).

De geoloog Harting schreef in de 19e eeuw al over het voorkomen van dit gas:

'De opzichter van het werk, tot een diepte van 44 el gekomen zijnde, werd een sterke opborreling van gas gewaar. Om dit te onderzoeken naderde hij met eene brandende kaars de opening, waarop het gas vlam vatte en ¾ uur doorbrandde met ene vlam van 5 à 6 voet hoog...verder is mij gebleken, dat ditzelfde gas zich vertoond heeft, ofschoon in mindere mate, bij de boring van putten op de Lauriersgracht en de Noordermarkt, maar niet in het Lutherse Weeshuis, en altijd op dezelfde diepte van 44 el.'

3.6 DRINKWATER

Al in de Middeleeuwen had Amsterdam problemen met het vervuilde drinkwater. De grachten waren sterk verontreinigd met urine en uitwerpselen en in 1530 werd een keur uitgevaardigd 'op het suyverhouden van het costelijcke stadswater'.

Vanaf 1600 werd het grachtwater ook wat brak door water vanuit de Zuiderzee.

Vandaar dat om bier te brouwen water werd aangevoerd uit de Haarlemmermeer. Later werd er met schepen water vanuit de Vecht aangevoerd. Hiervoor werden zelfs ijsbrekers gebouwd (1786) om de wateraanvoer ook gedurende de winter veilig te stellen.

In 1790 werden speciale ondergrondse 'verswaterbakken' aangelegd om het schone Vechtwater in op te slaan en vandaar uit te distribueren.

Bewoners van de stad gebruikten ook regenwater dat vaak van kerkdaken werd verzameld in regentonnen. Maar veel mensen werden ziek van dit water. In 1789 kwam men er door chemische analyses van het regenwater achter dat er veel lood in zat. De herkomst van dit lood is interessant: door het verbranden van turf voor de verwarming van huizen en voor industriële processen, was er veel zwaveldioxide (SO₂) in de atmosfeer gekomen waardoor het regenwater in de stad zuur was geworden (zure regen). Hierdoor loste het lood dat op de kerkdaken gebruikt werd en dat ook in witte verf (loodwit) zat op en kwam in het drinkwater terecht.

Men heeft al vanaf de 17e eeuw geprobeerd door het slaan van putten drinkwater uit de ondergrond te gebruiken. De eerste poging daartoe dateert uit 1605 bij de Oudemanhuispoort. De tweede poging dateert uit 1740 en vond plaats op het Amstelveld. En er was een derde en vierde poging in 1837 en 1846 op de Nieuwmarkt () 31). Al deze pogingen mislukten doordat het ondergrondse water brak was, de wateropbrengst te gering of omdat de boortechniek faalde. Vanaf 1851 werd drinkwater naar Amsterdam gevoerd vanuit de duinen. Tegenwoordig wordt niet alleen duinwater gebruikt maar ook kwelwater uit de Utrechtse Heuvelrug (in de Bethunepolder bij Maarsen) en water uit het Amsterdam-Rijnkanaal dat via de waterleidingplas bij Loenen aan de Vecht wordt aangevoerd.

4. GEOLOGISCHE GESCHIEDENIS



40

Gestoken boring in Amsterdam tot een diepte van 12 meter met daarin van boven naar onder ophoogzand, veen, zeeklei, basisveen en eerste zandlaag.

De meesten van u zullen niet onbekend zijn met het feit dat de bodem onder Amsterdam uit veen bestaat. Misschien weten sommigen ook nog dat hieronder zeeklei ('oude blauwe zeeklei') voorkomt. Maar wat er dieper ligt is voor de meesten onbekend. Vandaar hieronder een korte uiteenzetting over het ontstaan van de bodem onder Amsterdam. Tot een diepte van 50-100 meter en tot een ouderdom van meer dan 100.000 jaar. We beginnen bovenaan en dalen vandaar zo geleidelijk aan dieper de bodem in.

Voor de niet ingewijden in de geologische denkwereld nog een paar opmerkingen. In de geologie wordt net als in de archeologie of de geschiedenis de tijd in verschillende perioden ingedeeld. Er worden alleen geen termen gebruikt als Bronstijd of Middeleeuwen, maar Holoceen, Pleistoceen of Krijt () 30). Deze tijdseenheden kunnen tot in steeds verder detail onderverdeeld worden. Absolute ouderdommen worden doorgaans uitgedrukt in aantallen jaren voor heden. Maar bij hele jonge geologische processen en afzettingen spreekt men wel in jaren vóór Christus of in jaren ná Christus (AD).

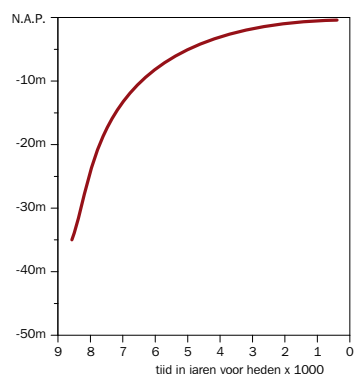
Er wordt ook over sedimenten of afzettingen of grondsoorten gesproken en er worden daarnaast ook geologische processen die van belang zijn geweest genoemd. Bijvoorbeeld of een laag door de zee, door rivieren, door de wind of door landijs is ontstaan en of daarbij zand of klei is afgezet. Voor de leesbaarheid van de onderstaande tekst is de geologische terminologie zo eenvoudig mogelijk gehouden. Als hulpmiddel is achterin een verklarende woordenlijst van geologische begrippen opgenomen.

4.1 VEEN EN ZEEKLEI

Onder het ophoogzand dat overal in Amsterdam aanwezig is, ligt een laag veen die nu nog 2-3 meter dik is. Hieronder komt een laag zeeklei voor met een dikte van 7-8 meter. Beide lagen zijn in het Holoceen afgezet. Vervolgens ligt, op ongeveer 12-13 meter -NAP, een laag zand () 40). Men noemt dat de eerste zandlaag. In deze eerste zandlaag werden en worden de meeste heipalen ingeslagen. Dit zand is door de wind afgezet (dekzand), rond 10.000 jaar geleden. Dat was aan het einde van de laatste IJstijd en tegelijkertijd het einde van het Pleistoceen. In die IJstijd stond de zeespiegel vele tientallen meters lager dan nu. Om een idee te geven: de Noordzee was land en in dit dekzandlandschap liepen in die tijd mammoeten rond. Hoe komt nu die zeeklei en dat veen op het dekzand terecht?

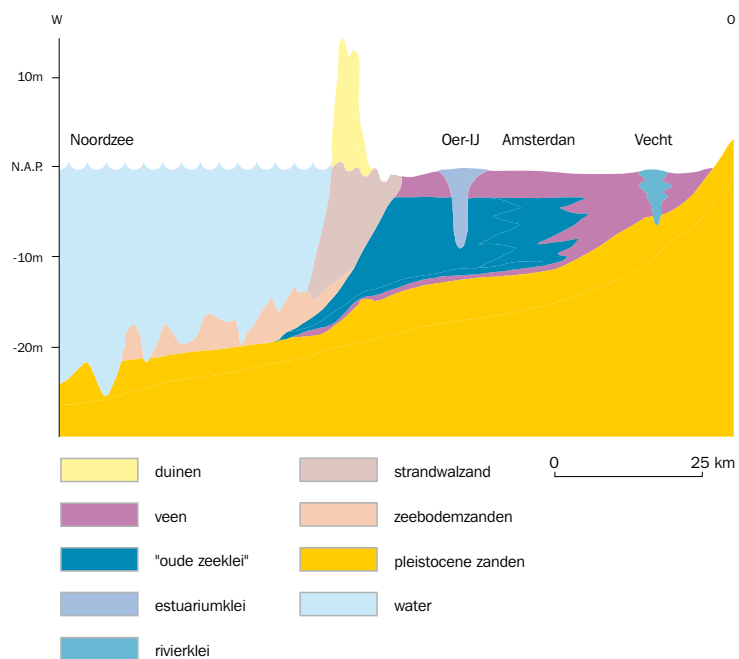
Dat heeft te maken met het feit dat vanaf het einde van de laatste IJstijd het zeeoppervlak is gestegen vanwege het opwarmen van het klimaat en het afsmelten van gletsjers en landijs. Door de stijging van de zeespiegel drong de zee door middel van grote getijdegeulen steeds verder landinwaarts, om hier vanaf 7000-6000 jaar geleden vooral zeeklei neer te leggen in een met de Waddenzee vergelijkbaar milieu. Onder de zeeklei ligt doorgaans een laagje veen: het Basisveen () 40) gevormd onder invloed van het stijgende grondwatervniveau.

In de zeeklei komt vaak een laag zand voor. Deze zandlaag, die op een diepte van 8-9 meter -NAP onder grote delen van Amsterdam voorkomt, noemt men 'het boerenzand'. In deze laag werden de houten middeleeuwse huizen gefundeerd.



41

De stijging van de zeespiegel in Nederland gedurende het Holoceen.



42

Een doorsnede van de duinen tot aan het Gooi.

De snelheid waarmee in West-Nederland de zeespiegel omhoog gekomen is, is goed onderzocht en in een curve weergegeven () 41). Hieruit blijkt dat de stijging van het zeeoppervlak tot aan 5000 jaar geleden snel ging, maar vanaf dat moment begon af te vlakken.

Mede door deze afname in stijgingssnelheid werden langs de toenmalige kustlijn zandruggen opgeworpen door golven en stromingen langs de kust. Door de vorming van een brede zone met deze strandwallen werd het achterliggende waddegebied van zee afgesloten. Het water verzoette hier, er werd geen nieuwe klei meer aangevoerd en er ontstond een moeras op de zeeklei. In de volgende duizenden jaren ontstond er uiteindelijk een dik pakket veen. De veengroei ging door tot aan de Middeleeuwen, toen men het veengebied ging ontginnen en in cultuur brengen.

De landschappelijke veranderingen die met al deze processen gepaard gingen zijn weergegeven in) 43.

4.2 HET IJ

Waar nu het IJ ligt, lag tussen 7000 en 5000 jaar voor heden een getijdegeul die bij Haarlem en Zandvoort in de Noordzee uitmondde en die via Amsterdam tot voorbij IJburg naar het oosten liep. De geul is plaatselijk diep ingesneden: soms tot wel 30 meter beneden NAP, tot diep in de Pleistocene afzettingen () 4).

Rond 5000 jaar geleden werd door de vorming van strandwallen de kustvlakte geleidelijk aan van de Noordzee afgesloten. De brede getijdegeul veranderde daardoor langzamerhand in een veel smaller, diep en meanderend estuarium (het Oer-IJ) waarbij het omliggende waddegebied veranderde in een veenmoeras.

In de Romeinse Tijd werd de kust geheel gesloten, ook de monding van het estuarium. Het westelijke deel van het estuarium bleef een brakwatergebied, het middengedeelte werd bedekt met veen. Na de vorming van de Zuiderzee, rond 1000 AD, ontstond door erosie van het veen het IJ, als een uitloper van de Zuiderzee () 43). In verband met de aanleg van het Noordzeekanaal (gereed in 1876) werd het grootste deel van het IJ ingepolderd.

4.3 DE AMSTEL

Rond 3000 jaar geleden ontstond de Amstel. De Amstel had via Bullewijk, Waver, Holendrecht en Winkel een verbinding met de Angstel, de Vecht, de Kromme Rijn en zo met de Rijn. De Amstel was dus onderdeel van het zich sterk vertakkende Rijnsysteem in de Hollandse delta. De rivier stond via het IJ-estuarium (het 'Oer-IJ') in contact met de Noordzee.

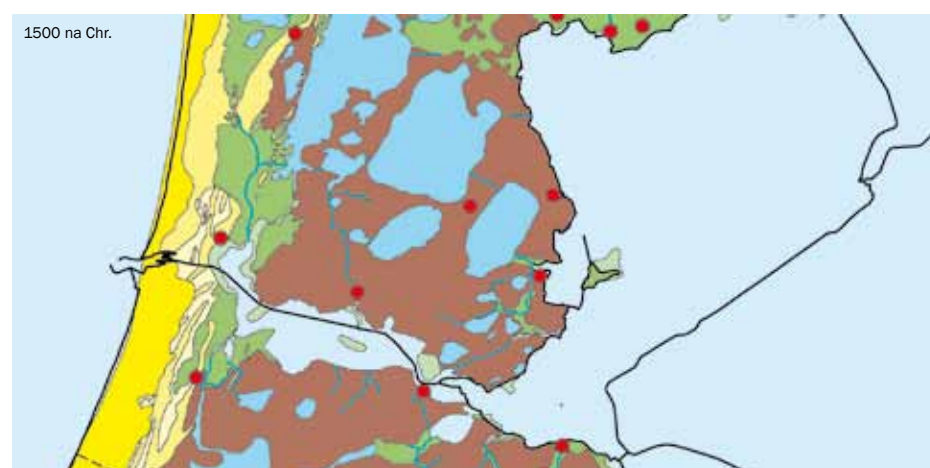
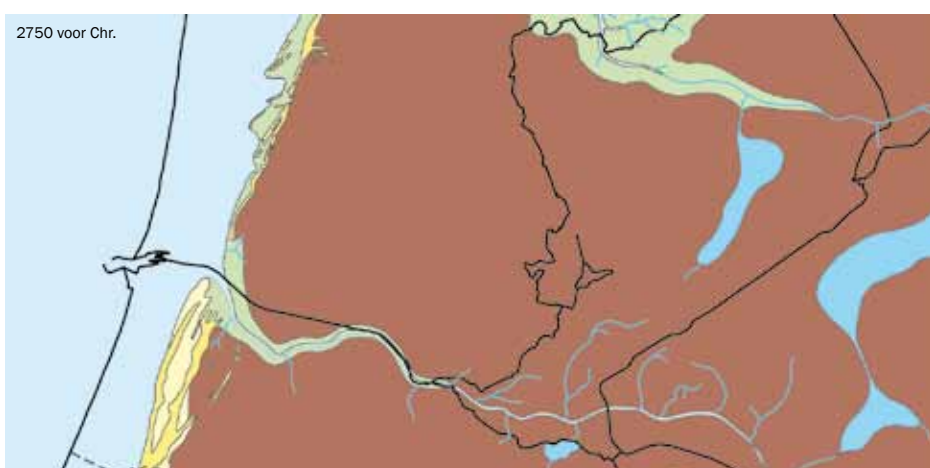
De Amstel stroomde door een uitgestrekt veengebied en vervoerde als sediment een geringe hoeveelheid klei. Deze klei werd aan weerszijden van de Amstel op het veen neergelegd in stroken met een breedte van enkele honderden meters.

Omdat na ontginning van het veengebied rond de Amstel dit veenoppervlak sterker zakte dan de strook met klei op veen langs de rivier, kwam deze kleistrook 1-2 meter hoger te liggen in het landschap. Deze stroken lijken daarom op oeverwallen.

De insnijding van de Amstel gaat doorgaans tot circa 8 à 9 meter -NAP. De basis reikt dus meestal niet tot aan de eerste zandlaag () 10). Alleen in het traject tussen het IJ en het Rokin bevindt zich onder de afzettingen van de Amstel een voormalige zijtak van het Oer-IJ. De basis van deze zijgeul ligt dieper, maximaal op ongeveer 18 meter -NAP, en is ingesneden in het Pleistocene zand. Hierdoor ontbreekt hier de eerste zandlaag en de bovenkant van de tweede zandlaag () 26).

De Amstel mondde in eerste instantie via het estuarium van het Oer-IJ uit in de Noordzee. Tijdens stormen in de Noordzee werd zout water via het Oer-IJ soms ver de Amstel opgestuwd, tot aan Ouderkerk aan de Amstel. Na het afsluiten van de kust in de Romeinse Tijd vond de Amstel een route de andere kant op, naar het oosten (via de voorlopers van de Zuiderzee).

De Zuiderzee ontstond vanaf ca. 1000 AD door aaneengroeien van een aantal veenmeren. Het getijverschil in de Zuiderzee was niet meer dan 30 cm, maar bij noordooster stormen werd het Zuiderzeewater bij Amsterdam enkele meters opgestuwd en kon opnieuw brak water de Amstel opstromen, maar minder ver dan in de periode daarvoor. Door aanleg van een sluis (dam) in de Amstel werd het opdringen van dit water tegen gegaan.



43
De landschappelijke verandering rondom Amsterdam in een aantal momenten in de tijd.

4.4 IJSTIJDEN EN ZEESPIEGELS

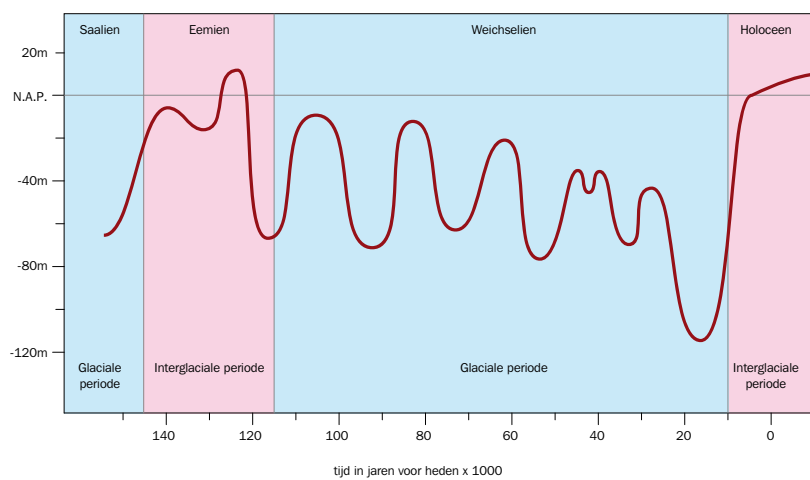
De onder het veen en de zeelei voorkomende lagen zijn afgezet gedurende het Pleistoceen. Een tijdvak dat 2.600.000 jaar geleden begon en dat wordt gekenmerkt door een afwisseling van 'koude' perioden (ijstijden of glaciële perioden) en 'warme' perioden (tussen-ijstijden of interglaciële perioden).

In glaciële perioden was het niet alleen koud, er was tevens een schaarse vegetatie. De zeespiegel stond tot wel 100 meter lager dan nu omdat veel water aan de waterkringloop was onttrokken. Het was vastgelegd in landijs en gletsjers.

In glaciële perioden was de zee ver weg en vonden er alleen afzettingen plaats door de wind, rivieren en soms door landijs. Gedurende een interglaciële periode steeg de zeespiegel weer en werd in de laag gelegen kustgebieden van Nederland zeelei of zand afgezet.

Nederland is twee keer voor een deel met landijs bedekt geweest. De laatste keer, in de voorlaatste glaciële periode, tot aan de plek waar nu Amsterdam ligt.

De laatste geologische periode, het Holoceen, is op te vatten als een interglaciële periode. Met zeeafzettingen in de kustzone van Nederland en ook in de ondergrond van Amsterdam () 43 en) 44).



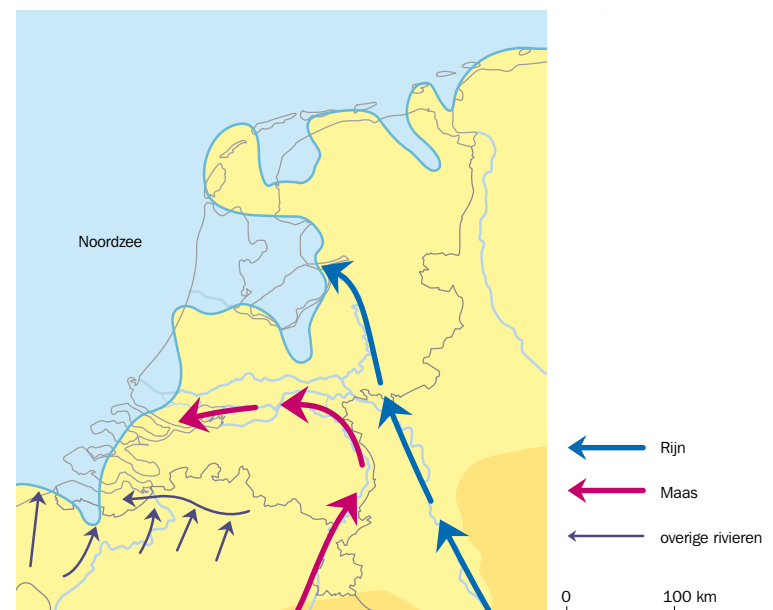
44

Veranderingen van de zeespiegel gedurende de laatste 150.000 jaar.

4.5 EEN IJSTIJD EN EEN TUSSEN IJSTIJD

Zoals we hebben gezien komen onder de zeeklei en het veen, die gedurende het Holoceen zijn afgezet in eerste instantie vooral zandlagen voor. Deze zandlagen zijn afgezet tijdens het laatste deel van de laatste IJstijd (het Weichselien), die duurde van 115.000-10.000 jaar voor heden. In deze IJstijd was er geen landijs bedekking zoals in de IJstijd hiervoor (die we hieronder zullen bespreken), maar het was wel koud: de bodem was gedurende lange perioden continue bevroren (men spreekt dan van permafrost). De zeespiegel was zo laag dat de zuidelijke Noordzee droog stond en je als het ware van Amsterdam naar Londen had kunnen lopen. Doordat er vaak weinig vegetatie was, werden door de wind grote hoeveelheden zand verplaatst en neergelegd. We noemen dit zand dekzand. Dit is het zand dat onder de zeeklei en het veen ligt en de 'eerste zandlaag' vormt.

Onder het dekzand komt plaatselijk een laag klei met wat veen voor. Deze 1-2 meter dikke laag heeft minder draagkracht en wordt om bouwtechnische redenen de 'Tussenlaag' genoemd. Deze



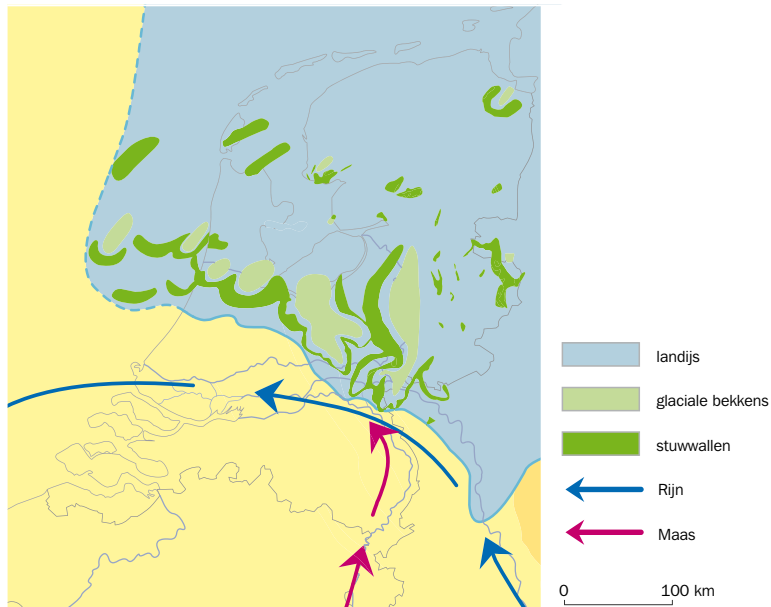
45

Nederland gedurende het Eemien.

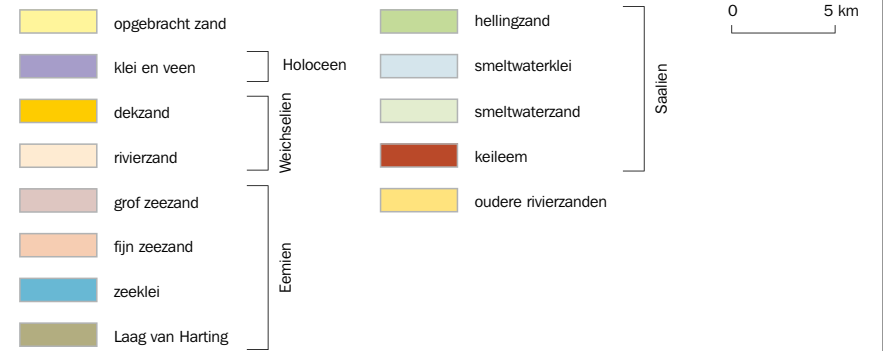
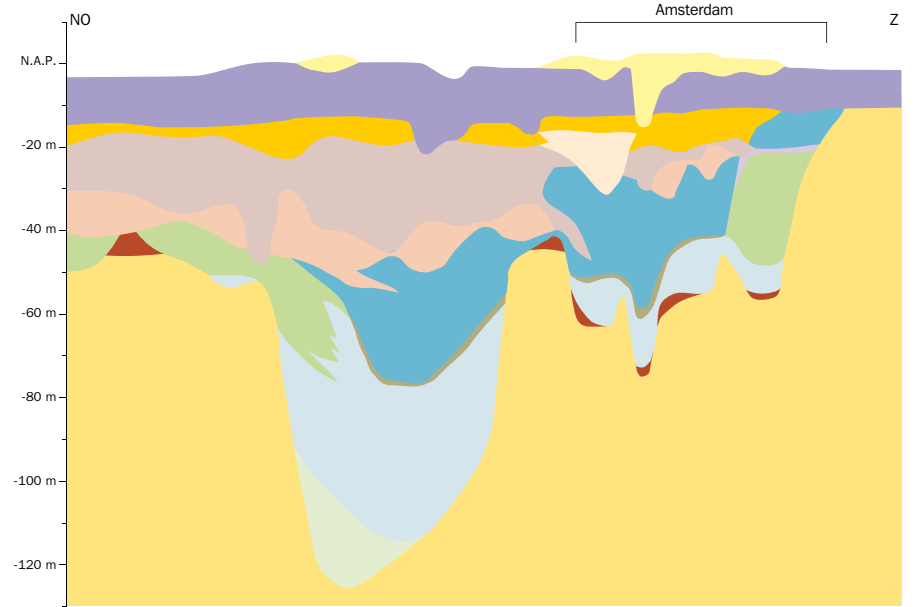
'Tussenlaag' ligt, wanneer die aanwezig is, op 17-19 meter -NAP.

Onder de Tussenlaag komt doorgaans weer zand voor. De Tweede zandlaag. Dit zijn soms rivierzanden maar het is meestal zeezand. Het zeezand is afgezet gedurende het Eemien (115.000-130.000 jaar geleden). Het klimaat was toen weer relatief warm en de zeespiegel stond daarom hoog () 44 en) 45).

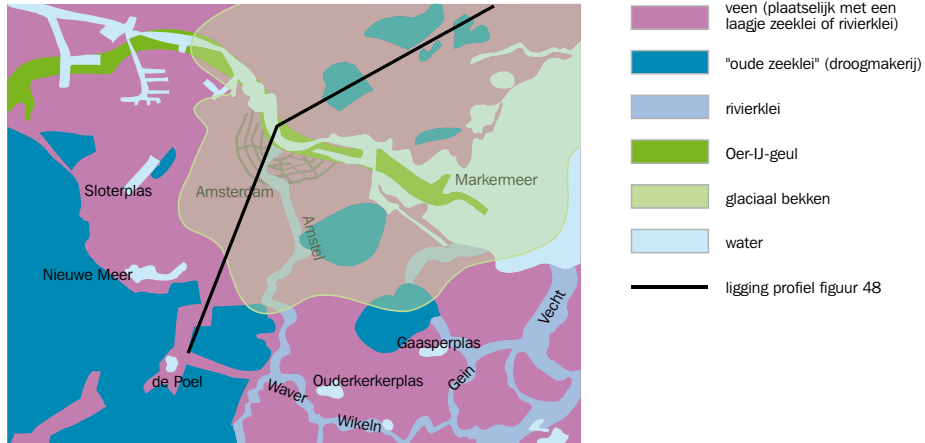
Hoewel de zeespiegel in deze periode mogelijk wat hoger stond dan nu het geval is, liggen deze zeeafzettingen niet hoger dan ongeveer 10 meter -NAP. Reden hiervoor is dat de bodem onder Amsterdam in die meer dan 100.000 jaar ongeveer 10 meter gezakt is. Om te begrijpen waarom de zeekleilagen uit het Eemien tot meer dan 25 meter dik kunnen zijn moeten we eerst nog verder in de tijd terug gaan. In de periode dat het noordelijke deel van Nederland met landijs was bedekt. Ook het gebied waar nu Amsterdam ligt. En op die plek werd door het landijs een langgerekt en diep bekken in de bodem uitgeslepen: het bekken van Amsterdam.



46
Landijsbedekking en glaciale bekkens gedurende het Saalien.



48
Geologische doorsnede door het glaciale bekken van Amsterdam.



47
De ligging van het glaciale bekken onder Amsterdam.

4.6 LANDIJS ONDER AMSTERDAM

De laatste keer dat er landijs was in Nederland (tijdens een glaciale periode die het Saalien wordt genoemd en die duurde van 250.000- 130.000 jaar geleden) reikte het landijs tot net ten zuiden van Amsterdam. Aan de zuidzijde van waar nu de stad ligt werden stuwwallen gevormd vergelijkbaar met de Utrechtse heuvelrug en Veluwe, maar deze zijn later grotendeels geërodeerd zodat ze niet meer zichtbaar zijn. Er werden aan de randzone van het landijs ook diepe glaciale bekkens gevormd. Amsterdam ligt precies boven een dergelijk, in de ondergrond gelegen, bekken (46 en 47).

Het bekken van Amsterdam heeft een langgerekte min of meer ovale vorm en bereikt zijn grootste diepte onder Waterland: 120 meter -NAP. Onder het centrum van Amsterdam is de diepte 50-60 meter. Op deze diepte komt keileem voor met een dikte van enkele meters (48). Deze keileem is eigenlijk de grondmorene van het landijs.



49

Warven onder het centrum van Amsterdam.



50

Microscopische opname van een diatomee
temidden van kleideeltjes in de zeeklei
uit het Eemien onder Amsterdam.

Na het afsmelten van het landijs werd het bekken met sediment opgevuld. Deze opvulling bestaat onderin uit smeltwaterklei. De smeltwaterklei onder Amsterdam heeft een bijzondere seizoensgelaagdheid: de klei is namelijk opgebouwd uit warven. Een warve is opgebouwd uit een dun zandlaagje (afgezet in de zomer) en een dun kleilaagje (afgezet in de winter). Een warve is dus precies in 1 jaar afgezet () 49).

Het totale pakket smeltwaterklei bedraagt onder Amsterdam 10-15 meter, noordelijker, onder Waterland, kan de dikte tot wel 50 meter bedragen.

Aan het einde van het Saalien, toen het klimaat in de daarop volgende periode (het Eemien) weer warmer werd, ontstond een 2-3 meter dikke laag waarin heel veel diatomeeën (eencellige kiezelwieren met een skeletje van kiezel) voorkomen () 50). Deze laag diatomeeën wordt Laag van Harting genoemd naar de geoloog Harting die in de 19e eeuw talrijke wetenschappelijke publicaties heeft geschreven over de ondergrond van Amsterdam. De Laag van Harting bevat dikwijls aardgas (zie 3.5) en komt op wisselende diepten voor.

Na vorming van de Laag van Harting was er nog veel ruimte in het bekken over om op te vullen. Dat gebeurde in de volgende warme periode (het Eemien: 130.000-115.000 jaar geleden). Er werd bij de hogere zeespiegelstand eerst vooral zeeklei en later ook zeezand afgezet. De dikte van deze zeeklei kan onder het stadscentrum wel 25 meter bedragen. Dat betekent dat er onder Amsterdam in de ondergrond onder de Holocene zeeklei een nog ouder kleipakket van wel 40 meter dik ligt: smeltwaterklei en zeeklei () 4 en) 48).

5.

VERKLARENDE WOORDENLIJST

Basisveen

Een door het gewicht van de bovenliggende lagen sterk samengedrukte laag veen op de overgang van de 'oude zeeklei' naar het onderliggende dekzand.

Boerenzand

Een zandige laag in de 'oude zeeklei' die in een waddenmilieu is afgezet. Deze zandige laag is draagkrachtiger dan de erboven liggende veen- en kleilagen en werd in de Middeleeuwen gebruikt om de houten huizen op te funderen.

Brachiopoda

Brachiopoda of Armpotigen behoren tot een tweekleppige schelpensoort waarbij de twee kleppen verschillend in grootte en vorm zijn. Ze leven in zeeën met helder water.

Dekzand

Door de wind afgezette laag zand aan het einde van de laatste IJstijd. Deze laag komt vrijwel overal onder Amsterdam voor en wordt doorgaans gebruikt om in te funderen (Zie eerste zandlaag).

Eemien

Relatief warme Interglaciale periode (tussen-ijstijd) van 130.000-115.000 jaar voor heden gedurende welke de zeespiegel hoog stond. In deze periode werden onder Amsterdam zeeklei en zeezand afgezet.

Derde zandlaag

De derde zandlaag wordt gevormd door rivierzanden die onder de keileem voorkomen. Hierin worden uiterst zware bouwwerken gefundeerd. De diepte van dit niveau varieert sterk, maar ligt onder het centrum van Amsterdam tussen de 50-60 meter –NAP.

Diatomeeën

Diatomeeën of kiezelwieren zijn eencellige, in water levende, organismen die een skeletje van kiezelzuur maken.

Eerste zandlaag.

De zandlaag gelegen onder het basisveen die als funderingslaag voor de meeste gebouwen wordt gebruikt. De laag bestaat uit dekzand uit de Laatste IJstijd (het Weichselien). De gemiddelde diepte van funderingen in deze laag ligt op 13 meter –NAP.

Estuarium

Een min of meer trechtvormige riviermond met getijdewerking.

Funderingsniveau

Het niveau tot waarin heipalen worden geheid.

Glaciale periode.

Een langdurige periode waarin de gemiddelde jaartemperatuur aanzienlijk lager ligt dan nu het geval is. In een glaciale periode kan landijs zich uitbreiden en kan zich een permafrost ontwikkelen in Nederland. De zeespiegel staat tientallen meters lager.

Glaciaal Bekken

Door landijs uitgeschuurde verlaging in de ondergrond. Glaciale bekkens in Nederland zijn doorgaans tientallen kilometers lang en tot 120 meter diep. Ze komen voor aan het uiteinde van de landijsbedekking uit de voorlaatste IJstijd en zijn omgeven door stuwwallen.

Hollandveen of Oppervlakteveen

Het aan de oppervlakte gelegen veen in Holland. Dit veen begon circa 5000 jaar geleden te groeien op de 'oude zeeklei'. Het oppervlak van dit veen lag voor de Middeleeuwse ontginningen enkele meters boven NAP.

Holoceen

Laatste (recente) geologische periode die ongeveer 10.000 jaar geleden een aanvang nam. Het Holoceen is relatief warm en wordt onder andere gekenmerkt door een hoge zeespiegelstand.

Interglaciële periode

Een relatief warme periode tussen twee ijstijden (Tussen-IJstijd).

Klei

Grondsoort die vooral is opgebouwd uit minerale korreltjes met een diameter van maximaal 2 µm (1 µm=0,001 mm). Klei bestaat uit specifieke mineralen met bijzondere eigenschappen.

Krijt

Geologische periode van 66.000.000 tot 140.000.000 jaar geleden.

Lithologisch

Het gesteente betreffende.

Laag van Harting

Een 1 tot 2 meter dikke laag die vooral uit diatomeeën is opgebouwd en die onder Amsterdam op de overgang van de smeltwaterklei uit het Saalien naar de zeeklei uit het Eemien voorkomt. De laag is soms gashoudend en is vernoemd naar de geoloog Harting.

NAP

Normaal Amsterdams Peil. Het nulpunt of het referentieniveau van de hoogtemetingen in Nederland.

Oeverwal

Een langs een rivier afgezette rug van zand of klei die wat hoger in het landschap ligt.

Oude zeeklei

‘Oude zeeklei’ is een wat verouderde maar algemeen bekende benaming voor in een lagune afgezette klei boven het Basisveen en onder het Hollandveen in Noord Holland.

Pleistoceen

Geologische periode die duurde van circa 2.600.000- 10.000 jaar geleden. Het Pleistoceen wordt gekenmerkt door een afwisseling van koude (glaciale) en warme (interglaciële) perioden.

Podsol

Bodem op zandgrond waarbij onder andere ijzerverbindingen in de bovenste dunne laag (een grijze loodzandlaag) zijn opgelost en naar beneden verplaatst.

Saalien

IJstijd van circa 250.000-130.000 jaar geleden. Aan het einde van deze IJstijd werd Nederland gedeeltelijk bedekt met landijs. Onder Amsterdam werd een glaciaal bekken gevormd.

Sediment

Sediment of afzetting is de benaming van door ijs, water of wind meegenomen of neergelegd materiaal.

Sondering

Het meten van het draagvermogen op een bepaalde plaats door middel van het met een constante snelheid in de bodem drukken van een stang met een kegelvormige top (conus).

Sonderingsgrafiek

Grafiek waarin de gemeten weerstand (draagvermogen) van de bodem door middel van een sondering wordt weergegeven. Hoe groter de uitslag van de meting, hoe groter de weerstand.

Stratigrafisch principe

Het door Steno (Niels Stensen; 1638-1686) beschreven geologische principe dat stelt dat

gesteentelagen opeenvolgend zijn gevormd, met de oudste onder en de jongste boven, tenzij de opeenvolging door latere processen verstoord is.

Stuwwal

Een in het landschap liggende rug die door een gletsjer (landijs) opgedrukt is.

Timpaan

Driehoekig bovenstuk in een voor- en of achtergevel. Oorspronkelijk rustend op een horizontale balk die op zijn beurt weer op zuilen rust.

Trias

Geologische periode die duurde van 210.000.000 tot 250.000.000 jaar voor heden.

Tsunami

Vloedgolf als gevolg van een onderzeese aardbeving.

Tussenlaag

Een veelvuldig in de bodem van Amsterdam voorkomende laag die uit klei en veen is opgebouwd. De laag ligt onder het dekzand en geeft bij een sondering een lagere uitslag. De laag dekzand boven de Tussenlaag wordt in Amsterdam de eerste zandlaag genoemd; het zand onder de Tussenlaag de tweede zandlaag.

Tussen-IJstijd

Zie interglaciële periode

Tweede zandlaag

De zandlaag gelegen onder de Tussenlaag die gebruikt wordt voor de fundering van zwaardere gebouwen.

Veen

Grondsoort die bestaat uit gedeeltelijk verteerd plantenmateriaal. Veen ontstaat onder de grondwaterspiegel in een zuurstofarm milieu.

Wadzand

Zand afgezet in een op de Waddenzee gelijkend milieu

Warven

Door het smeltwater van een gletsjer jaarlijks afgezette laagjes in een meer. Een warve is normaliter opgebouwd uit een fijnzandig 's zomers afgezet laagje en een vooral uit klei bestaand winterlaagje. Het zandige laagje is doorgaans licht van kleur; het kleilaagje donker. De dikte van een warve bedraagt doorgaans niet meer dan enkele centimeters.

Weichsellien.

Laatste IJstijd uit het Pleistoceen die duurde van 115.000-10.000 jaar geleden. Nederland was niet bedekt met landijs maar de bodem was gedurende lange perioden continue bevroren (permafrost).

IJstijd

Zie glaciale periode

IJzerhydroxide

Chemische verbinding tussen ijzer (Fe) en een hydroxide (OH).

Zand

Sediment opgebouwd uit korrels met een diameter tussen de 63 en 2000 µm.

Zwavel dioxide

Chemische verbinding tussen zwavel en zuurstof (SO₂).

6. LITERATUUR

BEKNOPT OVERZICHT VAN DE BELANGRIJKSTE BRONNEN

Baar, Peter-Paul de (1993)

Versch drinkwater voor de hoofdstad. Gemeentewaterleidingen Amsterdam. 96 blz.

Cleveringa, Piet, Wim de Gans en Hein de Wolf (1995)

Aardgas onder Amsterdam. Ons Amsterdam. 47/1. Blz. 6-9.

Dubelaar, W. (1984)

Steenrijk Amsterdam. Een geologische stadswandeling. KNNV. 88 blz.

Gans, W. de (2006)

Geologieboek Nederland. ANWB/TNO. 160 blz.

Gans, Wim de, Piet Cleveringa, Tom Meijer en Hein de Wolf (2001)

Amsterdam ondergronds: 'dary, mollem, weeke klay, schelpen en horentjes'. In: Henk van Halm e.a. (red). De Wilde Stad. 100 jaar natuur in Amsterdam. Blz. 145-153.

Harting, P. (1852)

De Bodem onder Amsterdam onderzocht en beschreven. Verhandeling der eerste Klasse van het Kon. Ned. Instituut van Wetenschappen, Letterkunde en Schoone Kunsten, 3e reeks, 5e deel. Blz. 72-232.

Hogenes, Kees (1997)

Costelijk Stadswater. Geschiedenis van de Amsterdamse waterhuishouding in vogelvlucht. Stadsuitgeverij/Riolering en Waterhuishouding Amsterdam. 112 blz.

Hogenes, Kees, Gerard Visser, Willem Hilbrink en Diederik Licht (1976)

De Amsterdamse bodem. Werk in Uitvoering 10-11. Maandblad van de dienst der publieke werken Amsterdam. Blz. 381- 389.

Mulder, E.F.J. de, Mark C. Geluk, Ipo L. Ritsema, Wim E. Westerhoff en Theo Wong (2003)

De ondergrond van Nederland. Wolters-Noordhoff Groningen/Houten. 379 blz.

Stadsdeel Rivierenbuurt (1993)

Funderingen in de Rivierenbuurt. Stadsdeel Rivierenbuurt, Amsterdam. 19 blz.

Veen, F.R. van (2007)

Nicolaus Steno en de Put van Amsterdam. Geobrief 31/3. Blz. 14-16.

Veerkamp, J. (1998)

Mammoeten in Amsterdam. Een archeologische verkenning langs de Noord/Zuidlijn. Directie Noord/Zuidlijn, Amsterdam. 88 blz.

Vos, P en P. Kiden (2005)

De landschapsvorming tijdens de Steentijd. In: Jos Deebe e.a. (red). De Steentijd van Nederland. Blz. 7-37.

Waalewijn, Ir.A. red. (1987)

Drie eeuwen Normaal Amsterdams Peil. Hoofddirectie van de Waterstaat, 's Gravenhage. 56 blz.

Zagwijn, W.H. (1986)

Nederland in het Holoceen. Rijks Geologische Dienst/Sdu; 46 blz.

› COLOFON

De Geologische Dienst Nederland van TNO is hét centrale geowetenschappelijke informatie- en onderzoekscentrum van Nederland voor duurzaam beheer en gebruik van de ondergrond en ondergrondse natuurlijke bestaansbronnen.

De Geologische Dienst Nederland heeft een informatie functie voor de ondergrond en verricht daartoe toegepast geowetenschappelijk onderzoek. Ook het toegankelijk maken van de kennis van de ondergrond voor het Nederlandse publiek behoort tot de taken van de Geologische Dienst Nederland van TNO. Vandaar deze geologische wandeling door Amsterdam.

OVER DIT BOEKJE

Idee en tekst: Wim de Gans
Redactie: Wim Dubelaar
Vormgeving: mariëtte jongen vormgeving

VERANTWOORDING VAN DE ILLUSTRATIES

Van alle illustraties liggen de rechten bij TNO, uitgezonderd
Figuren 1, 5, 9, 11, 16, 24, 25, 27 en 28: E.M. de Gans;
Figuren 6 en 33: Paul Paris/Les Images; Figuren 12, 14 en 15: W. de Gans;
Figuur 13: W. Dubelaar; Figuur 19 en 20: Stichting Atlas van Stolk;
Figuren 21 en 22: Bureau Noordzuidlijn; Figuur 23: Archief Omegam;
Figuur 31: Stadsarchief Amsterdam; Figuur 32: Amsterdams Historisch Museum; Figuur 36: Stadsdeel Rivierenbuurt;
Omslag en Figuur 37: Stedelijk Museum Amsterdam;
Figuur 38: Dienst Publieke Werken Amsterdam; Figuur 43: P. Vos.

Omslag

Detail van een monument bij de Sint Antoniesluis met daarop het gedicht 'Onrust' van Jacob Israël de Haan (1881-1924).

ISBN: 978-90-5986-372-9

Eerste druk 2011

INFORMATIE

Informatie over TNO: www.tno.nl

Informatie over bodem en ondergrond: www.bodemenondergrond.nl

Informatie over bijzondere aardkundige verschijnselen in Nederland: www.geosites.nl

Voor data en informatie van de Nederlandse ondergrond, waaronder boorgegevens: www.dinoloket.nl

