

A photograph of a riverbank. The foreground shows a muddy, sandy bank with some green vegetation. A river flows through the middle ground, reflecting the sky and the surrounding trees. The right bank is a steep, eroded bank covered in brown leaves and some green moss. Several trees with bare branches are visible, some leaning over the water. The background shows more trees and a clear blue sky.

De ontstaansgeschiedenis van het Winterswijkse landschap

Rob Hartmans

Table Of Contents

Voorwoord	3
Over dit boek	4
Inleiding geologie	6
Mesozoïcum	12
De Trias periode (253 - 201 miljoen jaar geleden)	12
Wat is er te zien van de Trias periode?	16
De Jura periode (200 tot 145 miljoen jaar geleden)	20
Wat is er te zien van de Jura periode?	20
De Krijt periode (145 tot 66 miljoen jaar geleden)	22
Wat is er te zien van de Krijt periode?	24
Kenozoïcum	27
De Tertiair periode (66 tot 2,5 miljoen jaar geleden)	28
Wat kunnen we nog zien uit de Tertiair periode?	31
De Kwartair periode (2,5 miljoen jaar geleden tot heden)	33
Wat is er te zien van de Kwartair periode?	37
Voor de kijklustigen	49
Tot besluit	52
Inleiding menselijke invloed	53
Landgebruik	55
Essen	56
Venen	57
Woeste gronden en scholten	59
Ruilverkaveling	61

Inhoud

Bossen	62
Aantasting van het historische cultuurlandschap	64
Beken	65
Aardwerken	70
Groeves en leemputten	70
Houtwallen, landwieren en schansen	73
Rabatten	75
Winterswijkse "bergen"	76
Oude spoorbanen	77
Kaarten	78
Geologische kaart	78
Landschapselementen	79
Fietsroutes	83
Meer weten	86
Geologische tijdschaal	87
Boorputten	88
Gesteente	91
Bodembewegingen	133
Massa-extincties	143
Klimaatverandering	145

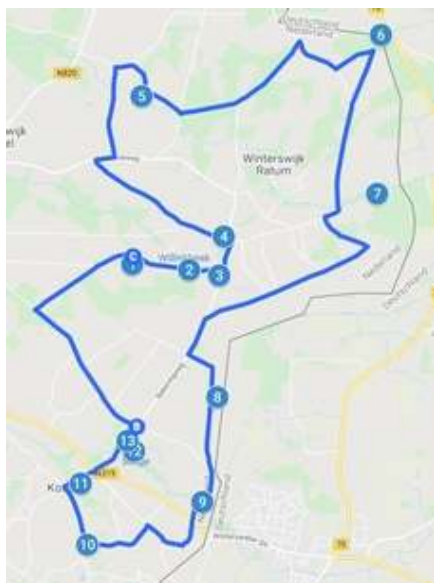
Voorwoord

Winterswijk staat bekend om zijn mooie landschap en de voor Nederland geologisch interessante en unieke steengroeven. Maar de geologie manifesteert zich op meer plaatsen dan alleen in de steengroeven, als je er maar op uittrekt en weet waar en hoe je moet kijken in dat mooie landschap.

Doel van dit eboek is om de samenhang tussen gebeurtenissen uit het geologische verleden en het Winterswijkse cultuurlandschap inzichtelijk te maken voor met name de Winterswijkers, die veel van de genoemde locaties zullen herkennen. Maar ook de geïnteresseerde toerist zou de beschrijvingen als een reisgids van het Winterswijkse landschap kunnen gebruiken. Zonder in (wetenschappelijk) detail te treden, vertelt de website hoe oude gesteenten zijn ontstaan en hoe recente geologische gebeurtenissen de vorming en het gebruik van het Winterswijkse landschap hebben beïnvloed. De overblijfselen van deze gebeurtenissen zijn nog steeds zichtbaar in het landschap.

Het overgrote deel van Nederland ligt in een rivierendelta en is bedekt door jonge klei- en zandsedimenten. Echter rond Winterswijk ontbreken deze sedimenten. De omgeving van Winterswijk is als een venster, dat ons een zicht geeft op de oude Nederlandse ondergrond. De door het venster zichtbare oude lagen gaan tot wel 250 miljoen jaar terug in de tijd, en kunnen naast of direct onder veel jongere afzettingen liggen. Om deze reden wordt Winterswijk ook wel de geologische mozaïekvloer van Nederland genoemd.

Het geologie deel van dit e-boek is onderverdeeld in een aantal pagina's, die een reis door de tijd beschrijven, te beginnen zo'n 250 miljoen jaar geleden. De reis is gekoppeld aan locaties in de omgeving van Winterswijk, die ons iets vertellen over hoe het er hier ooit uitzag. Enkele locaties zijn bijzonder om te zien, de meeste zijn tamelijk onopvallend, maar wel omringd door een fraai landschap. Een beter begrip van hoe geologische processen het landschap hebben gevormd en hoe mensen de geologische verschijnselen wisten te benutten, maakt een tocht door het Winterswijkse nog interessanter.



Voor de liefhebbers zijn er nog de pagina's "kaarten" en "meer weten", waarin een aantal in de pagina's "geologie" genoemde onderwerpen nader worden toegelicht.

Op de pagina's [fietsroutes](#) staan enkele van de mogelijke routes, die de bezienswaardigheden verbinden.

Over dit boek

Het doel van deze webpagina's is om de invloed van geologische gebeurtenissen op het ontstaan van het Winterswijkse cultuurlandschap in één verhaal samen te vatten en toegankelijk te maken voor geïnteresseerden zonder daarbij in (wetenschappelijk) detail te treden. Bovendien worden enkele ingrepen van de mens op het landschap kort toegelicht. Om het voor de meeste lezers begrijpelijk te houden, heb ik vakjargon zoveel mogelijk vermeden. De geologische geschiedenis van het Winterswijkse gebied is in werkelijkheid complexer dan in de volgende pagina's beschreven, en helaas heb ik niet altijd recht kunnen doen aan alle geologische studies m.b.t dit gebied. De keuze wat wel te beschrijven en wat niet, bleek een lastige te zijn. Omdat de Winterswijkse regio zo vaak in zee lag, heb ik het complexe samenspel van [bodembewegingen en zeespiegelvariaties](#) van in "meer weten" extra aandacht gegeven.

In een aantal gevallen kon ik me niet bedwingen en geef ik meer uitleg in detail, of schets ik een iets bredere context. De betreffende text staat in een lichtgrijs vak, springt in en heeft een cursief lettertype. Voor het begrijpen van de daarop volgende text zijn deze "ingebouwde voetnoten" niet nodig.

Geologie is de wetenschap die de processen bestudeert, die de aarde hebben gevormd. De geoloog gebruikt hier lagen in de ondergrond voor. Deze lagen kunnen versteend zijn of nog ongeconsolideerd (niet versteend). Monsters en metingen van aardlagen ontsloten door boorputten en oude lagen die aan de oppervlakte komen, geven de geoloog toegang tot de archieven van de aardse geschiedenis. De oude lagen bevatten informatie aangaande het complexe samenspel van zeeën, rivieren, klimaten en bodembewegingen tijdens welke de lagen zijn gevormd. De geoloog reconstrueert de geschiedenis van een gebied op de aarde middels het begrijpen van de ontstaansgeschiedenis van de oude bodemlagen, net zoals een historicus archieven met oude documenten bestudeert om onze geschiedenis beter te begrijpen. Maar waar de geschreven geschiedenis van de mensheid niet meer dan enkele duizenden jaren beslaat, beslaat de met oude bodemlagen gedocumenteerde geschiedenis van de aarde enkele miljarden jaren. Winterswijk is tamelijk uniek in Nederland, omdat hier archieven van diverse periodes uit de laatste 250 miljoen jaren aan de oppervlakte liggen.

In Nederland groeien we niet op met een geologisch bewustzijn. Op school wordt aan geologie weinig aandacht besteed en de meeste Nederlanders wonen in de vlakke delta van de Rijn en Maas, waar we weinig of niets van de ondergrond kunnen zien. Wanneer we op vakantie gaan, worden we ons soms wel bewust van geologische verschijnselen, zoals bijvoorbeeld wanneer we de druipsteen grotten in de Ardennen bezoeken, de kalksteenkliffen langs de Franse en Engelse kusten bewonderen of door een nauwe kloof in de Ardeche rijden.

Zeer veel detail aangaande de Winterswijkse geologie is te vinden in vaktijdschriften, maar deze zijn vaak minder toegankelijk voor de "gemiddelde" lezer. Zonder deze literatuur had ik deze website echter niet kunnen samenstellen. Een aantal, enigszins meer algemene publicaties worden hieronder genoemd. De auteurs van deze en andere publicaties hebben vele manjaren besteed aan het bestuderen en documenteren van de Winterswijkse ondergrond en het landschap.

Over dit boek

Al rondkijkend en lezend ben ik steeds meer van de Winterswijkse geologie en het cultuurlandschap gaan begrijpen. Indien mogelijk heb ik de publicaties over de geologische verschijnselen in het veld geverifieerd. De daaruit voortvloeiende kennis over de ondergrond van Winterswijk heb ik geprobeerd op een begrijpelijke en vereenvoudigde wijze in de pagina's "geologie" samen te vatten. De tekeningen en foto's zijn door mij gemaakt, behalve wanneer anders vermeld. Ik citeer lang niet alle bronnen omdat ik dit verhaal zo leesbaar mogelijk wil laten zijn.



Na afronding van de studie geologie, ben ik 35 jaar werkzaam geweest in de olie- en gasindustrie tot mijn pensionering eind 2016. Mijn afstudeerrichting is petrologie, een onderzoeksgebied dat gericht is op het bestuderen van de samenstelling van gesteenten en de omstandigheden waaronder deze zijn ontstaan.

Als geoloog wil ik de onderliggende gebeurtenissen begrijpen, die tot de landschapsvorming hebben geleid en daarom heb ik het cultuurlandschap van mijn huidige regio Winterswijk onder de loep genomen.

Rob Hartmans

Onderstaande lijst van toont publicaties van (deels) meer algemene aard en omvat slechts een klein deel van alle publicaties over de Winterswijkse geologie en het landschap:

- Cultuurhistorische atlas Winterswijk, J. Neefjes en N. Willemse, 2009
- Aardkundige waarden in Winterswijk, N. Willemse, 2018
- Winterswijk, landschap en vegetatie, deel 1. Ontstaan en opbouw van het landschap, ST.H. van den Brand e.a., 1981
- Winterswijk, geologie deel I, Inleiding tot de geologie van Winterswijk, W. Peletier en H.G. Kolstee, 1986
- Winterswijk, geologie deel II, De Trias-periode (geologie, mineralen en fossielen), H.W. Oosterink, 1986
- De ontwikkeling van het landschap ten oosten van Winterswijk, M. van den Bosch en H. Kleijer, 2003
- Bodemkundig-geologische inventarisatie van de gemeente Winterswijk, Alterra, M. van den Bosch en F. Brouwer, 2009
- Gids voor de Winterswijkse steengroeve, J. Reumer, 2020
- Ontdek de Achterhoek, H. Schimmel, R. Borman, G. Gonggrijp e.a., 1983

Vragen of opmerkingen, stuur dan een email naar: info@geowinterswijk.nl

Inleiding geologie

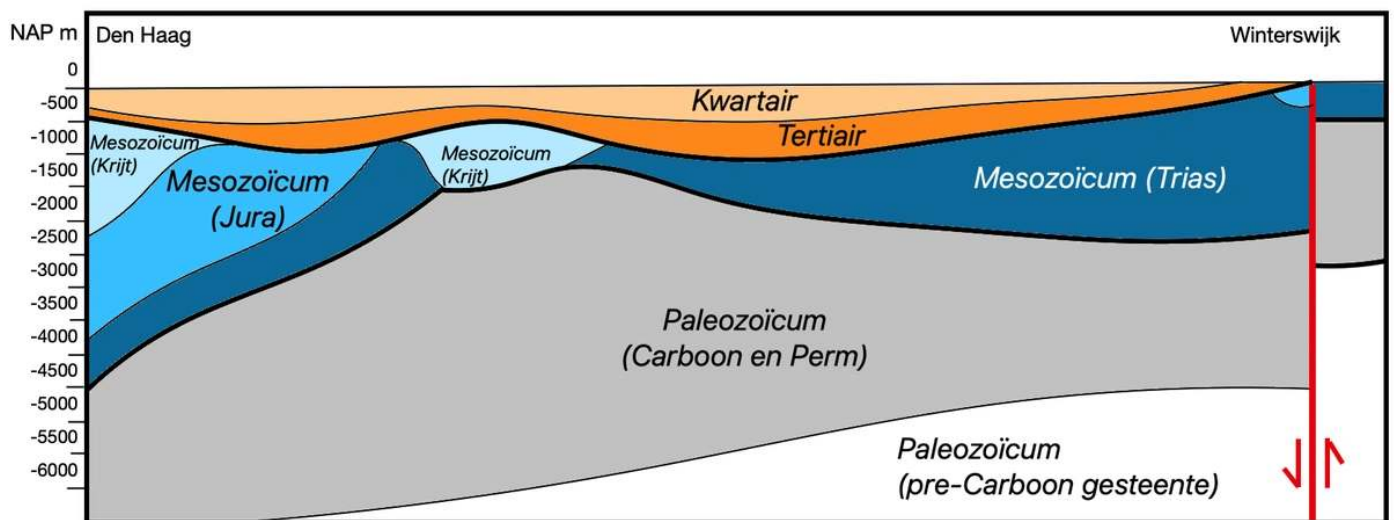
Een bepaalde plek op de aardkorst heeft gedurende het verstrijken van talloze miljoenen jaren verschillende klimaatzones gekend, omdat zowel de atmosferische samenstelling varieerde als de (oer)continenten gelegen op platen van aardkorst zich verplaatsten. "Botsende" aardplaten veroorzaken aardbevingen en opstuwing van de aardkorst in de vorm van gebergten, die na het verstrijken van vele miljoenen jaren weer zijn veranderd in (hoog)vlaktes t.g.v. de afbrekende werking van rivieren en klimaat. Het proces van de bewegende en botsende platen heet *plaattektoniek*. Bovendien was die bepaalde plek dan weer ondergedompeld in een ondiepe zee, dan weer drooggevallen en blootgesteld aan de grillen van het klimaat of bedekt door het water van meren of rivieren. Middels het bestuderen van oude aardlagen is een geoloog in staat om het verloop van al die gebeurtenissen van een bepaalde plek op de aardkorst te ontrafelen.



Het oer continent Pangea ten tijde van het Vroeg-Trias, zo'n 250 miljoen jaar geleden. Land en ondiepe zee zijn bruin (oud gebergte), groen en lichtblauw gekleurd. De diepzee is donker blauw gekleurd. De toenmalige ligging van Winterswijk is met een witte pijl aangegeven, en ligt op 23,5° noorderbreedte (Kreeftskeerkring), dwz ter hoogte van de huidige ligging van de Arabische Emiraten. Met gele pijl is de huidige breedte en lengte graad van Winterswijk aangegeven. Bron: "Plate tectonic maps and Continental drift animations by C. R. Scotese, PALEOMAP Project (www.scotese.com)".

Het plekje op de aardkorst dat nu Winterswijk heet, heeft enorme afstanden afgelegd over de aardbol en kent mede daardoor een diverse geologische geschiedenis. Ooit, ruim 500 miljoen jaar geleden heeft Winterswijk dicht bij de zuidpool gelegen, maar in een ander jonger geologisch tijdperk weer dicht bij de evenaar. Ook nu nog bewegen de aardplaten met een snelheid van enkele centimeters per jaar t.o.v. elkaar. De aan de oppervlakte zichtbare geologische geschiedenis van Winterswijk begint zo'n 250 miljoen jaar geleden (in de Trias periode), toen Winterswijk op de breedtegraad lag van het huidige Noord-Afrika. Winterswijk was destijds onderdeel van het oercontinent Pangea, dat bijna alle toenmalige landmassa omvatte. Tijdens de laatste 250 miljoen jaar heeft Winterswijk regelmatig gedurende lange tijd in een ondiepe zee dichtbij de kust gelegen en, net zoals de rest van Nederland, tientallen miljoenen jaren een droog en warm klimaat gekend. Maar er is een verschil met het overgrote deel van Nederland: In Winterswijk is van die geologische geschiedenis nog iets zichtbaar aan de aardoppervlakte.

In het Winterswijkse komen zeer oude bodemlagen aan de oppervlakte, ouder dan op enig andere plek in Nederland met uitzondering van een heel klein stukje Zuid-Limburg. Deze oude bodemlagen verklaren het van west naar oost oplopende reliëf in het Winterswijkse. De bij Winterswijk gelegen zichtbare oude lagen gaan tot wel 250 miljoen jaar terug in de tijd. Dat is niet veel in vergelijking met de geschatte ouderdom van de aarde (4,5 miljard jaar), maar wel heel erg oud voor Nederlandse begrippen. Bovendien treffen we hier veel lagen aan die sterk verschillen in ouderdom, maar wel naast elkaar liggen. Het aantreffen van lagen uit alle geologische periodes vanaf 250 miljoen jaar geleden (Trias periode) tot nu (Kwartair periode) op een oppervlak van enkele tientallen vierkante kilometers is uniek in Nederland. Om deze reden wordt de omgeving van Winterswijk wel een geologische mozaïekvloer genoemd en is de Winterswijkse ondergrond onderwerp van gedetailleerde geologische onderzoeken geweest.



Zeer vereenvoudigde dwarsdoorsnede van bodemlagen tot 6500m diepte langs de lijn Den Haag naar Winterswijk (afgeleid van data uit Dinoloket.nl). De onderliggende bodemlagen zijn hier ouder dan de bovenliggende. De jongste kwartaire en tertiaire bovenlagen (bruine kleuren) bestaan vooral in West- Nederland uit jonge (kwartaire) zee- en rivierklei en zand. In oostelijke richting (rechts) worden de kwartaire afzettingen minder dik en daardoor komt het oudere Tertiair en nog oudere Mesozoïcum en Paleozoïcum ondieper te liggen. De top Trias (250 miljoen jaar oud) ligt bij Winterswijk aan de oppervlakte, maar bij Den Haag op ca. 4000m diepte. De rode lijn bij Winterswijk geeft een breuk in de aardkorst aan, waardoor het rechter (oostelijk) gedeelte van de bodemlagen omhoog is geschoven t.o.v. het westelijk gedeelte, zodat ten oosten van de breuk oudere bodemlagen nog ondieper kwamen te liggen. De hier afgebeelde simpele breuk is in werkelijkheid een complex stelsel van meerdere breuken en plooiën in oude lagen. De kolom (links) geeft diepte in meters beneden NAP aan. De verticale diepte schaal is sterk vertekend t.o.v. de west-oost horizontale schaal.

Nederland ligt al miljoenen jaren grotendeels in een rivierendelta, en is dus voornamelijk vlak en voor een groot deel bedekt met jonge rivier- en zeelei, zand en grind. De oudere lagen, die zijn ontstaan tijdens een ander klimaat en in een andere geografische omgeving, liggen in het westen en noorden van Nederland op grote diepte en hebben geen invloed gehad op de recente vorming van het landschap. Relatief jonge geologische processen (in de geologie beschouwen we de periode Kwartair met de ijstijden, die 2,5 miljoen jaar geleden begon, als jong) hebben wel sporen achtergelaten, vooral in de vorm van dikke lagen zee- en rivierlei, kustduinen, rivierbeddingen, stuifzanden, stuwwallen gevormd door gletsjerijs, en zo meer. Echter in sommige delen van Nederland schemert de pre-kwartaire geologie wel door en heeft invloed gehad op de vorming van ons cultuurlandschap. Sommige details in het terreinreliëf zijn dan rechtstreeks te herleiden tot oude structuren in de diepere ondergrond. Binnen onze landsgrenzen is dit met name het geval in Zuid-Limburg, maar ook in enige mate in de omgeving van Winterswijk, Oost-Twente en de Peel, waar een goed geïnformeerde waarnemer ook oudere geologie kan zien doorschemeren.

Tegenwoordig maakt het Winterswijkse, net zoals Oost-Twente, deel uit van het zogenaamde Oost-Nederlands plateau. Het plateau is ontstaan als gevolg van verticale bewegingen in de aardkorst. Opheffing van het plateau zou al aan het einde van de Krijt periode (ca. 70 miljoen jaar geleden) zijn begonnen, en voortgeduurd hebben tijdens de Tertiair en Kwartair periodes. Gedurende het Tertiair vonden echter zowel stijgende als dalende bodembewegingen plaats. Het is reëler de opheffing van het oost-Nederlands vanaf het Plioceen tijdvak (5 miljoen jaar geleden) te veronderstellen, toen een continue opheffing aanving, die tot heden voortduurt.

Tijdens het grootste deel van de Tertiair periode lag het gebied Winterswijk in een ondiepe zee, dichtbij de kustlijn. Weliswaar fluctueerde de zeespiegel t.o.v. het vasteland zodanig dat het Winterswijkse regelmatig droogviel, maar t.g.v. verticale bodembewegingen en het kouder wordende klimaat, waardoor op Antarctica en Groenland steeds meer water in ijs werd omgezet, trok de zee zich overwegend terug naar het westen. Nadat het Winterswijkse gebied droog kwam te liggen "sleten" de eerder afgezette bodemlagen af t.g.v. bodemerosie, zodat de hoogte van het plateau nooit meer dan enkele tientallen meters boven het toenmalige zeeniveau is uitgekomen. De huidige ligging van het Oost-Nederlands plateau is voor Nederlandse begrippen tamelijk hoog, rondom Winterswijk 20 tot 50m +NAP, en reikt op de stuwwallen van Oost-Twente tot 80m +NAP. De westrand van het Oost-Nederlands plateau is duidelijk zichtbaar als terreinverheffing op de N318 in Aalten ten westen van Winterswijk. Over een korte afstand wordt hier een hoogteverschil van 10m overwonnen. De plateaurand is zo steil en goed bewaard gebleven, omdat het de oostelijke oever van het stroomgebied van de oer-Rijn was en werd bedekt door riviergrind. Het oppervlak van het Oost-Nederlands plateau nabij Winterswijk bestaat voornamelijk uit oud, soms versteend, tertiair (66 tot 2,5 miljoen jaar oud) en mesozoïsch (250 to 66 miljoen jaar oud) materiaal, bedekt door een (meestal minder dan 5m) relatief dunne en zachte kwartaire bovenlaag (klei, zand, grind, humus en veen). De hardheid van het oude bodemmateriaal is veroorzaakt door langdurige blootstelling in de ondergrond aan allerlei chemische en fysische processen, die de oorspronkelijke losse zand-, kalk- en kleikorrels samendrukten en aan elkaar deed plakken. In de omgeving van Winterswijk, en ook in het oostelijk deel van Twente, bevindt zich de top van deze oude (pre-kwartaire) ondergrond veelal boven 30m +NAP. Verder naar het westen toe gaat het plateau al snel over in het zogenaamde Noordzee bekken waarin de oude ondergrond in westelijke richting door steeds dikkere lagen [jonger kwartair materiaal wordt bedekt](#).

Op enkele plaatsen rondom Winterswijk *dagzoomt* de oude ondergrond, m.a.w. de oude ondergrond is zichtbaar omdat het niet meer bedekt is door jonge kwartaire lagen (zo'n plek wordt *ontsluiting* genoemd). Dit is hier met name het geval wanneer de jonge bovenlaag door menselijk toedoen is verwijderd (in groeves en greppels) of door de eroderende werking van water (in beekbeddingen). Wegens de sterke bodemvorming en vegetatiegroei in het gematigde klimaat van het vlakke en vochtige Nederland zijn de ontsluitingen doorgaans zeer bescheiden en tijdelijk van aard.

Men kan zich wellicht voorstellen dat zo'n harde en ondiep gelegen erosie-bestendige ondergrond invloed heeft gehad op de vorming van de huidige topografie. De heuvels in Oost-Twente bezitten een kern van door landijs gestuwde oude harde lagen. Bewegend landijs heeft nadien de gestuwde heuvels weer enigszins afgevlakt en het afgeschraapte materiaal elders weer gedeponneerd als zogenaamde keileem. In de omgeving van Winterswijk ontbreken echter gestuwde heuvels zoals die er zijn in Oost-Twente. Wel waren er ooit beekdalen in het Winterswijkse, waarin de wind en het smelt- en regenwater klei, zand en grind achterlieten. De verschillende mates van bodeminklinking en erosie tussen de diverse bodemsoorten hebben tot enig topografisch reliëf geleid. Wat we in Winterswijk e.o. aan topografisch reliëf zien is echter ook ten dele van oudere oorsprong, van vóór de ijstijden (=pre-glaciaal). De **oplopende topografische hoogte** ten zuiden (buurtschap Woold) en ten oosten (buurtschap Kotten) van het dorp Winterswijk is veroorzaakt door de hoge ligging van de harde erosie bestendige tertiaire en mesozoïsche ondergrond. De oude ondergrond is tevens de oorzaak van een complexe waterhuishouding, waarbij watervoerende lagen soms aan de oppervlakte komen en kwelwater leveren aan de beken. Bovendien lijkt de oorspronkelijke loop van sommige beken te zijn bepaald door laagtes uitgeslepen in de oude tertiaire en mesozoïsche lagen. De onregelmatig voorkomende **keileem** uit de Kwartair periode kan daarentegen juist weer een voor water ondoordringbare laag vormen. De ondiepe aanwezigheid van oude ondergrond bij Winterswijk is al lang bekend. Al sinds 1820, of misschien wel eerder, was de aanwezigheid van kalksteen in de Willinkbeek bekend. In 1853 heeft men twee putten twee putten **twee putten** gegraven (de zogenaamde Staringputten, vernoemd naar één van de grondleggers van de Nederlands geologie, en zoon van de dichter Staring), om de gewonnen kalksteen als wegverharding te gebruiken. Staring dacht overigens dat de kalksteen uit een ander tijdvak (Vroeg-Krijt) stamde en veel jonger was dan zo'n 50 jaar na 1853 het geval bleek te zijn (nl. Muschelkalk uit het Midden-Trias). De geologie stond voor 1900 immers nog in de kinderschoenen.

In 1860 schreef W. Staring in zijn boek "De bodem van Nederland":

"... binnen onze grenzen op de scholteplaats Willink, onder Ratum, bij Winterswijk; een weinig meer westelijk in het Vossenveld; in den oever van de Kottesche beek even boven de brug in de grindweg naar Odink; en eindelijk, in eenen boorput bij Busker ten zuidoosten van Winterswijk, waar, op 44 el diepte, onder tertiären leem, deze lagen beginnen en zich tot 112 el diepte uitstrekken, zonder dat men daar nog de onderzijde bereikt heeft."

Uit bovenstaand citaat blijkt dat Staring geen verschil veronderstelde tussen de kalkstenen in de Willinkbeek en de Bemersbeek (= Kottesche beek). Staring heeft het hier over kalkstenen uit de Wealden, een oude benaming voor een tijd in het Vroeg-Krijt. We weten nu, dat het verschil in ouderdom tussen de kalkstenen in de Willinkbeek en Bemersbeek ongeveer 150 miljoen jaar is..... Een el is oude lengtemaat van 69 cm.

En verder:

"...de kalklagen zijn het voor de nijverheid meest belangrijke bestanddeel. Deze zijn ook binnen de grenzen van Nederland, op de scholteplaats Willink, voorhanden, maar het is, tot dus verre, nog niet gelukt om den eigenaar tot het ontginnen der laag over te halen. Hier bestaat dezelfde zwaarigheden als bij den steen van Losser, de lage ligging en de noodzakelijkheid van aanhoudend water uit te moeten pompen niet uitgezonderd. De proef in 1854 genomen, om dezen steen te bezigen tot onderlaag voor den grindweg naar Odink, is mislukt, omdat men daarvoor niet alleen den kalk- maar ook den leemsteen aanvoerde, welke daartoe volstrekt niet geschikt is en, in den eerste winter reeds, aan den lucht blootgesteld, uiteenviel. Mogten de kalklagen, die men thans in den gebrekkigen, kleinen proefput van Willink gevonden heeft, niet voldoende zijn, zoo is met genoegzame zekerheid te verwachten, dat er, dieper, andere en dikkere lagen te vinden zijn."

In 1942 schreef dr. J.W.B van der Stiggel, destijds directeur van het Haagse "Museum voor het onderwijs", in zijn boekje "Langs het spoor der eeuwen" met gevoel voor dramatiek en op belerende wijze hierover:

"Toch is er een tijd geweest, dat één van Nederlandsch knapste geologen, W.C.H. Staring, de zoon van den ons allen bekenden dichter, die om zijn kennis van onzen bodem wel de vader der geologie van Nederland wordt genoemd, in dit gebied door een fout van den Duitschen geleerden Römer een geheel verkeerd beeld van de geologische gesteldheid van dit terrein ontwierp. De gebeurtenis moge een ieder tot leering strekken, om bij al zijn waarnemingen de grootste nauwkeurigheid in acht te nemen en al zullen onze fouten niet zulke verstrekkende gevolgen hebben, voor den beginner is ook een kleine fout ernstig. Onze tocht zal de plaats gelden, waar dit "drama" te vinden is. Gaan we van Winterswijk over het Vossenveld, dan bereiken we langs den Noordelijksten weg de Willinkbeek. Bij boerderij Willink kunnen we staande op het bruggetje, als het beekje niet te veel water bevat en niet te veel zand over gespoeld is, op den bodem een groengrijs gekleurde kalkbank zien, die uit lagen bestaat met een dun mergelvliesje ertussen. In de horizontaal liggende banken komt een fossiel schelpje voor, dat voor deze laag het gidsfossiel is. Reeds in 1833 had Ferdinand Römer deze schelpjes gedetermineerd en, hoewel met eenige aarzeling, het tot het geslacht Cyrena gebracht. Dit is een gidsfossiel voor het Weald, een woudrijke formatie van het Onder-Krijt, die o.a. vlak over de grens bij Bentheim voorkomt. Staring werd door dit gegeven geheel in de war gebracht. In de stellige overtuiging verkeerende, dat hij hier het oude Krijt voor zich had, determineerde hij daarnaar de andere lagen en vormde zich een volmaakt verkeerd beeld van dit geheele gebied. In zijn beroemde boek "de bodem van Nederland" kan men dan ook het volgende lezen aangaande de meening van anderen betreffende de mogelijkheid, dat in het gebied van Winterswijk steenkool zou voorkomen: "Men droomt in deze streken nog altijd van ware steenkolen te zullen vinden, maar uit het voorgaande blijkt duidelijk, dat er geene minste aanleiding bestaat om te veronderstellen, dat die hier op bereikbare diepte aanwezig zou zijn."



Winand Carel Hugo Staring (1808 - 1877). Staring wordt beschouwd als de grondlegger van het universitair onderwijs op het terrein van de aardwetenschappen en de landbouwkunde in Nederland. Hij is de medeoprichter van de toenmalige Landbouwhogeschool te Wageningen, tegenwoordig "Wageningen University". Afbeelding: Wikipedia

De bevinding van 50 jaar later maakte het gebied interessant voor mijnbouw. De nog oudere, onder de Muschelkalk liggende, zout- en steenkollagen, zouden dus wel eens veel ondieper kunnen liggen dan eerder gedacht, en wellicht te exploiteren zijn. Begin 20e eeuw zijn, door de toenmalige verantwoordelijke Rijksdienst, [diverse boringen](#) verricht om de economische exploitatie van de steenkool- en zoutlagen te onderzoeken. Dit leidde uiteindelijk in 1930 tot het verlenen van de Gelria concessie. In de omgeving van Winterswijk heeft de beoogde winning van steenkolen en zout echter nooit plaatsgevonden en het landschap is hierdoor gelukkig niet aangetast. Wel is sinds 1932 de eerder genoemde kalksteen via [dagbouw](#) in ontginning genomen, hetgeen uiteindelijk toegevoegde natuurwaarde blijkt te hebben. Sinds het graven van de Staringputten zijn er inmiddels in de omgeving van Winterswijk enkele honderden putten geslagen, zowel voor waterwinning als geologisch en mijnbouwkundig onderzoek. Hiervan is in het landschap niets meer terug te vinden. Inmiddels heeft men ook middels seismologisch onderzoek meer gedetailleerde kennis van de diepe ondergrond verkregen. In de hierna volgende reis langs de geologische bezienswaardigheden in de omgeving van Winterswijk beginnen we met het oudst zichtbare overblijfsel uit de geologische geschiedenis en eindigen we met de recente interactie van de mens met de geologie.

Mesozoïcum

Het Mesozoïcum is een era van de geologische tijdschaal, dat van oud naar jong de periodes Trias, Jura en Krijt omvat. Het is het era waarin onder andere de dinosauriërs een belangrijke levensvorm op aarde waren. Het einde van het Mesozoïcum voltrok zich 66 miljoen jaar geleden met een plotselinge **massa-extinctie**. Vormen van leven die gedurende miljoenen jaren de ecosystemen gedomineerd hadden, verdwenen gedurende geologisch gezien zeer korte tijd. De meest gangbare hypothese betreffende de oorzaak van de massa-extinctie is een grote meteoriet inslag, die zeer veel stof in de dampkring bracht, waardoor zonlicht voor lange tijd werd geblokkeerd, het klimaat sterk afkoelde en fotosynthese, noodzakelijk voor vegetatiegroei, onmogelijk werd. De zichtbare geologische geschiedenis in Winterswijk begint met de oudste periode van het Mesozoïcum: het Trias.

Het gebied rond Winterswijk is uniek voor Nederland, omdat geen van de hieronder beschreven Winterswijkse mesozoïsche gesteenten ergens anders in Nederland aan de oppervlakte voorkomen. Afgezien van de Sibelco-steengroeve zijn de vindplaatsen van de mesozoïsche gesteentes niet opvallend en nauwelijks terug te vinden in het Winterswijkse landschap. Toch zijn de merendeels onzichtbare mesozoïsche gesteentelagen *van* invloed op het landschap, zowel wat betreft de waterhuishouding (sommige lagen uit de Krijt periode zijn watervoerend en geven kwelwater af aan de Boven Slinge en aan doorlatende lagen uit de Tertiair en Kwartair periodes) en de hoogteligging van het landschap. De mesozoïsche gesteentelagen zijn hier namelijk slechts bedekt door een soms maar enkele decimeters dikke bodemlaag, die van recente oorsprong is. Het is aannemelijk dat gedurende de geologische geschiedenis, o.a. ten tijde van de opheffing van het Oost-Nederlands plateau, de harde Mesozoïsche gesteentelagen meer weerstand boden tegen erosie dan de zachtere lagen ten westen van Winterswijk, waardoor delen van het gebied rond Winterswijk tot 50m boven NAP liggen zonder dat er sprake is geweest van stuwning ten gevolge van voortbewegend landijs.

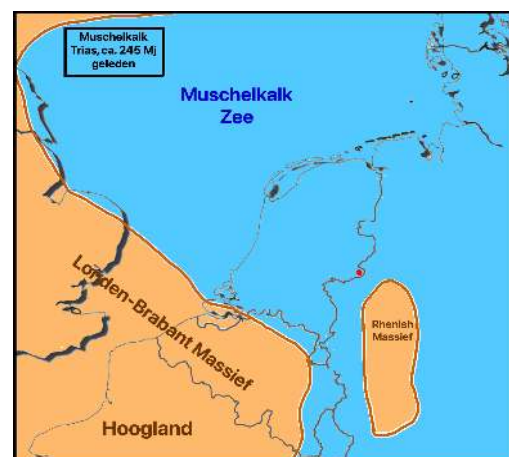
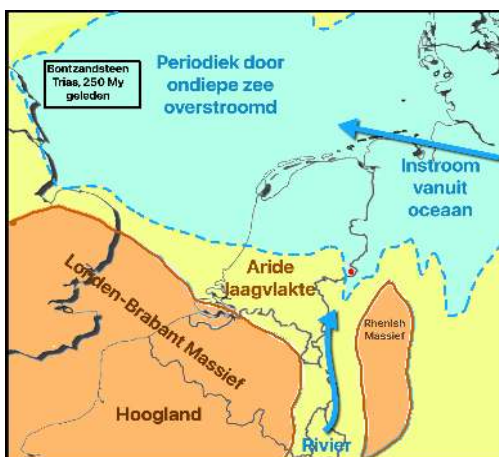
De Trias periode (253 - 201 miljoen jaar geleden)

Onze reis begint zo'n 250 miljoen jaren geleden, in het Vroeg-Trias tijdvak. Winterswijk lag toen nabij de Kreeftskeerkring, net zo zuidelijk als de Arabische Emiraten nu, en was onderdeel van het supercontinent Pangea, dat bijna alle **toenmalige landmassa** omvatte. Het klimaat was warm en droog. De omgeving van Winterswijk lag, net zoals grote delen van het huidige Europa, in een grote laagvlakte met daarin een aantal grote zoutwatermeren, waarin vanuit het omringende hogere land "vlechtende" rivieren uitmondde. Deze rivieren voerden veel erosiemateriaal aan, dat in de laagvlakte als de zogenaamde *Bontzandsteen* werd gedeponeerde. De Bontzandsteen kent vele kleurschakeringen en kan bestaan uit grove en fijne zandstenen, kleistenen, en gips en steenzout ten gevolge van het indampen van de binnenmeren in het droge en warme klimaat. Mooie kwaliteit, veelal rood gekleurde Bontzandsteen werd in Nederland en omringende landen gebruikt als bouw materiaal, dat werd aangevoerd vanuit groeves in met name Duitsland en Frankrijk. De Bontzandsteen komt op grote diepte in grote delen van de Nederlandse ondergrond voor, maar niet in Winterswijk, waar het aan de oppervlakte ligt! In de buurtschap Kotten, tussen grenspalen 780 en 781, zijn de akkers (althans wanneer die recent geploegd zijn) en de greppels (althans wanneer recent schoongemaakt) hierdoor opvallend roodbruin gekleurd. De onverstoorde Bontzandsteen (rode kleisteen, fijnkorrelige zandsteen en wat gips) ligt in dit gebied nu ongeveer één meter onder het maaiveld. Ten gevolge van het ploegen door boeren is de bontzandsteen met keileem (een overblijfsel uit de ijstijd) en opgebrachte mest vermengd, en is er een rode bodemlaag ontstaan. De rode kleur is veroorzaakt door geoxideerd ijzer afkomstig van de Bontzandsteen.

Hoewel de Bontzandsteen er bij Winterswijk niet bijzonder uitziet, is het een intrigerende gedachte, dat de rode klei- en zanddeeltjes al zo'n 250 miljoen jaar oud zijn. "Zuivere" bontzandsteen is hier alleen zichtbaar in nieuw gegraven greppels e.d. van minstens één meter diepte. De Bontzandsteen is het oudste geologische gesteente, dat in Nederland aan de oppervlakte komt, met uitzondering van [Carboon gesteente in oude groeves bij Epen in Zuid-Limburg](#) (o.a. de Heimans groeve).

Toen de bontzandsteentijd voorbij was, rukte de zee verder op over de hete woestijnachtige laagvlakte en door het bezinken van kalkskeletjes van gestorven zeediertjes begon zich een kalklaag op de ondergelopen Bontzandsteen te vormen.

Geologie houdt zich uiteraard niet aan landsgrenzen. Hoewel Carboon gesteente in Zuid-Limburg het oudste in Nederland ontsloten gesteente is, bevinden zich bij Ibbenbüren aanzienlijke Carboon ontsluitingen in de Schafberg, d.w.z 100 autokilometers dichterbij Winterswijk dan Epen in Zuid-Limburg. Gelijkend op de geologische situatie rond de Muschelkalk-groeve bij Winterswijk, is ook de Schafberg in een horstblok gelegen, waardoor de oudere lagen zijn opgeheven.

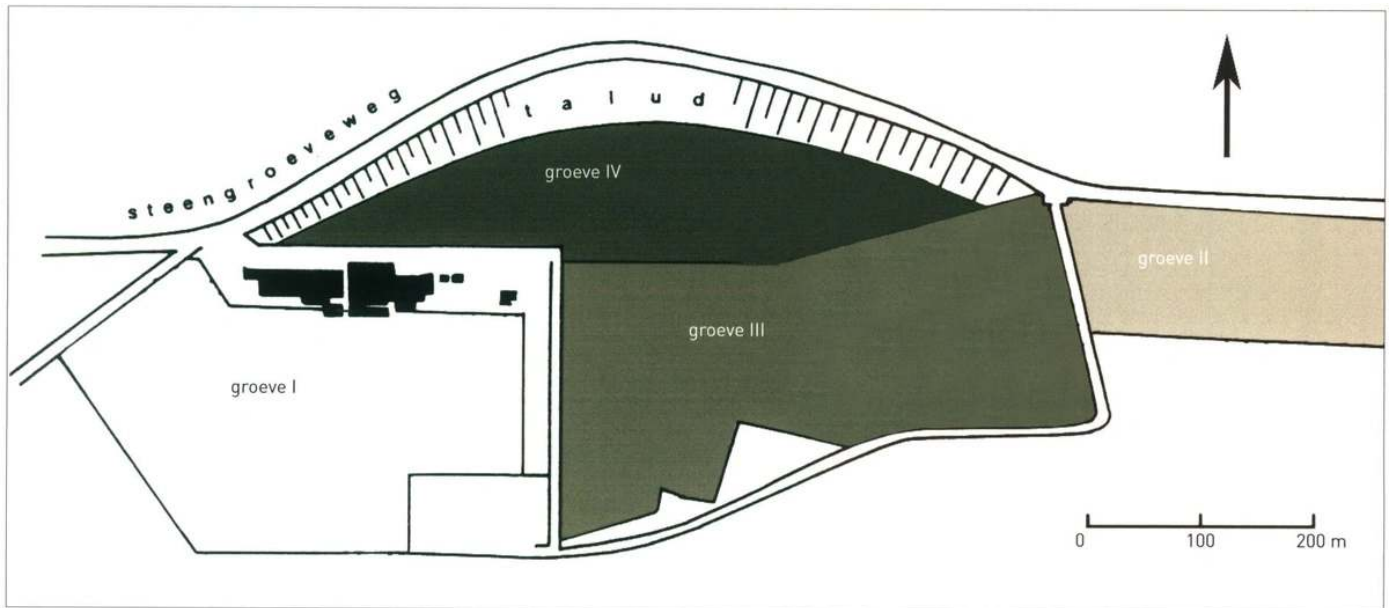


Bovenstaande twee paleogeografische kaarten tonen schetsmatig de verdeling van land en zee ten tijde van de Bontzandsteen en Muschelkalk afzettingen. De rode stip geeft de locatie van Winterswijk aan. De huidige kustlijnen (en landsgrenzen) zijn ter oriëntatie ingetekend. De bruine vlakken geven de locaties van hoger gelegen land en oude gebergtes aan. De paleogeografische kaarten zijn een statische weergave van de toenmalig land en zee verdeling. In werkelijkheid verschoven de kustlijnen continu gedurende de geologische tijdsintervallen, met name over de vlakke en lage delen van het land.

We zijn nu 5 miljoen jaar verder in de tijd, dwz 245 miljoen jaar geleden, toen tijdens het midden-Trias tijdvak de Muschelkalk in de omgeving van Winterswijk werd gevormd. Ook deze Muschelkalk komt hier aan de oppervlakte en dankzij de Sibelco-groeve vormt het nu het meest opvallende geologische fenomeen in het landschap. De Muschelkalk (in goed Nederlands: Schelpkalk) is hier 40m dik en bestaat uit heel kleine kalkdeeltjes, ooit door een soort algen uitgescheiden. Deze algen groeiden in een zeer zoute, ondiepe zee, dicht bij de kust. De aanwezigheid van fossiele resten van landdieren (inderdaad ook van reptielachtige sauriërs), schelpen, afdrukken van kwalen, vissen, krimpscheuren, en golfribbels duidt op een regelmatig droogvallende zee. Misschien was de "Muschelkalkzee" wel enigszins te vergelijken met onze tegenwoordige Waddenzee, maar dan in een warmer klimaat. De aangetroffen fossiele fauna is tamelijk uniek: we kennen namelijk niet veel gesteenten uit die tijd, die in een zo'n specifieke kustomgeving zijn gevormd en zo goed zijn onderzocht en gedocumenteerd. Inmiddels is er op basis van de Winterswijkse vondsten een wetenschappelijk waardevolle fossielenverzameling opgebouwd. De Museum Fabriek in Winterswijk bezit een grote verzameling fossielen, waarvan een klein deel te bezichtigen is. Minder interessant voor de wetenschap, maar wel mooi om te zien, zijn de vondsten van mineraalkristallen, zoals het ijzersulfide pyriet. De nabijheid van de kustlijn heeft ervoor gezorgd dat de kalklagen worden afgewisseld met kleilagen.

De kleideeltjes werden aangevoerd door rivieren, die uitmondten in de ondiepe zee, en wellicht ook door afluende wind, die kleideeltjes meevoerde.

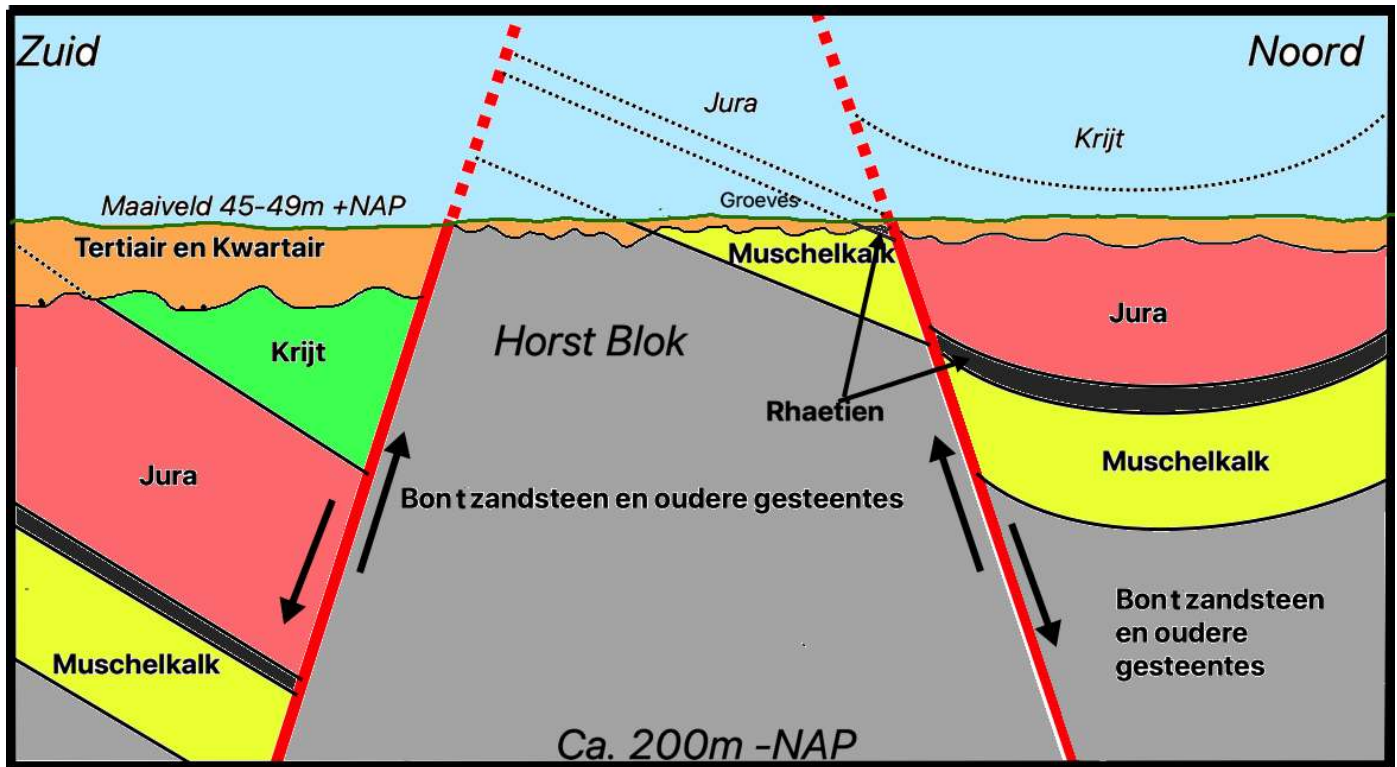
De Muschelkalk bij Winterswijk is slechts zo'n 40m dik, elders zijn in boringen veel dikkere lagen Muschelkalk aangetroffen. Het lijkt daarom dat enige tientallen meters zijn verdwenen (of nooit gevormd?), m.a.w. er ontbreekt een stukje van de geologische geschiedenis. Er is een *hiat* van ongeveer 40 miljoen jaren voordat de volgende geologische laag weer zichtbaar is. We weten niet zeker wat er hier gedurende die 40 miljoen jaren is gebeurd, want de geologische documentatie in de vorm van gesteenten ontbreekt. Het is echter waarschijnlijk, dat aan het einde van die 40 miljoen jaren het gebied rond Winterswijk is opgeheven, en dat het bovenste deel van de Muschelkalklagen is afgesleten door water en wind. De volgende geologische laag dateert uit het jongste deel van de Trias periode (Rhaetien) en is ongeveer 205 miljoen jaren oud. Deze geologische laag is mogelijk aan de noordkant van de Sibelco-groeve (in groeve IV, een uitbreiding aan de noordzijde van groeve III) zichtbaar en ligt hier dus direct op de Muschelkalk. De Rhaetian laag sluit de Trias periode af en bestaat uit donker grijze, bijna zwarte kleistenen, die in een open zee zijn gevormd (d.w.z. geen invloed van getijden en verder weg gelegen van de kustlijn dan ten tijde van de Muschelkalk afzettingen). Dus mocht het Winterswijkse gebied zijn opgeheven gedurende het hiaat van 40 miljoen jaren, dan is het daarna ook weer gedaald, zodat deze zeeklei kon worden afgezet.



Kaart van de Sibelco-groeven I to IV. Groeve II is de zgn. "Oehoe-groeve", die wordt beheerd door Natuurmonumenten. De diepte van de groeves is 30 to 40m. Bron: Grondboor & Hamer, nr.4 - 2005.

Hoe komt het nu dat deze zeer oude Trias gesteenten bij Winterswijk dicht bij de oppervlakte liggen? Van de aardrijkskunde lessen zullen sommigen zich het hoofdstuk over horsten en slenken nog herinneren.

Een horst is een langs ondergrondse breukvlakken omhoog geschoven deel van de aardkorst, een slenk is juist een gedaald deel van de aardkorst. Zo stroomt de Rijn in Zuid-Duitsland door de Rijnslenk met aan de westzijde de hoge Vogezes en aan de oostzijde het hoge Zwarte Woud. Van de horsten en slenken zien we weinig terug in ons vlakke Nederlandse landschap. Omdat de relatieve beweging van de stukken aardkorst gemiddeld meestal niet meer dan enkele centimeters per eeuw bedroeg, zijn door de werking van water en wind (*erosie*) de hoogteverschillen aan het maaiveld afgevlakt. Echter in de ondergrond treedt geen erosie op en bestaan wel grote "hoogteverschillen", die zich vertalen in het verspringen van de geologische lagen. In het Winterswijkse zijn de zichtbare gesteenten uit de Trias periode gelegen in een oost-west georiënteerd horstblok. Aan het aardoppervlak is dat niet goed zichtbaar, maar in een verticaal profiel van de ondergrond kunnen we zien dat de oude Trias gesteenten relatief t.o.v. de jongere geologische lagen tot aan het aardoppervlak omhoog zijn geschoven. De oude Trias gesteenten liggen hier dus naast veel jongere lagen. Zover we weten zijn de breuken, waarlangs de horsten en slenken omhoog en omlaag zijn geschoven, hier niet meer actief. Elders kunnen bewegingen langs breukvlakken tot op de dag van vandaag nog plaats vinden en leiden tot aardbevingen, zoals de grote aardbeving bij Roermond in 1992, die veroorzaakt werd door bewegingen langs de breukvlakken van de Roerdalslenk.



De dwarsdoorsnede illustreert waarom er bij Winterswijk Bontzandsteen en Muschelkalk aan de oppervlakte liggen. Het plaatje is een sterk vereenvoudigde, schematische doorsnede van bodemlagen tot ongeveer 200m beneden NAP langs een noord-zuid lijn door de Sibelco-Muschelkalkgroeve. De horizontale lengte is ongeveer 10km, de verticale diepte schaal is sterk vergroot t.o.v. de noord-zuid horizontale schaal. De onderliggende bodemlagen zijn ouder dan bovenliggende. De breukvlakken zijn met rode kleur ingetekend, de pijlen geven de relatieve bewegingen van de horst- en slenkblokken weer. Direct onder het maaiveld bestaan de kwartaire en tertiaire bovenlagen (lichtbruine kleur) voornamelijk uit een humusrijke toplaag, dekzanden, veen, keileem en tertiaire zeeklei en zand. e daaronder liggende mesozoïsche lagen (uit de Krijt, Jura en Trias periodes) zijn t.o.v. elkaar verschoven. In het omhoog gekomen horstblok liggen de Triaslagen (Rhaetien klei, Muschelkalk en Bontzandsteen) tot vlak onder het maaiveld, zodanig dat in de Sibelco-groeve slechts een toplaag van geringe dikte verwijderd hoefde te worden om bij de Muschelkalk te geraken. De ligging van de dunne (zwarte) Rhaetien laag is met pijlen aangegeven. Aangezien het aantal breuken groter is dan hier getoond, en de diktes van geologische lagen lateraal erg kunnen variëren, is de realiteit van de ondergrond veel complexer dan getoond.

Naast de indrukwekkend uitzijende Sibelco-groeve, is de Muschelkalk ook ontsloten in de Willinkbeek en aangetroffen in de zogenaamde Staringputten, die in 1853 in het huidige natuurgebied Willink Weust zijn gegraven. In de Willinkbeek kunnen we bij droogvallen van de beek in de bedding en wanden Muschelkalk aantreffen. De Staringputten zijn alleen van de weg te zien (in de winter en het vroege voorjaar). Het Willink Weust natuurgebied is namelijk niet toegankelijk. Er komen hier op de kalkhoudende grond plantensoorten voor, die op weinig andere locaties in Nederland aanwezig zijn.

Wat is er te zien van de Trias periode?

De Sibelco groeve is alleen enkele dagen per jaar toegankelijk, maar is goed te zien vanaf de uitzichtpunten langs de Steengroeveweg. De Sibelco-groeve, gelegen in de buurtschap Ratum, ligt op ca. 4km ten oosten van de dorpskern van Winterswijk. De groeve is sedert 1932 in bedrijf en is tegenwoordig, na het sluiten van de ENCI-groeve in de Sint-Pietersberg bij Maastricht, de enige nog in bedrijf zijnde kalkgroeve in Nederland. De Sibelco-groeve is ongeveer 30m diep en wordt door bemaling droog gehouden. Eigenlijk bestaat de groeve uit vier groeves, waarvan er twee nog in bedrijf zijn.

Trias / Mesozoïcum / Geologie

Zowel de oude "Oehoe"-groeve II als de in bedrijf zijnde groeves III en IV zijn van bovenaf goed te zien. Het is een inspirerende locatie om in gedachten 245 miljoen jaren terug in de tijd te gaan, toen in een droog en warm klimaat de sauriërs door de Muschelkalk-waddenzee waadden, vissen lagen te spartelen op het droogvallend wad, kreeftjes gangetjes boorden en getijgolven van de ondiepe, erg zoute zee, golfribbels op het wad achterlieten. Al die informatie, en veel meer, is opgeslagen in de gesteentelagen, die we vanaf de uitzichtpunten bij de Sibelco-groeve kunnen zien. Bij de uitzichtpunten staat een informatiebord met uitleg over de Muschelkalk in Winterswijk. Wanneer we vanaf de Steengroeveweg de Adamskampweg inslaan en direct linksaf het bospad ingaan, kunnen we door de vegetatie heen ook nog een blik werpen op de oudste groeve I.



Overzicht van Sibelco-groeve IV.



Meer detail van de mergellagen in de groeve.



Een mogelijke geologische onderverdeling van de lagen in de groeve. De donkere laag zou de direct boven de Muschelkalk liggende Rhaetien kleisteen, ofwel jongere Lias kleisteen uit het Jura tijdperk, kunnen zijn. De lagen zijn verstoord door de aanleg van terrassen voor de graafmachines en konden door mij niet van dichtbij bekeken worden. Voorbehoud t.a.v. de benoemde geologische lagen is daarom op z'n plaats.

Volgen we de Steengroeveweg verder naar het oosten, dan komen we al gauw (ca. 100m voorbij groeve II) op de hoogte van de twee Staringputten. We blijven hier op de weg, en vooral wanneer de vegetatie nog bladerloos is, kunnen we de twee putten goed zien, die zijn gelegen in het natuurreservaat aan de zuidzijde van de weg. We kunnen hier even dromen over de romantische tijden van de universele wetenschappers uit de 1e helft van de 19e eeuw, die te voet de flora, fauna en geografie van het Nederlandse landschap bestudeerden, en daar prachtige publicaties over uitgaven. Hoewel de bodemkunde pionier Staring er wat betreft geologische datering een beetje naast zat, blijft het een prestatie van formaat om met de kennis van toen het, voor Nederlandse begrippen, bijzondere van de Winterswijkse geologie in te zien.



Één van de twee naast elkaar gelegen, in 1853 gegraven Staringputten, gelegen aan de rand van het Willink Weust natuurreservaat aan de Steengroeveweg. De putten zijn het best te zien wanneer de vegetatie bladerloos is.

Vervolgens, zo'n 250m verder naar het oosten op de Steengroeveweg komen we bij een brug over de Willinkbeek, waar op enige plekken in de bedding de **Muschelkalk** ontsloten is. Op deze locatie, de enige min of meer natuurlijke ontsluiting van de Muschelkalk bij Winterswijk, is men mogelijk het bijzondere aan de Winterswijkse bodem gaan beseffen. Het is hier dat de natuurvorsers van destijds zich hebben

afgevraagd hoe het toch kan, dat in de bodem van dit kleine beekje kalkgesteente zichtbaar is, terwijl elders in Nederland de bodem tot meters diep kleiig en zandig is.



Grijswitte Muschelkalk in de wand van de drooggevalen Willinkbeek, ongeveer 100m ten oosten van de brug. De Muschelkalk is hier kleiig en dolomitisch (=magnesium houdend) en bevat relatief weinig zuivere kalk (=calciumcarbonaat).



In de bedding van de Willinkbeek kunnen we nog platen Muschelkalk vinden (binnen het omcirkelde gedeelte). Helaas zijn dit soort ontsluitingen soms verborgen onder gestort puin.

Tenslotte, draaien we nog voor de brug naar rechts en vervolgen we onze route op de Bekeringweg. We volgen de Bekeringweg ongeveer 2km tot aan een kruising. Rechts zien we, wanneer er pas geploegd is, een veld met roodbruine verkleuringen. De verkleuringen wijzen op bontzandsteen, die is vermengd met de bodemtoplaag. We gaan echter naar links de Vosseveldseweg op en vervolgen deze weg voor iets meer dan 1km en stoppen bij een karrenspoor naar links, tegenover boerderij Hesselink. Lopen we dit karrenspoor 800m af, dan komen we midden in het dagzomende bontzandsteen gebied (tussen grenspalen 779 en 781 langs de Nederlands-Duitse grens), dat een kenmerkende roodbruine kleur heeft wanneer pas geploegd. Zouden we hier ongeveer een meter diep graven, dan stuiten we op onverstoorde lagen van de bontzandsteen. De **bontzandsteen** bestaat hier op 1 à 2 meter onder het maaiveld voornamelijk uit fijnkorrelige rode zandsteen met wat klei en insluitsels van grijs- en okerkleurig zand. Het landbouwgebied is particulier eigendom, dus het is gewenst op het pad te blijven.

Het oogt hier niet bijzonder, maar de rode kleur, die we hier aan het maaiveld zien, is afkomstig van ijzeroxide, dat zo'n 250 miljoen jaar geleden in een warm en droog klimaat is afgezet om de zand- en kleideeltjes. De deeltjes zijn vervolgens aan elkaar gekit en gedurende de laatste paar eeuwen omgewerkt tot vruchtbare landbouwgrond. Het is het oudste stukje zichtbare Nederlandse bodem, afgezien van de eerder genoemde kleine groeves met zandsteen uit de Carboon periode in Zuid-Limburg, nabij de grens met België.



Rood gekleurde Bontzandsteen uit het Vroeg-Trias tijdvak, in de buurtschap Kotten bij grenspaal 780. Let op het rode pannendak van de boerderij, aangegeven met de witte pijl, voor een kleurvergelijking met de kleur van de akker.



De "Katzensteine", 180km naar het zuiden, in de Duitse Eifel bestaan uit Bontzandsteen in verharde toestand. De rode kleur is ook hier opvallend. Het gesteente bestaat uit zandsteen afkomstig van rivierafzettingen gevormd in een aride klimaat, vergelijkbaar met de verweerde afzettingen bij Winterswijk.

De Jura periode (200 tot 145 miljoen jaar geleden)

In de Jura periode is het eerder genoemde oer-continent Pangea opgebroken in twee grote delen. Het opbreken van het Pangea continent is overigens al in de voorafgaande Trias periode begonnen. Het gebied van het huidige Winterswijk is nog steeds bedekt door een zee, maar ligt wel tamelijk dichtbij de kust. Weliswaar is Winterswijk flink naar het noorden opgeschoven, maar het klimaat is nog veel warmer dan tegenwoordig. Gedurende de Jura periode vinden er schommelingen van de zeespiegel plaats, waardoor het karakter van de geologische afzettingen varieerde. De Jura periode wordt onderverdeeld, van oud naar jong, in de Lias (vroeg), Dogger (midden) en Malm (laat) tijdvakken. Helaas, door het ontbreken van groeves, zijn ontsluitingen van het Jura gesteente hier schaars en beperkt tot beekbeddingen en uitgebaggerde greppels. Uit boringen is gebleken, dat vele elders wel aangetroffen lagen uit het Malm tijdvak van de Jura periode, in de omgeving van Winterswijk ontbreken. Net zoals in de hierboven beschreven oudere Trias periode, is er weer sprake van een hiaat in de geologische geschiedenis, waarschijnlijk veroorzaakt door bewegingen in de aardkorst waardoor het Winterswijkse tijdelijk boven de zeespiegel kwam te liggen. Behalve bij Winterswijk, worden nergens in Nederland Jura gesteenten aan de oppervlakte aangetroffen. Zelfs in Zuid-Limburg ontbreken de Jura (en oudere Trias) gesteenten, en is er daar sprake van een langdurig geologisch hiaat van zo'n 250 miljoen jaar tussen de Carboon en Krijt periodes. Echter bij Winterswijk wordt het oudste deel van de Jura (Vroeg-Lias tijdvak, ca. 200 miljoen jaar oud) aangetroffen in de Ratumse beek en Willinkbeek. Jongere Jura-Dogger lagen (170 tot 165 miljoen jaar oud) zijn aanwezig in de ondiepe ondergrond, maar zijn nergens zichtbaar aan de oppervlakte.

Wat is er te zien van de Jura periode?

Hoewel in de Sibelco-groeve er sprake is geweest van de aanwezigheid van Jura gesteente (Lias tijdvak, 200 miljoen jaar oud) gelegen op de Muschelkalk, lijkt dit inmiddels niet meer zichtbaar te zijn ten gevolge van de voortgaande graafwerkzaamheden. Bij verdere afgraving van de groeve naar het noorden, zal men mogelijk Jura-Lias (en Trias-Rhaetien) kleisteenlagen als bedekking van de Muschelkalk aantreffen.

Gelukkig is Jura gesteente echter op een aantal plaatsen in beekbeddingen zichtbaar. Onmiddellijk na de Emmaschool, gelegen langs de Vredense weg (N820) in de buurtschap Henxel, gaan we rechtsaf en nemen de tweede afslag rechts, net voor boerderij Lutje Kössink. Na 250m is er een brug over de Ratumse beek, waarvandaan stroomopwaarts (in oostelijke richting) een smal pad loopt, dat de loop van de beek volgt. In de diepere gedeeltes van de beekbedding kunnen we bij laag water op diverse plekken donker grijze Lias klei ontsloten zien. De klei ziet er wellicht zeer gewoon en als van recente datum uit, maar is echter 200 miljoen jaar oud, en gevormd in een tijd dat hier een zee was. Nauwkeurig onderzoek van microscopisch kleine, ééncellige fossielen heeft aangetoond, dat het hier inderdaad om de Lias kleisteen gaat. Laten we vooral van dit mooie wandelpaadje langs het prachtige beekje genieten en wellicht even stilstaan bij het gegeven, dat dit schijnbaar onbetekenende kleilaagje 200 miljoen jaren geleden ontstaan is.

Een deel van de Ratumse Beek stroomopwaarts vanaf de brug bij boerderij Lutje Kössink, waarin Jura-Lias ontsluitingen aanwezig zijn.

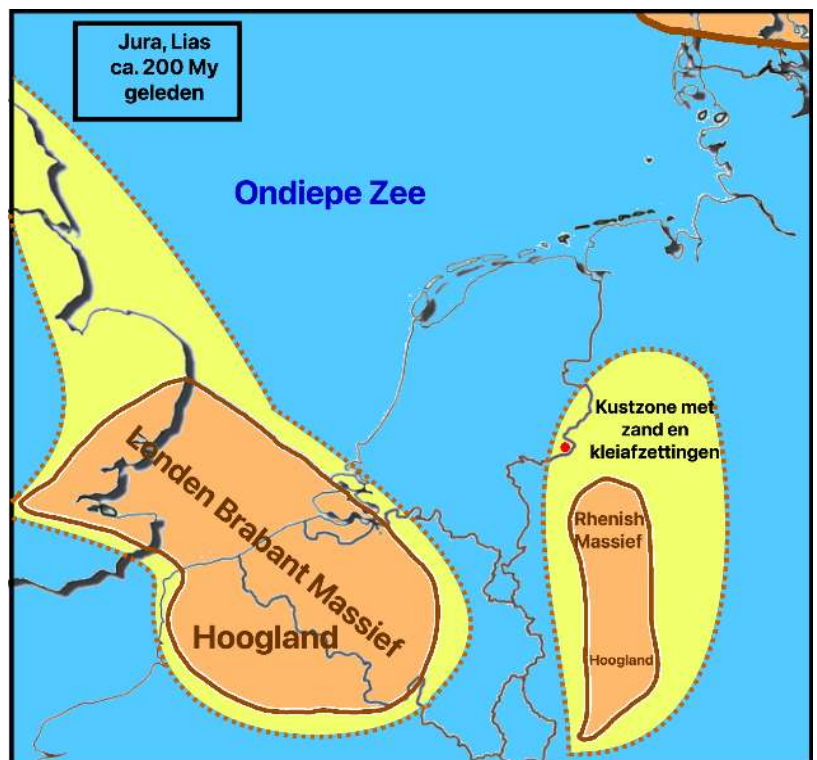


We kunnen onze Jura (Lias tijdvak) ontdekkingsreis verder stroomopwaarts van de Ratumse beek in het Tenkinkbos vervolgen, grenzend aan de Nederlands-Duitse grens. Komende vanuit het westen op de Ratumseweg maakt de weg, na de afslag met de Hesselinkweg, een scherpe bocht naar links en passeren we een brug over de Ratumse beek. Vanaf deze brug lopen er wandelpaden langs de beek, en kunnen we bij laag water, op enkele plekken de donkergrijze tot zwarte Jura-Lias klei ontsloten zien.

Ook deze paden leiden ons door een mooi stukje natuur en sluiten aan op het Kommiezenpad, dat de grens volgt en dat tot in de eerste helft van de 20e eeuw werd gebruikt als smokkelroute.

In enkele artikelen wordt genoemd, dat Jura-Lias klei zo'n 300m stroomafwaarts van de eerder genoemde [brug over de Willinkbeek](#) aangetroffen kan worden. Ik heb dit niet kunnen verifiëren, omdat dit gedeelte van de Willinkbeek slecht toegankelijk is vanwege de dichte begroeiing en gestort puin.

De paleogeografische kaart aan de rechterzijde laat zien, dat Winterswijk ten tijde van de Jura periode nabij de kust lag. Hierdoor kon, door zeespiegel schommelingen, Winterswijk dieper onder water ofwel in de kustzone komen te liggen. Ten gevolge van de schommelingen zijn zowel klei (dieper in zee en verder van de kust) als zand afgezet (strand of rivierendelta).





Net boven de waterlijn bevindt zich een blauwgrijze kleilaag, die wordt geïnterpreteerd als afkomstig uit het Jura-Lias tijdvak. Door opname van water is de oorspronkelijk kleisteen in een zachte klei veranderd. Boven de kleilaag ligt dekzand, dat na de ijstijden met name de topografisch lagere delen in het landschap bedekte.

De drooggevallen Ratumse Beek in het Tenkinkbos met op de voorgrond donkergrijze tot zwarte klei uit het Jura-Lias tijdvak.

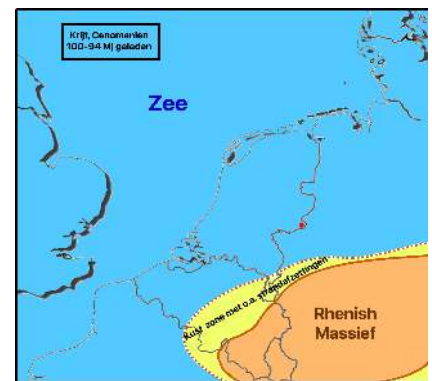
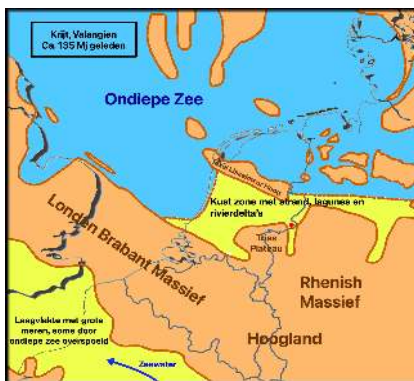
De Krijt periode (145 tot 66 miljoen jaar geleden)

In de Krijt periode is het oer-continent Pangea, dat in de Trias periode nog bestond, opgebroken in meerdere delen. Het gebied van het huidige Winterswijk ligt tijdens een groot deel van de Krijt periode in een uitgestrekte ondiepe zee. Het vasteland was echter nog redelijk nabij, zodat rivieren en wind klei en zanddeeltjes vanaf het vasteland naar de omgeving van Winterswijk konden aanvoeren. Winterswijk is weer verder naar het noorden opgeschoven, en was op de geografische breedte van het huidige Zuid-Frankrijk komen te liggen, maar het was in Winterswijk wel warmer dan tegenwoordig het geval is in die regio. De oudste Krijtafzettingen worden in Winterswijk niet aan de oppervlakte aangetroffen, maar wel op een enkele plaats ten oosten van Enschede. In de Glanerbeek zijn mergellagen (mix van klei en kalk) aan het oppervlak aangetroffen, die aan het oudste deel van de Krijt periode worden toegeschreven. Deze afzettingen ontstonden nog in grote meren op het vasteland. Ongeveer in dezelfde tijd begon de zeespiegel te stijgen en bezonk er vervolgens zand en klei in de zich uitbreidende zee. De hieruit gevormde zandsteen verkreeg bekendheid als Bentheimer zandsteen. In Nederland worden deze zandstenen op een enkele plaats ten oosten van Enschede aan de oppervlakte aangetroffen, maar een meer bekende ontsluiting is die bij het bezienswaardige kasteel van Bentheim in Duitsland, 20km oostelijk van Oldenzaal. Bentheimer zandsteen is als bouwsteen voor het Paleis op de Dam gebruikt. Het zelfde gesteente vormt op zo'n 700m diepte het reservoirgesteente van het Schoonebeek olieveld. Na de afzetting van de Bentheimer zandsteen, is er de vergelijkbare Gildehauser zandsteen afgezet, die in Oost-Twente bij [Losser](#) aan de oppervlakte komt. Ook deze Gildehauser zandsteen is een bekende bouwsteen, die nog steeds voor restauraties van historische gebouwen gebruikt wordt.

In boringen bij Winterswijk en in de Boven Slinge zijn afzettingen aangetroffen, die aan het Vroeg-Krijt tijdvak worden toegeschreven, en direct op de Jura-Doggerlagen lijken te liggen. Het vermoeden bestaat dat op een enkele plek in de Boven Slinge, bij de grens met Duitsland, lagen uit de tijd (Valanginien, 140 tot 133 miljoen jaar geleden) van de Bentheimer zandsteen zijn ontsloten. Aan de Duitse zijde van de grens, in het gebied rond Vreden, zijn namelijk tot 200m dikke lagen uit deze tijd aangeboord. Het ontbreken van de tussenliggende lagen uit het Jura-Malm tijdvak, duidt op een geologisch hiaat van zo'n 25 miljoen jaar. Enig voorbehoud wat betreft de duur van het hiaat is op z'n plaats, aangezien de Vroeg-Krijt gesteenten bij Winterswijk lastig nauwkeurig te dateren bleken.

De oudste Krijtlagen die met zekerheid bij Winterswijk aan de oppervlakte worden aangetroffen, dateren uit het jongste gedeelte van het Vroeg-Krijt tijdvak (de zgn. Aptien en Albien tijden, 125 tot 100 miljoen jaar geleden). Anders dan de naam Krijt doet vermoeden, bestaan deze lagen voornamelijk uit zand, dat in een ondiepe zee is bezonken. Deze zandsteenlagen zijn op enkele plaatsen in beekbeddingen te zien. Jongere Krijtlagen uit het oudste deel van het Laat-Krijt (de zg. Cenomanien tijd, 100 tot 94 miljoen jaar geleden) worden ook in de omgeving van Winterswijk aan de oppervlakte aangetroffen. Deze Cenomanienlagen zijn ontstaan na een verdere zeespiegelstijging, waardoor al het resterende vasteland in het gebied rond Winterswijk overspoelde en er een grote ondiepe zee werd gevormd. Door het bezinken van kalkhoudende skeletjes van gestorven kleine, warm water minnende, zeedieren werd kalk op de zeebodem afgezet. De aanvoer van zandig- en kleimateriaal vanaf het vasteland hield weliswaar aan, waardoor er zand- en kleihoudende kalklagen ontstonden.

Aan het eind van het Krijt brak er een fase aan waarin de zeebodem relatief t.o.v. de zeespiegel omhoog kwam en uiteindelijk droogviel. Tijdens deze fase had erosie de overhand, en mochten hier gedurende het tijdsinterval Cenomanien tot eind Krijt toch bodemlagen zijn gevormd, dan zijn die daarna ook weer door erosie verdwenen. Krijtlagen jonger dan de Cenomanien tijd worden daarom bij Winterswijk niet aan de oppervlakte aangetroffen, ook niet in de diepere ondergrond. Echter in Zuid-Limburg, dat in het Laat-Krijt door de zee werd overspoeld, worden jonge Krijtgesteentes (83 tot 66 miljoen jaren oud) wel aan het oppervlak aangetroffen, zoals bijvoorbeeld in de ENCI-groeve in de St. Pietersberg. In Zuid-Limburg ontbreken juist de oudere Krijtlagen.



De bovenstaande drie paleogeografische kaarten tonen de verdeling van land en zee ten tijde van de afzetting van de in Winterswijk aan de oppervlakte aangetroffen gesteentes uit de Krijt periode. Van links naar rechts (oud naar jong) zijn kaarten van het Valangien (ca. 135 Mj geleden), Aptien/Albien (125-100 Mj geleden) en Cenomanien (100-94 Mj geleden) afgebeeld. De lokatie van Winterswijk is met een rode stip aangegeven. De bruine kleur geeft hoger gelegen land en oude gebergtes aan. Huidige kustlijnen en landsgrenzen zijn louter ter oriëntatie weergegeven.

Wat is er te zien van de Krijt periode?

Vroeg-Krijt gesteentes (140 tot 100 miljoen jaren oud) strekken zich uit over een tamelijk groot gebied in de buurtschap Kotten, maar zijn alleen in beken ontsloten. Komende van Winterswijk op de N319 richting Oeding, nemen we bij de buurtschap Kotten de afslag naar links en rijden de Bekeringweg af. Na 500m passeren we de brug over de Boven Slinge en gaan nog zo'n 300m verder waar een zijtak van de Boven Slinge, de Bekeringbeek, dicht de weg nadert en een slootje uitmondt in de beek. Vanaf deze plek, tot zo'n 150m stroomafwaarts, in de buitenbochten van de beekoevers, zijn groene klei en groen-grijze zandstenen uit het onder-Krijt (Albien tijd) ontsloten. In het verleden, zijn hier fragmenten van verschillende fossielen aangetroffen, zoals naalden van sponzen, twee-kleppige schelpen en versteend hout. De groene kleur is afkomstig van het mineraal glauconiet, dat in warm en ondiep zeewater in de nabijheid van een kust werd gevormd. Glauconiet is een voorbeeld van een "gidsmineraal", dat in de geologie wordt gebruikt om de omstandigheden, waaronder een aardlaag werd gevormd, te begrijpen.

Ook in de Boven Slinge zelf, zo'n 100m stroomopwaarts vanwaar de Bekeringbeek in de Boven Slinge uitkomt, is er een Albien tijd ontsluiting in de buitenbocht van de beek. Hier hebben onderzoekers minder fossielen aangetroffen en datering van de lagen is dan ook tamelijk onzeker. Verder stroomopwaarts van de Boven Slinge direct aan de oostzijde van de Toonenbrug liggen lichtgekleurde kwartszand en grind in de beekbedding, die mogelijk uit ontsluitingen van lagen uit de Valangien tijd (140 tot 133 miljoen jaar geleden) afkomstig zijn. De herkomst van grind en zanden is echter moeilijk te verifiëren aangezien de beekwanden erg begroeid zijn. Deze ontsluiting is te bereiken via de N319 Winterswijk naar Oeding. Zo'n 250m voor de grens slaan we linksaf de Vosseveldseweg in, en na 250m ligt de Toonenbrug in de weg. Ook de Bentheimer zandsteen is in de Valangien tijd afgezet, maar in de buurt van Winterswijk worden deze mooie zandstenen niet aan de oppervlakte aangetroffen. Wel bestaan veel van de oude en karakteristieke grensstenen in ons gebied uit de Bentheimer zandsteen.

Een volgende ontsluiting, maar nu van Laat-Krijt ouderdom (Cenomanien tijd, 100 tot 94 miljoen jaar oud), ligt aan de overzijde van de N319. Vanaf de Bekeringweg steken we de N319 over, en gaan zo'n 150m tot aan de brug over een andere zijtak van de Boven Slinge: De Bemersbeek. In de Bemersbeek, kunnen we, ongeveer 50m stroomopwaarts in de bedding, bij laag water, grauwwitte kalkstenen aantreffen. Dit is wel een gesteente dat de naam van de periode, namelijk "Krijt", eer aan doet. De kalkstenen zijn tamelijk hard en zouden als bouwmateriaal meer geschikt zijn geweest dan de zachte Muschelkalk uit de Sibelcogroeve. Bovengenoemde plekken zijn de enige plekken in Nederland, waar gesteenten uit de Aptien, Albien en Cenomanien tijden ontsloten zijn. Zouden we in de buurtschap Kotten parallel aan de N319 één à twee meters diep graven, dan zouden we op gesteenten uit de Krijt periode stuiten.

De foto toont de St. Vitussteen (grenspaal 788, gelegen aan het noordeinde van de Ratumse weg), die al in 1753 is geplaatst. Vermoedelijk heeft de naam te maken met een begrenzing van de St-Vitusparochie. Op de steen staan afbeeldingen van de wapens van Gelre (hier gefotografeerd van de Nederlands zijde) en Münster. De meeste andere grensstenen, gemaakt van Bentheimer zandsteen, zijn geplaatst in 1766.





De Bekeringbeek, waarin zich Krijt-Albien ontsluitingen bevinden (zie hiernaast).



Binnen de witte cirkel bevindt zich een gebroken laagje grijsgroene, plaatseigen zandsteen uit de Krijt - Albien tijd.



Krijt gesteentes: De linker foto is genomen van de Boven Slinge ongeveer 100m stroomopwaarts van de brug op de Bekeringweg. De rechter foto is genomen van een Krijt-Albien ontsluiting (binnen de gestippelde witte lijn) onderaan de steilwand in de buitenbocht van een meander. Het gesteente bestaat uit groengrijs verweerde zandsteen. Boven de groenige zandsteen ligt een dun kwartair laagje met steentjes (mogelijk een restant keileem), daarboven ligt dan weer dekzand.

De foto rechts toont een tweede ontsluiting, onderaan de steilwand nabij de ontsluiting van de foto rechtsonder op de vorige pagina. De beekbedding in de betreffende bocht is "geplaveid" met deze zandsteen. De Boven Slinge is hier weinig vergraven en nagenoeg vrij van afval en puin dankzij de inzet van de G.A. van der Lugt Stichting, de beheerder van dit gebied.



Krijt gesteentes: De linker foto is een opname van de bijna drooggevalle Bemersbeek, ongeveer 200m stroomopwaarts van de brug over de beek in Kotten. De Bemersbeek heeft gedurende de laatste eeuwen terrassen ontwikkeld, waarvan we er hier drie kunnen zien (hoogste terras op niveau van 2e boom van rechts, tweede terras op niveau van 1e en 3e boom van rechts, laagste niveau naast water in beek). Elders in de beek kunnen we zelfs vier terrassen waarnemen. De middelste foto laat een laag van groen verweerde kalksteen uit de Krijt-Cenomanien tijd zien (gemarkeerd door de witte cirkels). De rechter foto is een detail opname van dezelfde laag (één euro muntstuk voor schaal).

Meer gedetailleerde beschrijvingen van de Winterswijkse in-situ (of plaatseigen) zand- en kalkstenen uit het Mesozoïcum era staan in het hoofdstuk "[meer weten](#)".

Het einde van de Krijt periode sluit ook het Mesozoïcum era af. Een einde dat, ongeveer 66 miljoen jaar geleden, gekenmerkt werd door het uitsterven van vele dieren- en plantensoorten. Deze gebeurtenis is waarschijnlijk veroorzaakt door een enorme planetoïde inslag, waarvan het stof de wereld voor vele jaren in duisternis hulde. We vervolgen onze reis door de geologische tijd in het Kenozoïcum era.

Kenozoïcum

Het Kenozoïcum is een era van de geologische tijdschaal, dat de periodes Paleogeen, Neogeen en Kwartair omvat. De Paleogeen en Neogeen periodes worden samen nog vaak als de Tertiair periode aangeduid, en deze oude, maar meer bekende geologische conventie zal ik hier blijven volgen. De meeste geologische lagen, dicht aan de oppervlakte in het Winterswijkse, dateren uit de Tertiair periode en hebben een grotere invloed op het landschap gehad dan de lagen uit het Mesozoïcum era. De verschillen in weerstand, die de diverse tertiaire afzettingen boden tegen erosie en vertering, hebben in grote lijnen het reliëf van het huidige Winterswijkse bepaald of op z'n minst beïnvloed. De Tertiair periode sluit aan op de massa-extinctie aan het einde van de Krijt periode, 66 miljoen geleden, en loopt tot aanvang van de [Kwartair periode](#), 2,5 miljoen jaar geleden.

De Kwartair periode begint 2,5 miljoen jaar geleden en heeft de grootste invloed op het huidige landschap gehad. Meer dan 95% van het Nederlandse landoppervlak wordt bedekt door lagen van kwartaire ouderdom. Gedurende de Kwartair periode is er sprake van een groot aantal ijstijden of glacialen, d.w.z. koude periodes (glacialen) waarin met name op het noordelijk halfrond vaak grote ijskappen ontstonden. De glacialen werden afgewisseld met zgn. interglacialen (relatief warme intervallen tussen twee ijstijden), waarin het ijs zich weer terugtrok.

Vulkanisme is een totaal ander fenomeen, dat relatief dicht bij Winterswijk, in het Tertiair en Kwartair voorkwam. Gedurende twee tijdsintervallen, in het Tertiair van 40 tot 20 miljoen jaar, en in het Kwartair van 700.000 tot 11.000 jaar geleden (begin Holoceen) kwam er intensief vulkanisme voor in een gebied in de Duitse Eifel tot aan de stad Bonn, hemelsbreed slechts 150km verwijderd van Winterswijk. Het Zevengebergte, aan de oostzijde van de Rijn, net onder Bonn, is opgebouwd uit zo'n 60 eruptiecentra, waarin magma in de kraterpijpen is blijven steken. Na vertering en erosie is meestal alleen de basaltprop in de pijpen bewaard gebleven. Dit heeft het Zevengebergte de karakteristieke kegelvormige bergen opgeleverd. Het tertiaire vulkanisme in de Eifel was veel minder explosief dan het meer recente kwartaire. De uitbarsting van de Lachersee vulkaan, 12.900 jaar geleden, en hemelsbreed 200km ten zuiden van Winterswijk was bijzonder gewelddadig. De vulkaan wierp ca. 6km³ gesteente en lava uit, voordat de aardkorst inzakte en het huidige kratermeer ontstond. De eruptiezuil bereikte een hoogte van 35km en moet bij Winterswijk zichtbaar zijn geweest. Hogere luchtstromen transporteerden de asdeeltjes zover als Italië en Scandinavië, waar dunne lagen met o.a. vulkanisch glas (obsidiaan), afkomstig van de Laachersee eruptie, worden aangetroffen. Deze laagjes zijn tot nu toe niet in Winterswijk aangetroffen. Het kwartaire vulkanisme in de Eifel wordt momenteel als "slapend" beschouwd en toekomstige vulkanische activiteit in de Eifel valt niet uit te sluiten.

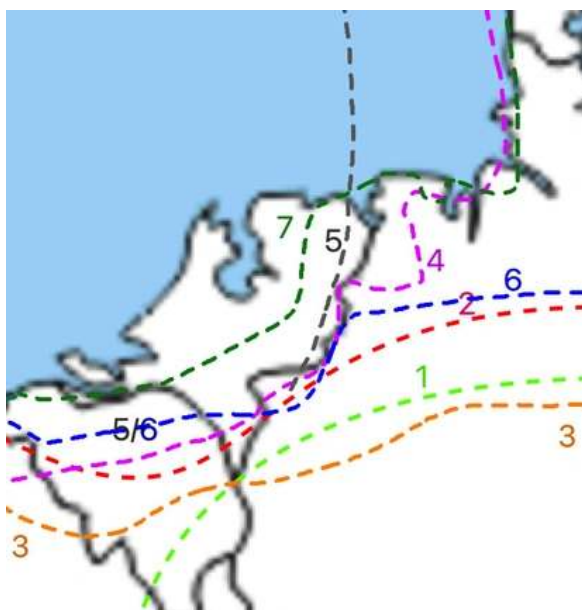
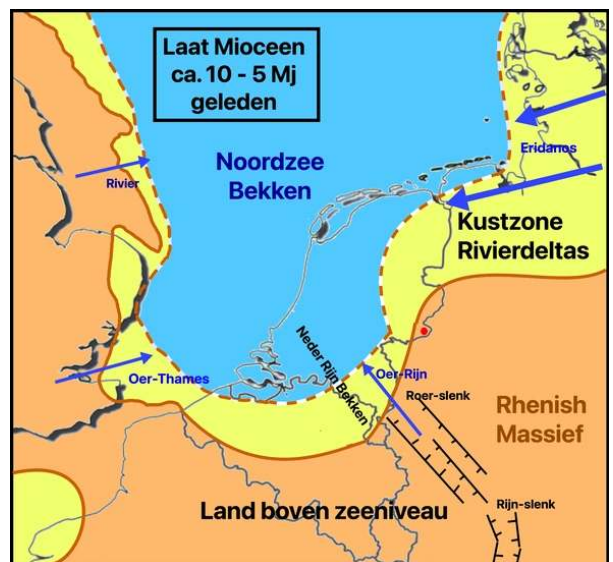
Grofweg gezegd liggen er oostelijk van Winterswijk, [in de buurtschappen Huppel, Ratum en Kotten](#), veel [lagen van mesozoïsche ouderdom dicht onder het maaiveld](#), terwijl dat in de andere buurtschappen voornamelijk lagen van tertiaire oorsprong zijn. In het gebied rond Winterswijk bestaan de tertiaire afzettingen voor een groot deel uit lagen "taaië" klei, die over grote afstanden in de ondergrond zijn te volgen. Bijna altijd worden tertiaire en oudere mesozoïsche lagen afgedekt door decimeters tot enkele meters dikke lagen van kwartaire ouderdom, zodat ook van de tertiaire lagen niet erg veel aan de oppervlakte te zien is. De erosie gedurende het Kwartair, in combinatie met de relatief dunne kwartaire bedekking van het landschap, hebben echter de topografie, die ontstond tijdens het jongste Tertiair tijdvak (Pliocene), niet volledig gewist, hetgeen wordt toegelicht in het hoofdstuk [Kwartair](#).

In het algemeen worden de **kenozoïsche lagen naar het westen toe dikker**. Dit wordt veroorzaakt door de gestage opheffing van het Oost-Nederlands plateau en daling van het westelijk hiervan gelegen *Noordzeebekken*, waardoor geërodeerd verweerd bodemmateriaal van het hoger gelegen plateau door rivieren in een rivierendelta en ondiepe zee ten westen van het plateau werd gedeponereerd. Het toenemende gewicht van het gedeponereerde materiaal droeg bij aan de verdere daling van het Noordzeebekken.

De Tertiair periode (66 tot 2,5 miljoen jaar geleden)

In de Tertiair periode (66 tot 2,5 miljoen jaar geleden) ontwikkelde zich een zee, die we nu als Noordzee kennen, en kreeg de ligging van de continenten de huidige configuratie. Het gebied rondom het huidige Winterswijk lag nabij de kust en werd tijdens de Tertiair periode dan weer bedekt door de zee, dan weer viel het droog.

De kaart aan de rechterzijde is een reconstructie van de land en zee verdeling ten tijde van het Laat-Mioceen tijdvak. In de Tertiair periode schoof de kustlijn over grote afstanden heen en weer ten gevolge van schommelingen in het zeeniveau, bodembewegingen en het lage reliëf rond de Noordzee (zie ook de kaart rechtsonder). We kunnen zien, dat de toenmalige Noordzee kustlijn in grote lijnen overeenkomt met de huidige kustlijnen van Engeland, Noord-Duitsland en Denemarken. Nederland moest echer nog gemaakt worden door de zich naar het westen toe uitbreidende delta's van o.a. de oer-Rijn/Maas en Eridanos rivierensystemen.



De afbeelding links toont een zeer vereenvoudigde weergave van de kustlijn (zee links en land rechts) in NW-Duitsland, Nederland en België tijdens de volgende tijdvakken (bron: www.scotese.com):

1 - Paleoceen (56 Mj geleden), 2 - Eoceen (45 Mj geleden), 3 - Vroeg Oligoceen (31 Mj geleden), 4 - Laat Oligoceen (26 Mj geleden), 5 - Vroeg Mioceen (20 Mj geleden), 6 - Midden Mioceen (11 Mj geleden), 7 - Laat Mioceen (6 Mj geleden)

De stippellijnen vertegenwoordigen de positie van de kustlijn tijdens het maximale zeeniveau in het betreffende tijdvak. Er was namelijk ook variaties in de zeespiegel in een bepaald tijdvak. Vanwege de lage en vlakke topografie in het gebied rond Winterswijk, veroorzaakte een geringe zeespiegelverandering een verschuiving van de kustlijn met tientallen kilometers.

Gedurende de Tertiair periode bewogen de Amerikaanse continenten verder weg van Europa en Afrika, terwijl het Indiase subcontinent, voorheen door een zee van Azië gescheiden, tegen Azië aanbotste en daardoor het Himalaya gebergte vormde. Winterswijk bewoog geleidelijk in een noordelijke richting, en bevond zich nog in een warmer klimaat dan nu.

De Tertiair periode kende gedurende de eerste 16 miljoen jaren nog een warm klimaat, dat aansloot op de voorafgaande warme Krijt periode. De gemiddelde globale temperatuur was 10 tot 12°C hoger dan tegenwoordig! De afkoeling begon 50 miljoen jaar geleden, maar warmere en koudere periodes bleven elkaar afwisselen. Tijdens koudere tijden ontwikkelde zich ijskappen op Antarctica en, in mindere mate, Groenland, die voor een deel de fluctuaties van de zeespiegel, gedurende de Tertiair periode, verklaren. Landijs onttrekt immers water aan de zee. Pas vanaf de aanvang van het Pliocen, zo'n 5 miljoen jaar geleden, zette een sterke temperatuurdaling in, die resulteerde in de temperaturen van vandaag. Geologisch gezien heeft de aarde gedurende de laatste 5 miljoen jaren met een ijstijd te maken. Een w.b. temperaturen vergelijkbare ijstijd vond zo'n 300 miljoen jaar geleden plaats, voor de aanvang van het Mesozoïcum. Gedurende het Mesozoïcum lagen de gemiddelde globale temperaturen tot 14°C hoger dan tegenwoordig. Een nog niet volledig begrepen complex aan factoren droeg bij aan de klimaatvariaties gedurende de geologisch tijd: veranderde ligging van landmassa's, veranderde oceaanstromingen, afsluiting of opening van oceaandoorgangen, periodieke veranderingen in de aardasrotatie en afstand tot de zon en veranderde atmosferische samenstelling kunnen alle hebben bijgedragen. De hoge temperaturen zoals er bestonden in Winterswijk gedurende het Mesozoïcum en Tertiair zijn naast de geografische breedteligging, zeker ook veroorzaakt door een samenspel van bovengenoemde factoren.

Gedurende de Tertiair periode ontwikkelden zich nieuwe levensvormen, die een kans kregen na het uitsterven van o.a. de sauriërs. Zoals eerder beschreven was de omgeving van Winterswijk drooggevallen gedurende het Laat-Krijt tijdvak (na de Cenomanien tijd), en dit was ook nog het geval gedurende het oudste deel van de Tertiair periode (Paleoceen en Eoceen tijdvakken), zodat eventueel nieuw gevormde bodemlagen, maar ook oudere bodemlagen door verweering en erosie zijn verdwenen. De gedocumenteerde tertiaire geschiedenis begint in Winterswijk daarom pas in het middelste deel van de Tertiair periode (Oligoceen tijdvak). In Nederland komen er niet veel onbedekte Tertiair lagen aan de oppervlakte voor, en ook hierin is Winterswijk tamelijk uniek gebleken. In grote delen van het Winterswijkse liggen tertiaire lagen tot heel dicht aan het oppervlak, en worden slechts bedekt door een dunne laag uit de Kwartair periode. Toch is het zoeken naar plekken waar de tertiaire lagen goed te zien zijn. Met name middels een zeer groot aantal ondiepe boringen konden er veel monsters van tertiaire lagen worden bestudeerd, wat tot een gedetailleerde onderverdeling van deze lagen heeft geleid. Deze studies hebben het mogelijk gemaakt "onze" tertiaire lagen te correleren met tertiaire lagen in België en Duitsland. Hieronder worden de afzettingen uit de Tertiair periode slechts in hoofdlijnen beschrijven.

De oudste aan de oppervlakte aangetroffen tertiaire lagen bij Winterswijk gaan terug tot ongeveer 30 miljoen jaren geleden, het zogenaamde Oligoceen tijdvak. Bij Winterswijk ontbreken lagen uit het bovenste deel van het voorafgaande Krijt en het onderste deel van het Tertiair: Er ontbreekt hierdoor zo'n 30 tot 40 miljoen jaren geologische geschiedenis.

In het Oligoceen heeft de zee zich tot over Winterswijk uitgebreid en werd er eerst een fijnkorrelige, grijze zandlaag neergelegd in een nog ondiepe zee (de zgn. *laag van Ratum*), gevolgd door een vette klei, die afgezet werd in een diepere zee. Deze **vette klei** vormt een goede grondstof voor de fabricage van bakstenen. In het hierop volgende tertiaire Mioceen tijdvak bevond Winterswijk zich op de grens tussen land en zee. Zo nu en dan overspoelde Winterswijk, en werden er zanden en fossielrijke kleien neergelegd, dan weer trok de zee zich terug en viel Winterswijk droog, en vond erosie plaats. In het algemeen zijn er tijdens het Mioceen tijdvak (23 tot 5 miljoen jaar geleden) kleien afgezet, die ook zand kunnen bevatten. Deze kleien zijn bij kenners bekend om de fossielinhoud. O.a. haaiantanden uit het Mioceen tijdvak werden regelmatig in beekbeddingen aangetroffen. Lagen uit het jongste Tertiair tijdvak Pliocene, 5 to 2,5 miljoen jaar geleden, komen bij Winterswijk niet voor. Winterswijk lag toen boven zeeniveau, en is dat sindsdien ook gebleven dankzij de hogere ligging van het Oost-Nederlands plateau. Wel liggen er bij Lieveelde, zo'n 14 kilometers noordwestelijk van Winterswijk, pliocene zanden aan de oppervlakte. De kustlijn was dus nog wel nabij.

Wat kunnen we nog zien uit de Tertiair periode?



In een groot gebied rond Winterswijk bevinden tertiaire lagen uit het Oligoceen tijdvak zich tot vlak onder het maaiveld. Meestal zijn deze lagen bedekt door een dunne bodemlaag van kwartaire ouderdom. De **oligocene klei** wordt nog steeds gebruikt in de bakstenenindustrie. We beginnen onze tocht dan ook op de Vreehorstweg, waar zich 3km ten zuidwesten van de Winterswijkse dorpskern, de kleigroeve "De Vlijt" bevindt. Deze groeve laat zich niet zo mooi bekijken als de Sibelco-groeve, maar komende van Winterswijk, vlak voor camping Vreehorst, begint een wandelpad aan de rechterkant. Bij het begin van het pad kunnen we een

kunstmatige heuvel beklimmen (niet voor mensen die slecht ter been zijn). De top van de heuvel biedt een fraai uitzicht over de kleigroeve, vooral wanneer de vegetatie nog bladerloos is. In de groeve, onder een dunne kwartaire bedekking van keileem, bevindt zich een zandige klei en daaronder een vette groen-grijsblauwe klei. De verhouding tussen de kleisoorten is van belang voor de kleur van de baksteen. De groeve is eind 2021 uit bedrijf genomen en zal uiteindelijk vollopen met water en begroeid raken, waardoor de tertiaire klei uit het zicht zal verdwijnen.

De foto rechts is een close-up van de groeve. De bovenste twee terrassen bestaan uit lichtgekleurd dekzand en keileem. De onderste twee terrassen bestaan uit oligocene klei, die voor de fabricage van bakstenen wordt afgegraven.



Een aantal natuurlijke ontsluitingen is te vinden in buitenbochten van meanders in de Boven Slinge gelegen in het Stemerdinkbos in de buurtschap Brinkheurne. Deze lokatie was eens een rijke vindplaats voor oligocene fossielen, en is beschreven in een flink aantal (semi-) wetenschappelijke artikelen, maar is nu niet meer toegankelijk.

Op een aantal andere plaatsen komen de oligocene lagen tot zeer dicht aan het oppervlak. Dit is bijvoorbeeld het geval rondom de Grensweg nabij de grenspalen 763 tot 765 in de buurtschap Woold in het meest zuidelijke en hoogste punt (50m +NAP) van de gemeente Winterswijk. In schoongemaakte greppels kan men hier de oligocene klei aantreffen.



Boven Slinge ten oosten van de Huitinkbrug in de N319. Op de rechteroever is het profiel van een bolle es te zien. Langs de Boven Slinge komen diverse ontsluitingen van tertiaire en ook mesozoïsche lagen voor.



Close up van een mogelijke Tertiair-miocene klei, die boven de waterspiegel van de Boven Slinge glimmend en donker afsteekt (deze foto, ten oosten van de Huitinkbrug, is bij lage waterstand gemaakt).

In feite, zullen we op de hogere delen van Oost-Nederlands plateau bij het graven in de tuin of bij het gebruik van een eenvoudige handboor voor het zetten van palen al oligocene klei tegenkomen. Dit is vooral in de buurtschappen Woold, Meddo, Henxel en Brinkheurne het geval. In delen van Kottum, Ratum en Huppel bevinden zich juist relatief veel mesozoïsche lagen direct onder de kwartaire bedekking.

De jongere miocene lagen liggen voornamelijk ten westen van het dorp Winterswijk, aan de oostzijde zijn weinig of geen lagen uit het Mioceen tijdvak afgezet, dan wel zijn deze lagen geërodeerd. Met name in delen van de buurtschappen Corle en Miste kan de miocene klei dichtbij het maaiveld liggen. Hoewel in de ondiepe ondergrond aanwezig, zijn natuurlijke ontsluitingen van Mioceen-lagen schaars. Vermeldenswaardig is het landgoed Kotmans aan de Kotmansweg in de buurtschap Miste. Lagen uit het Mioceen tijdvak komen hier ondiep voor en zijn bekend bij paleontologen en andere geïnteresseerden vanwege het opgraven en het uitzeven van grote hoeveelheden fossielen tussen 1968 en 2004. De fossielen zijn gevonden in een 15 miljoen jaar oude laag zandige klei op een diepte van 3 tot 4 meter onder het maaiveld. Op het landgoed Kotmans staat nu een [informatiecentrum](#) (geopend april tot oktober), waarin een verzameling van lokaal gevonden fossielen valt te bewonderen, zoals tweekleppige schelpen, slakken, zeeëgels, koralen, haaiantanden en delen van vissen. Buiten het centrum is een verzameling van [zwerfstenen](#) te zien.

Vermoedelijk bevinden zich kleine natuurlijke ontsluitingen van oligocene en miocene lagen in de Boven Slinge stroomafwaarts van de Stemerdingbrug, maar vegetatie, menselijke ingrepen in de beekloop, en soms gebrekkige toegankelijkheid maken deze lokaties minder interessant.

Lagen uit het jongste tertiaire tijdvak, het Pliocceen, komen alleen verder naar het westen, buiten de gemeente Winterswijk voor. Een bekende ontsluiting is te vinden ruim één kilometer ten oosten van het station Lielvelde langs de spoorweginsnijding. Het betreft hier iets geelgroene zanden, die geen fossielen bevatten. Het Pliocceen gaat na 2,5 miljoen over in de jongste periode, nl. het Kwartair.

De Kwartair periode (2,5 miljoen jaar geleden tot heden)

De Kwartair periode (2,5 miljoen jaar geleden tot nu) is de meest recente periode in de geologische geschiedenis. Het Kwartair wordt opgedeeld in de Pleistoceen en Holoceen tijdvakken. Gedurende de voorafgaande Tertiair periode is de gemiddelde temperatuur in onze streken veel hoger dan nu geweest, maar 5 miljoen jaar geleden ving een temperatuurdaling aan, die zich voortzette in het Pleistoceen tijdvak. Het Pleistoceen wordt gekenmerkt door een afwisseling van meer dan twintig koude (glacialen) en warme (interglaciale) intervallen. In een groot deel van Nederland accumuleerden gedurende de Kwartair periode tot 500 meter dikke pakketten van door rivieren en zee aangevoerd zand en klei. De smeltwater- en rivierafzettingen afkomstig van zuidelijke (voorlopers van de huidige Rijn en Maas) en oostelijke rivieren (Eridanos en voorlopers van de huidige Elbe, Eems en Wezer) transformeerde het grootste deel van Nederland in een rivierendelta, die gedurende de Kwartair periode steeds verder naar het noorden en westen werd uitgebouwd. Echter het relatief hoog gelegen Oost-Nederlands plateau lag aan de randen van de grote rivierstelsels en in het Winterswijkse zijn relatief weinig riviersedimenten afgezet en t.g.v. erosie bewaard gebleven.

In Nederland kunnen we de afwisseling van koudere en warmere intervallen in de Kwartair periode herkennen aan de gevonden stuifmeelkorrels in de opeenvolgende kwartaire afzettingen. Zo zijn afzettingen met veel stuifmeel van berkenbomen indicatief voor een kouder interval en stuifmeel van eiken en iepen voor een warmer interval.

Een verbetering van het klimaat zette ongeveer 12.000 jaar geleden in, daarmee wordt het huidige geologische tijdvak Holoceen aangevangen. Geleidelijk raakte het vegetatiedek gesloten, begon veenvorming, en kwam er een eind aan het opwaaien van zand uit de poolwoestijn van het koude laat-Pleistoceen. Tegenwoordig wordt er ook nog wel van een Antropoceen tijdvak gesproken, dat omstreeks 1800 begonnen is, en wordt gekenmerkt door menselijke activiteiten met gevolgen voor het klimaat en milieu. Echter de mens als factor die het natuurlijk landschap verandert, bestaat al van ver vóór 1800. De mens beïnvloedt niet alleen het landschap, maar ook bepaalde geologische processen, zoals bijvoorbeeld de bedijking van rivieren het proces van overstromingen en sedimentatie volledig heeft veranderd. We zullen later zien dat de vroege mens ook in het Winterswijkse landschap sporen heeft achter gelaten.

IJstijden

In de Kwartair periode hebben meer dan twintig ijstijden (glacialen) plaatsgevonden, maar van slechts de laatste drie ijstijden kunnen we nog sporen in het Nederlandse landschap terugvinden. Gedurende de ijstijden lag de gemiddelde jaartemperatuur in onze streken 5 tot 10 °C lager dan nu het geval is. Ondanks dat we spreken over ijstijden, bereikte het landijs in slechts twee gevallen Nederland. De op twee na laatste ijstijd (*Elsterien* genoemd) bedekte slechts het uiterste noorden van Nederland met ijs. De ijskap van de voorlaatse ijstijd (*Saalien*) kwam tot de lijn Haarlem-Utrecht-Nijmegen-Düsseldorf en bereikte dus nog net Winterswijk, terwijl de laatste ijstijd (*Weichselien*) Nederland niet bereikte, maar het Nederlandse landschap wel in een vegetatie-arme toendra veranderde. De ijstijden hebben in Nederland als volgt hun sporen nagelaten:

- Rivieren veranderden hun loop van zuid-noord naar oost-west (Rijn en Maas)
- Grote keien werden aangevoerd in en op de schuivende ijsmassa (de hunebed bouwers maakten daar later dankbaar gebruik van)
- Schuivende ijsmassa's vermaalden de ondergrond en vormden *keileem*
- *Stuwwallen* werden opgeduwd door wegzakkende en voortbewegende ijsmassa's in een zachte ondergrond (zoals de Veluwe rand)
- Bestaande dalen werden dieper uitgeschuurd door ijslobben (zoals het dal van de IJssel)
- Losse grond verstoof en spoelde weg door het gebrek aan vegetatie en aldus werden *dekzanden en löss* gevormd
- Diepe *smeltwatergeulen* werden uitgeschuurd onder de ijskap
- Zgn. *erosie- of droogdalen* ontstonden op de randen van het hoger gelegen land, ondermeer op de stuwwallen
- De zeespiegel steeg en daalde talloze malen met tientallen meters hoogteverschil, waardoor land met enige regelmaat verdronk en droogviel, wat vooral in west- en noord-Nederland tot veenvorming en de afwisseling van zee- en rivierkleilagen leidde

De ijstijden in het Kwartair werden veroorzaakt door periodieke veranderingen in de afstand en positie van de aarde t.o.v. de zon. In koude periodes hoopt zich enorme massa's sneeuw op in Noord-Europa, die uiteindelijk in een dik ijspakket veranderden. Door het enorme gewicht van het kilometers dikke pakket schoof het ijsfront vanuit Noord-Europa richting zuiden met een gemiddelde snelheid van ongeveer 100m/jaar. Voortdurend kwam smeltwater vrij zowel door het smelten van ijs aan het front als in de zool van de gletsjer. Dit smeltwater vormde meren en rivieren langs het ijsfront. De snelheden van de ijsstromen binnen het landijs (of gletsjer) varieerden, er was sprake van nagenoeg niet bewegend, zgn. "dood ijs", en ijs dat in tientallen kilometers brede banen met vele kilometers per jaar zuidwaarts stroomde. Een fenomeen dat nu nog in Groenland en Antarctica wordt waargenomen. Er is een theorie, dat het grote smeltwaterdal bij Winterswijk (zie hieronder bij "Reliëf") gevormd is op de grens tussen dood ijs ten westen van de lijn Aalten - Groenlo en bewegend ijs ten oosten van die lijn. Een alternatieve theorie is, dat de smeltwatertunnel een al bestaand zijdal van de oer-Rijn volgde.

In de Kwartair periode werd het huidige Nederlands landschap gevormd en niet in de laatste plaats door de mens. Dankzij de relatief hoge ligging op het Oost-Nederlands plateau werden in de omgeving van Winterswijk geen zee- en rivierklei afgezet gedurende de Kwartair periode. Integendeel, de rivieren stroomden hier van oost (hoog) naar west (laag) en het verweerde en meegevoerde tertiaire en mesozoïsche bodemmateriaal werd als klei en zand verder naar het westen weer achtergelaten, en vormde daar dikke lagen op de tertiaire ondergrond. In Winterswijk werden er dus geen dikke lagen sediment gedurende de Kwartair periode over de tertiaire en mesozoïsche ondergrond gedrapeerd. De ijstijden daarentegen hebben wel diepe sporen achtergelaten in de relatief harde ondergrond, en deze hebben in combinatie met relictten van het tertiaire reliëf, en natuurlijk de menselijke activiteiten, de huidige Winterswijkse landschapscontouren gevormd. Het reliëf, geboetseerd door de gletsjers en smeltwaterstromen uit de kwartaire ijstijden, wordt slechts plaatselijk bedekt door dunne lagen van beek/riviersediment, dekzand, veen en humus, gevormd in het jongste deel van het Kwartair periode, zodat tertiaire en mesozoïsche lagen hier en daar zelfs aan de oppervlakte komen.

De invloed van de IJstijden in Winterswijk

In het jongste deel van de Tertiair periode en in de Kwartair periode, voordat de ons bekende drie ijstijden plaats vonden, stroomde de reusachtige rivier **Eridanos uit Lapland** via het destijds droog liggende Oostzeegebied naar de zich nog ontwikkelende Noordzee. Eigenlijk kunnen we deze rivier beschouwen als een complex van rivierenstelsels, dat smeltwaterstromen komende uit Scandinavië en rivieren, zoals de Elbe en de Wezer, komende uit het Duitse Middelgebergte, omvatte. Ten gevolge van oprukkende gletsjers vanuit het noorden veranderde de loop van het rivierenstelsel, en heeft het stroomgebied ooit delen van Noord- en Oost-Nederland bedekt. Lang voordat het ijs tijdens de voorlaatste (Saalien) ijstijd zwerfstenen uit Scandinavië meevoerde, hebben de Eridanos en zijrivieren daarvan al zwerfstenen in drijfjz naar Noord- en Midden-Nederland meegevoerd. Achtergelaten Eridanos zwerfstenen, die aangevoerd werden vanuit Scandinavië en het Duitse Middelgebergte, zijn later naar onze regio verplaatst door het schuivende Saalien landijs. Onder invloed van de ijstijden en vergletsjering van Scandinavië is de Eridanos voor het intreden van de laatste drie ijstijden opgehouden te bestaan.

Het ijs van de op twee na laatste ijstijd (Elsterien, 470.000 tot 420.000 jaar geleden) heeft Noord-Nederland bereikt, maar reikte niet tot het Winterswijkse. Na het Elsterien zorgden rivieren uit het zuiden en het oosten voor grind en zand afzettingen rondom Winterswijk. Het stroomgebied van de Rijn reikte minstens tot de lijn Aalten - Almelo, en heeft tijdens overstromingen bij Winterswijk grind en zand achtergelaten. Ook rivieren uit het Duitse achterland, bogen, gedwongen door de naar het zuiden opschuivende Elsterien ijsmassa, naar het westen om en lieten in Oost-Nederland zand en grind achter. In het oudste deel van het Pleistoceen tijdvak heeft de Rijn (of een zijrivier daarvan) een tot 10m dikke laag grind achtergelaten in een enkele kilometers brede strook, die loopt van het Duitse Wezel, via Aalten naar Eibergen. Deze strook vormt de westelijke rand van het Oost-Nederlands plateau. Op diverse plaatsen wordt de laag afgegraven voor grind- en zandwinning.

De strook van grind en zand langs de rand van het Oost-Nederlands plateau wordt ook wel als een rivierterras van de Rijn beschouwd. Rivierterrassen worden gevormd door rivieren, die veel grind en grof zand achterlaten. Onder bepaalde gewijzigde omstandigheden, bijvoorbeeld opheffing van de aardkorst, snijdt de rivier zich dieper in. Hierdoor ontstaat een hoger gelegen vlakte bedekt met stenen, grind en grof zand t.o.v de ingesneden rivier, het zgn. rivierterras. De rand van het Oost-Nederlands plateau was oorspronkelijk minder steil dan nu het geval is. De huidige steile helling is veroorzaakt door het insnijden van de Rijn (of een N-Z lopende zijrivier daarvan), die een hoger gelegen, relatief erosie bestendig terras, bestaande uit grof zand, grind en stenen, achterliet.

Het landijs uit de voorlaatste ijstijd (Saalien, 240.000 tot 130.000 jaar geleden) bereikte Winterswijk wel. Gedurende enkele duizenden jaren werd in het Laat-Saalien, tussen 170.000 en 140.000 jaar geleden, het Winterswijkse bedekt door gletsjerijs. Winterswijk lag relatief dichtbij de zuidelijke rand van de ijskap en de dikte van het ijs is hier niet meer dan enkele honderden meters geweest in de laagste delen van het landschap (ter vergelijking de huidige Groenlandse ijskap is grotendeels 2 tot 3 kilometer dik). Waar op andere plaatsen de ijsmassa's gestuwde heuvels hebben gevormd, is dat bij Winterswijk niet het geval. Stuwwallen zijn geassocieerd met bewegende ijstongen aan het front van de ijskap, die enigszins wegzakken en stagneren in een zachte ondergrond. De achterliggende ijsmassa beweegt verder en duwt tegen de stagnerende ijstongen, waardoor de ondergrond wordt opgestuwd aan de randen van de ijstongen. Waar stuwwallen zijn ontstaan verder weg van het meest zuidelijke ijsfront, zoals in Twente, is er sprake van een combinatie van factoren zoals o.a. een ijsfront dat tijdens het voortbewegen naar het zuiden enige tijd stagneerde en daarna weer werd voortgeduwd tijdens een periode van verdere afkoeling.

Het huidige micro-reliëf in het Winterswijkse is voornamelijk gevormd gedurende en na de voorlaatste ijstijd, maar is niet veroorzaakt door de duwende werking van de ijsmassa's. Voordat de ijstijden intraden, heeft het landschap er licht heuvelig uitgezien en werd het doorsneden door enkele oost-west gelegen rivierdalen. Winterswijk en omgeving waren droog gevallen, en de rivieren sneden zich dieper in doordat het Oost-Nederlands plateau langzaam omhoog kwam en het hoogteverschil met de dalende zeespiegel toenam. Tijdens het jongste Tertiair tijdvak (Pliocen) mondden de rivieren direct uit in de Noordzee, waarvan de kustlijn zich nog veel dichterbij Winterswijk bevond. Gedurende de Kwartair periode daalde de zeespiegel verder en verschoof de kustlijn verder naar het westen. De rivieren werden onderdeel van de stroomgebieden van eerst de Eridanos en later de Rijn, die toen nog meer naar het noorden stroomde en waarvan het stroomgebied tot aan de rand van het Oost-Nederlands plateau reikte. De Saalien ijskap zakte niet of nauwelijks weg in de harde en weinig smeltwater doorlatende tertiaire ondergrond, waardoor in de zool van de ijskap een waterrijke kleiige "glijlaag" ontstond. Vermoedelijk was Winterswijk ook niet lang genoeg aan het ijsfront om stuwwallen op te duwen, zoals wel het geval was in het nabije Montferland en Salland, waar de "glijlaag" minder aanwezig was wegens de zachtere en meer doorlatende kwartaire ondergrond en het ijsfront daardoor stagneerde. De schuivende ijsmassa's schuurden het pre-glaciale reliëf in het Winterswijkse wel af, hoewel er nog wat van het oorspronkelijke reliëf in afgesleten vorm is overgebleven en in het huidige landschap doorschemert. De ijskap bewoog over de harde tertiaire ondergrond, schraapte de bovenlaag af en mengde het kleiachtige tertiaire materiaal met stenen die aan de onderkant van de ijskap werden meegevoerd. Aldus werd de zogenaamde keileem, ook wel grondmorene genoemd, gevormd. Deze keileem wordt op vele plaatsen in de ondergrond en aan de oppervlakte van het Winterswijkse aangetroffen.

Aan de onderzijde van de Saalien ijskap smolt het ijs door de hoge druk van de bovenliggende ijsmassa, bovendien stroomde smeltwater van de bovenkant van de ijskap via gletsjerspleten naar de onderkant tijdens het opwarmen van het klimaat. Zo namen de smeltwaterstromen onder het ijs toe en veroorzaakten diep uitgeslepen smeltwaterdalen en grote meren in al bestaande (pre-glaciale) laagtes in het landschap. Na het smelten van de Saalien ijskap hadden we hier eerst een kaal landschap met lage heuvels, grote meren en enkele diepe dalen. Met name deze smeltwaterdalen zijn nog zichtbaar in het huidige landschap. Het smeltwaterdal bij Winterswijk bereikte een diepte van meer dan 70m beneden NAP. Omdat het smeltwater naar zeeniveau stroomde, weten we dat de zeespiegel op een gegeven moment ongeveer 100m lager lag dan tegenwoordig. De dalen en meren werden tijdens en na de Saalien ijstijd eerst opgevuld met grind en zand achtergelaten door het smeltwater en vervolgens met materiaal aangevoerd door wind en rivieren. Ondanks de opvulling blijven de dalen nog enigszins zichtbaar omdat het opvulmateriaal meer is ingeklonken dan de omringende hardere tertiaire bodem.

Een ander gevolg van de Saalien ijskap en de opgeduwde heuvels, die nu de Veluwe zoom en de Utrechtse heuvelrug vormen, is dat de afvoer van de Rijn in noordelijk richting werd geblokkeerd en daarom omhoog naar het westen, waardoor het stroomgebied verder van het Oost-Nederlands plateau kwam te liggen.

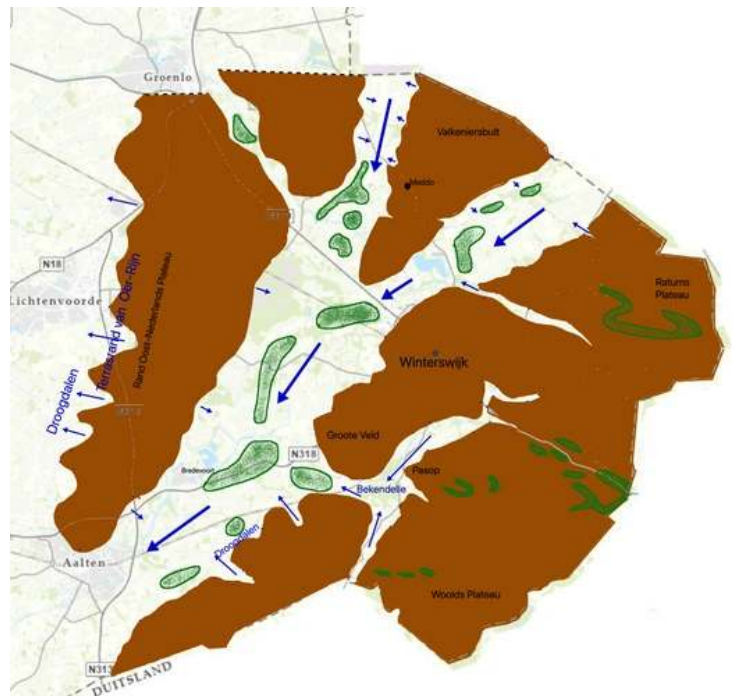
Het interglaciaal (Eemien) tot de volgende Weichselien ijstijd duurde slechts 10.000 jaar. Deze laatste ijstijd duurde van 116.000 jaar geleden tot aanvang van het Holoceen, zo'n 12.000 jaar geleden. Het landschap bereikte Nederland niet, maar door het koude klimaat was het hier een kaal landschap, waar water en wind vrij spel hadden om de depressies in het landschap op te vullen met zand en klei afkomstig van de verweerde tertiaire bodem. Het zand werd door gebrek aan vegetatie niet vastgehouden in de bodem, waaide op en viel neer in de lusstes van dalen en meren, die daardoor steeds ondieper werden. Dit zand is een algemeen verschijnsel in Nederland en wordt *dekzand* genoemd. De Rijn was in die tijd een zogenaamde vlechtende rivier in een kilometers brede riviervlakte, heel anders dan de meanderende Rijn van nu. In periodes dat de riviervlakte bijna geheel droogviel, werd er door westenwinden nog meer dekzand vanuit de Rijn-vlakte naar het Oost-Nederlands plateau geblazen.

Gedurende het Holoceen steeg de zeespiegel met 60m (gemiddeld 50 cm per eeuw), waardoor het grondwater in Oost Nederland steeg en de afvoer van rivierwater vanaf het Oost-Nederlands plateau naar zee langzamer ging. Uiteindelijk stagneerde de afvoer van het rivierwater door een combinatie van ingewaaid dekzand en gestegen zeespiegel en tijdens het Holoceen vormden er zich in de omgeving van Winterswijk, en voordat de mens ingreep, moeras- en veengebieden.

Wat is er te zien van de Kwartair periode?

Het glooiende landschap behoort tot de onderscheidende natuurwaarden van het Winterswijkse. Hoewel dit reliëf niet is veroorzaakt door de stuwende werking van landijs, is het wel grotendeels gevormd gedurende de Kwartair periode.

Sterk vereenvoudigde kaart van de drie reliëf-structuren. Het Oost-Nederlands plateau (1, bruine kleur) wordt doorsneden door relatief jonge, kwartaire dalen (2, blauwe pijlen) uit de laatste twee ijstijden en is schijnbaar opgesplitst in kleinere plateaus. Het plateau heeft een relatief hoog liggende erosie-bestendige tertiaire en mesozoïsche kern, waarover weinig of geen zachte kwartaire bedekking ligt. De groen gekleurde vormen duiden een aantal dekzandvoorkomens (3) met esdekken aan (lang niet alle dekzandvoorkomens zijn ingetekend). De blauwe pijlen zijn indicatief voor de richting van de pleistocene afwatering.



Het natuurlijk reliëf kan worden opgedeeld in drie structuren (zie ook de kaart hierboven):

1. Het Oost-Nederlands plateau met de relatief hoge ligging van de oude erosie-bestendige mesozoïsche en tertiaire ondergrond vormt de oudste structuur. De langzame opheffing van het plateau en gelijktijdige erosie van de bovenste afzettingen begon enkele miljoenen jaren geleden en duurt voort tot heden. Het plateau bepaald in hoge mate de richting van de afwatering. De structuur wordt gekenmerkt door uitgestrekte glooiende landschapsvormen, die een hoogte tot 50m +NAP bereiken. De hardere en meer erosie-bestendige pre-glaciale topografie schemert door een dun dek van zachte kwartaire lagen heen.

Ook het tot 100m onder het maaiveld voorkomende Zechstein steenzout is van invloed op de huidige hoogteverschillen. Zout lost namelijk niet alleen erg goed op in water, maar is ook plastischer en heeft een lager soortelijk gewicht dan de omringende bodemlagen. Onder het hoge gewicht van de bovenliggende lagen heeft steenzout in het noorden van Nederland ondiep gelegen zoutkoepels gevormd, waaruit zout wordt gewonnen. Bij Winterswijk is steenzout t.g.v. verticale bodembewegingen langs breukvlakken omhoog verplaatst en mogelijk daarna opgelost of teruggevoerd. Dit proces verklaart waarschijnlijk de depressie in het landschap, die te zien is in noordelijke richting vanaf de Fukkinkweg.

Het Zechstein steenzout is neergeslagen uit een met zout verzadigde zee gedurende de Perm periode (270-250 miljoen jaar geleden), direct voorafgaande aan de vorming van de Bontzandsteen in de Trias periode.

Doordat de tertiaire en mesozoïsche lagen niet alle even hard zijn en dus niet door verwerking en erosie met dezelfde snelheid werden afgebroken, ontstond er tijdens het Pliocen tijdvak een heuvelig oppervlak doorsneden door beekdalen. Tijdens de Kwartair periode, voor de intrede van de Saalien ijstijd, is door verwerking en erosie meer reliëf geboetseerd in de oude tertiaire en mesozoïsche lagen. De schurende Saalien ijsgletsjer heeft het pre-glaciale reliëf daarna wel afgeschaafd, maar niet volledig gewist, en oude dalen deels opgevuld met smeltwatersedimenten. Op het plateau ligt hier en daar een dun dek van kwartaire afzettingen, bestaande uit rivierafzettingen, keileem, veen, dekzand en humus over de oude ondergrond. Dit dek ligt over de door de ijsschap afgevlakte topografie van vóór de ijstijden (=pre-glaciaal). Daar waar wegen enige honderden meters of langer een "vals plat" helling vertonen, zijn deze hellingen mogelijk pre-glaciale overblijfselen van de oude topografie. Voorbeelden hiervan zijn te zien bij de afslag Sieverdinkweg op de Burloseweg in Brinkheurne, de Meester Meinenweg in het grensgebied van Kotten en Woold, de Holhuisweg bij de hoeve Pasop, de Meerdinkweg ten zuiden van de afslag naar geitenboerderij Brömmels, de Rauwershofweg ten zuiden van de Boveltweg en rond de Valkeniersbult ten noord-oosten van Meddo. Het geleidelijk omhoog lopen van het landschap naar 50m +NAP in de buurtschap Woold is veroorzaakt door de opheffing van het Oost Nederlands plateau, die lang voor de ijstijden aanving. Een mogelijk overblijfsel van pre-glaciale topografie is de "heuvel" van 40m +NAP (het "Grote Veld"), waarop de kleigroeve "De Vlijt" ligt. De "heuvel" is bedekt met tot 2m dikke kwartaire lagen (dekzand en keileem), waaronder hardere tertiaire kleien liggen. Deze pre-glaciale hoogte is goed zichtbaar en voelbaar als "vals plat" op de Veldhorstweg richting de kruising met de Vreehorstweg. In drie richtingen loopt het landschap naar beneden vanaf de kruising. Aan de westzijde heeft het landschap een hoogteverschil van ca. 15 meter met het lager gelegen smeltwaterdal. Aan de oost- en zuidzijde van de heuvel bevindt zich een oud erosiedal van een oost naar west (hoog naar laag) lopend afwateringssysteem (de tegenwoordige Bekendelle). De heuvel bood kennelijk voldoende weerstand om het afwateringssysteem erom heen te laten buigen.



Steilwand langs de Burloseweg bij de T-splitsing met de Sieverdinkweg in Brinkheurne. Links van de Burlose weg ligt het weiland meer dan twee meter lager dan rechts van de weg. Het terrein rechts van de Burloseweg, en de Sieverdinkweg zelf, lopen "vals plat" over een lengte van enige honderden meters omhoog (niet zichtbaar op de foto). Het hoogteverschil is vermoedelijk veroorzaakt door een breuk, waardoor de tertiaire en mesozoïsche lagen aan de noordzijde (links op de foto) zijn gedaald t.o.v. de lagen aan de zuidzijde. Er heeft zich een slenk gevormd, waarin nu de Boven Slinge stroomt. De breuk is vermoedelijk in de Tertiair periode ontstaan, en mogelijk in de Kwartair periode nog actief geweest.



De steilwand en helling langs de Burloseweg gezien van grotere afstand (parkeerplaats bij Hotel Lindeboom langs de Kottenseweg). De Boven Slinge stroomt midden op de foto in een dieper gelegen geul (direct achter de voorste boom). Achter de geul ligt het landschap enkele meters hoger. Het hoogteverschil is veroorzaakt door de breuk (zie bovenste foto), waardoor de voorgrond is gedaald t.o.v. de achtergrond op de foto.



Subtiële helling op de Veldhorstweg vanaf de kruising met de Driemarkweg op het "Groote Veld". De Veldhorstweg loopt hier naar beneden in de richting van het smeltwaterdal. De "heuvel", waarop de foto is genomen, is een "afgesleten" overblijfsel daterend van vóór de ijstijden (pre-glaciaal) en heeft een kern van tertiaire kleien.



Vanaf de Guldenweg in 't Woold loopt het terrein op in zuidelijke richting. Midden op de foto aan de horizon is nog net het bovenste stuk van het dak van een boerderij zichtbaar (witte pijl), de rest van de boerderij is aan het zicht onttrokken door het olopende terrein. Dicht onder het maaiveld liggen tertiaire kleien, hier sprake is van een restant pre-glaciale topografie van het Oost-Nederlands plateau.

2. De tweede structuur wordt gevormd door een lang en diep uitgeslepen smeltwaterdal, met daarin uitmondende droog- en beekdalen. Het smeltwaterdal zelf is relatief laat in het Saalien gevormd. De dalen zijn nu opgevuld met kwartaire (fluvio-glaciale) sedimenten, maar zijn nog waarneembaar als laagtes in het landschap, wellicht door verschil in inklinking tussen de zachte kwartaire sedimenten en de omliggende hardere tertiaire kleilagen. Het grote smeltwaterdal loopt noordoost-zuidwest, min of meer evenwijdig aan de toenmalige beweging van het landijs. Het traject van de Misterweg (N318) tussen afslag Miste en de kruising met de N313 ligt in een vlakke strook land van enige kilometers breed. Onder de vlakte ligt het diep uitgeslepen smeltwaterdal, dat van Oost-Twente via Vreden en Dinxperlo naar Kalkar in Duitsland loopt, en uitmondde in de Rijn, die destijds ten zuiden van de huidige bedding liep. Komende vanaf Winterswijk op de Corleseweg (N312) loopt de weg bijna direct na de kern van de buurtschap Corle omhoog richting Vragender en Lichtenvoorde, een hoogteverschil van 10m overbruggend. Deze helling markeert de westrand van het smeltwaterdal. Verder stroomopwaarts (naar het noordoosten) bestaat het dal uit twee takken, die om de bovengenoemde Valkeniersbult en de kern van de buurtschap Meddo heenbuigen. Ook nu nog ligt de kern van Meddo enkele meters hoger ligt dan de omgeving. Vervolgen we de Beijersdiek vanuit Meddo dan volgen we min of meer de oostrand van de westelijke tak. Langs de Beijersdiek zien we het landschap aan de rechterzijde (vanuit Meddo gezien) met 6 à 7m omhoog glooien. Aan deze rechterzijde ligt de oude tertiaire ondergrond tot één meter onder het maaiveld, aan de linkerzijde ligt het smeltwaterdal opgevuld met zachter post-glaciaal sediment. In het dal had zich een veenlandschap gevormd, dat aan de Nederlandse zijde van de grens inmiddels volledig in cultuur is gebracht. Aan de Duitse zijde vinden we nu het Zwillbrocker Venn, een veengebied bekend om de flamingo kolonie. Ook de Oostendorperdiek op de westrand van de westelijke tak van het smeltwaterdal toont hoogteverschillen vergelijkbaar met die van de Beijersdiek. Mogelijk bestonden deze hoogtes aan weerszijden van de twee takken al vóór het begin van de Saalien ijstijd en zijn door het schuivende landijs vervolgens afgeschraapt, maar niet volledig verdwenen. De oude dalen vormden natuurlijke afvoerkanalen voor het smeltende ijs en water, dat door scheuren naar beneden viel en in de zool van het landijs ontstond t.g.v. het hoge gewicht van de bovenliggende ijslaag. De zandwinning Hilgelo (nu deels recreatiegebied) ligt in de oostelijk tak van het smeltwaterdal, waar een zandpakket van in totaal enkele tientallen meters dik is achtergelaten door de oude (smeltwater)rivier en door afspoeling van het omringende hogere land. Gedurende de laatste ijstijd (Weichselien) was er geen waterbergingscapaciteit op de plateaus vanwege het gebrek aan vegetatie, de bevroren bodem, keileem en de ondoorlatende tertiaire kleien, waardoor smelt- en regenwater snel afstroomde naar de lagere delen in het landschap en aldus geulen in de plateauranden uitsleten (de zgn. droogdalen of erosiedalen). Deze dalen zijn nu grotendeels opgevuld met kwartair sediment, maar de randen van de plateaus hebben een nog enigszins golvend karakter behouden. Ondermeer de glooiingen in de N313 tussen Aalten en Lichtenvoorde en op de Beijersdiek zijn overblijfselen van de droogdalen. Het smeltwaterdal is belangrijk voor de grond- en drinkwatervoorziening in het Winterswijkse. Omdat het dal is ingeklemd tussen ondoorlatende tertiaire kleien en is opgevuld met een dik pakket van waterdoorlatend zand, stromen er grote volumes water doorheen. In de buurtschap Corle aan de Meenkmlenweg 12 bevindt zich een waterwinningsgebied in het dal. Deze plek is een bezoek waard vanwege de aanwezigheid van een [arboretum met 150 verschillende soorten lindebomen](#).



Zicht op het smeltwaterdal vanaf de Spiekersdijk in westelijke richting kijkend. De foto is op de iets hoger gelegen oostrand van het dal genomen. De locatie van de foto ligt net buiten de Winterswijkse gemeentegrens in de gemeente Aalten.



De westrand van het smeltwaterdal is goed zichtbaar in het Kloosterbos, ten noorden van Bredevoort, net over de gemeentegrens van Winterswijk. Over een korte afstand wordt een hoogteverschil van 10m overbrugd. Het driehoekje aan de horizon is het dak van een boerderij. In het Kloosterbos zijn nog de resten van een oude schans zichtbaar. Nabij het bos heeft klooster Schaer gestaan, dat tussen 1430 en 1597 in gebruik is geweest.

3. Op de bovengenoemde structuren ligt lokaal een "kleinschalige" derde reliëfstructuur, die tijdens de laatste ijstijd (Weichselien) is gevormd door opgewaaid **dekzand** en geaccentueerd door menselijk toedoen (**esdekken**). Dit reliëf is steiler en minder uitgestrekt dan die van de eerste twee structuren, en daardoor beter waarneembaar, zoals met name de bolle essen gelegen op de dekzandruggen. De grotere dekzandduinen liggen voornamelijk in het smeltwaterdal en bij de grotere erosie-/droogdalen. Vegetatie, vochtige bodem en windluwte hebben stellig een rol gespeeld bij de opeenhoping van dekzand. De vroege boeren hebben deze duinen als eerste benut, omdat het omringende natte kleilandschap veel minder geschikt was voor landbouw. Kleinere zandkopjes treffen we ook op het hogere plateau aan. Deze zijn als zgn. éénmansessen in gebruik geweest.

De verschillen tussen oude "grootschalige" en meer recente "kleinschalige" topografische structuren zijn goed te herkennen op een zgn. "**hillshade kaart**".

Tegenwoordig volgen de beddingen van de **Boven Slinge** en een aantal kleinere beken in grote lijnen de erosie-/droogdalen van ná de Saalien ijstijd. Waarschijnlijk volgen sommige beken ook nog delen van oude pre-glaciale dalen. Op diverse plekken kunnen we de glooiende dalvormen rond de beken in het landschap terug zien. Enkele mooie voorbeelden zijn te zien op de Vosseveldseweg bij de Toonenbrug over de Boven Slinge (Kotten), de Esinkweg direct na de afslag van de Burloseweg bij de brug over de Bemersbeek (Kotten), de Holdersweg bij de brug over de Dambeek (Woold), en waar de Limbeek onder de Oude Bochooltse Baan doorloopt.



Beekdalen: Links het licht glooiende dal van de Limbeek (de beek is niet zichtbaar, maar stroomt in de vegetatie singel), die hier ongeveer vijf meter onder de Bocholtse Baan stroomt. De Limbeek volgt het reliëf van een oud erosiedal, dat het Woolds plateau ontwaterde. Rechts het laag gelegen terrein van de Bekendelle, waarin de loop van de Boven Slinge door menselijk toedoen z'n weg heeft gevonden. We zien hier dat de Boven Slinge zich steeds dieper insnijdt. Het pad rechts op de foto ligt hoger dan het terreingedeelte waarin een aantal bomen groeien (meer midden op de foto). Er is hier sprake van beginnende terrasvorming veroorzaakt door een regelmatige afwisseling van hoge en lage waterstanden. Zowel de Boven Slinge als de Limbeek volgen oudere dalen uitgeslepen in tertiaire lagen. De ouderdom van deze dalen is moeilijk te bepalen: Ze kunnen al in het jongste Tertiair (Plioceen tijdvak) zijn ontstaan door eerdere beken, maar het is meer waarschijnlijk dat ze tijdens en na de laatste ijstijden zijn ontstaan.

Dekzand en beekgronden

Naast de boven beschreven grootschalige reliëf structuren 1 en 2 is microreliëf ontstaan uit stuifzand, dat grote delen van Nederland bedekte, vandaar de naam dekzand (structuur 3). Dit relatief recente reliëf werd gevormd tijdens de laatste ijstijd, toen het Nederlandse landschap op een kale toendra leek, de wind vrij spel had en zand en stof verspreidde over Nederland. Het opgewaaide zand en stof vormde tamelijk dunne lagen in grote delen van Nederland en dikkere lagen in de luwtes van de dalen in de oude topografie, waar het zand in lage duinen of ruggen kon opwaaien. De laagtes in de topografie (zoals rivierdalen en meren) waren natter dan de omgeving en het zand bleef daar beter liggen dan op de hogere en drogere delen van het landschap. Hierdoor werd het landschap genivelleerd en kon zelfs "omkeren"; de laagtes werden hoog. Ook naast de aanvankelijke laagtes konden zich kleinere zandruggen en zandkopjes vormen door opgewaaide en verplaatst zand. Een mooi voorbeeld van omgekeerde topografie is te zien langs de Rotweg in Ratum, waar de weg enige kilometers lang een oud beekdal in de tertiaire lagen volgt, dat in een zandrug is veranderd en zichtbaar hoger ligt dan de omgeving.

Rondom Winterswijk worden de oudere keileem, tertiaire en mesozoïsche lagen over een groot oppervlak bedekt door geel dekzand. Het dekzand kan oker- en rood-bruinkleurige lagen bevatten t.g.v. het oxideren en neerslaan van in grond- en kwelwater opgeloste of meegevoerde ijzermineralen. Deze lagen kunnen verharderen door verkleving van de zanddeeltjes, zodat zgn. **ijzeroer** wordt gevormd.



De foto toont een steilwand langs de Ratumse beek in het Tenkinkbos die bestaat uit een ongeveer twee meter dikke laag dekzand. Hoewel de beekloop er hier zeer natuurlijk uitziet, is de beek enkele eeuwen geleden door de dekzanden heen gegraven. Een enkele decimeters dikke laag humus ligt op de dekzanden. Onder de dekzandlaag is bij laag water Jura-Lias klei in de bodem zichtbaar.

Op veel plaatsen zijn kleinere duinen, ofwel zandkopjes, opgewaaid, die al eeuwen als akkerland in gebruik zijn (de zogenaamde *essen*), omdat het omringende land te nat voor akkerbouw was. Doordat het water gemakkelijk in de zandige essen wegzakt worden voedingsstoffen uitgespoeld. Deze hogere, van nature al voedsel arme zandgronden zijn snel uitgeput, en werden voor agrarische doeleinden bemest. Door de eeuwenlange bemesting met potstalmest zijn de zandruggen en -kopjes nog hoger geworden. In het Rommelgebergte vinden we nog enkele kleine gebieden met schraal dekzand en stuifzand aan de oppervlakte, die nooit in cultuur zijn gebracht, waarop o.a. hei en jeneverbes groeien. Tot begin 20e eeuw zagen grote delen van het Winterswijkse er nog ongeveer uit als de zandige percelen in het Rommelgebergte.



De Raetmansweg in Ratum kruist een oude dekzandrug. De zandrug is al eeuwen in gebruik als agrarische grond, de bolle vorm van het esdek links en rechts van de Raetmansweg is goed zichtbaar. De kruisende weg is de Rotweg die de oude zandrug enkele kilometers lang volgt.



Bij de kruising van de Burloseweg met de Esinkweg in Kotten snijdt de Esinkweg door een oude dekzandrug met esdek. De Esinkweg loopt geleidelijk omlaag naar het dal van de Bemersbeek.

De **Winterswijkse beken** zijn vaak omzoomd met loofbomen. Een smalle zone langs de beken is erg vruchtbaar doordat er na overstromingen een laag slib achterbleef. Omdat de beken op het Oost-Nederlands Plateau zich hebben ingesneden in mesozoïsche lagen, die rijk zijn aan kalk en mineralen, is het slib vruchtbaar en heeft het een gunstige zuurgraad. De eerste agrariërs gebruikten de beekzones voornamelijk om er vee te weiden. Wellicht werd het beekwater gebruikt voor weidebevoeding.

Helaas zijn tegenwoordig het beekwater en slib van veel minder kwaliteit. Door uitspoeling en oppervlakkige afspoeling van (dierlijke) meststoffen afkomstig van bouwland- en graslandpercelen komen in de meeste beken hoge stikstof- en fosfaatgehalten voor.

Zwerfstenen en grind

Zwerfstenen zijn op twee manieren in Nederland terecht gekomen, nl. transport door zowel rivieren als landijs. Het **oude rivierenstelsel van de Eridanos en de voorlopers van Rijn, Maas, Wezer en Elbe** heeft veel grind en zand aangevoerd, maar ingevroren in ijsschotsen en schuivend over de bedding zijn er ook grote keien aangevoerd. De stenen meegevoerd door Rijn en Maas komen uit het zuiden: Duitsland, België en Frankrijk. De stenen meegevoerd door Eems, Wezer en Elbe komen uit het oosten: Midden- en Oost-Duitsland. De stenen aangevoerd door de Eridanos en het Weichselien en Saalien landijs komen uit het noordoosten: Zweden, Oostzeegebied, West-Finland, Noord-Duitsland, Denemarken. Deze geografische spreiding maakt het soms mogelijk op basis van het soort zwerfsteen te herleiden welk van de riviersystemen, ofwel het landijs, de betreffende steen heeft aangevoerd. Met name het Saalien landijs heeft de grootste stenen aangevoerd, zoals deze ook in het Winterswijkse zijn aangetroffen. Omdat het Saalien landijs het zuiden van Nederland niet bereikte, worden beneden de lijn Haarlem - Utrecht - Nijmegen alleen zwerfstenen uit Noord-Europa aangetroffen, wanneer deze door de reusachtige smelwaterstromen verder zuidwaarts zijn getransporteerd. Specialististen kunnen soms de plaats van herkomst van een zwerfsteen bepalen.

De foto op deze pagina toont uit een akker verwijderde zwerfstenen in de buurtschap Woold. In de schaduw van de bomen liggen grote graniet keien van meer dan honderd kilogram.



In de Winterswijkse ondergrond komen dunne lagen met grof zand, grind en stenen voor. Sommige stenen zijn afkomstig van het Eridanos rivierenstelsel (kleinere bestanddelen zoals zand en grind zouden zijn geërodeerd en westwaarts getransporteerd). Op basis van gesteente types, weten we zeker dat daarna de Rijn vanuit het zuiden en de zijrivieren vanuit het oosten zand/grind/stenen in ons gebied hebben achtergelaten. De grote rivieren konden stenen van duizenden kilo's meevoeren. Het hoge Oost-Nederlands plateau vormde enige tijd de oostgrens van het stroomgebied van de oer-Rijn. In een zone lopende van Eibergen, via Groenlo naar Aalten en Bocholt heeft de Rijn (of mogelijk de Lippe, die nu bij Wezel in de huidige Rijn uitmondt, maar vroeger bij Wezel afboog en noordelijker in de oer-Rijn uitmondde) veel materiaal tegen de helling van het Oost-Nederlands plateau achtergelaten. Er is in dit gebied dan ook veel zand en grind gewonnen, maar er zijn ook grote keien aangetroffen. Bij hoge waterstanden heeft de Rijn mogelijk over het plateau gestroomd. In sommige Winterswijkse gebieden vinden we nog grind terug, dat vermoedelijk door de Rijn (of Lippe) is achtergelaten. Dit is o.a. het geval op de Kulverheide, waar de pas geploegde akkers bezaaid zijn met kleine afgeronde stenen (duidend op transport over een rivierbedding). Grotere stenen zijn door de landbouwers al verwijderd.

In de Winterswijkse ondergrond komen dunne lagen met grof zand, grind en stenen voor. Sommige stenen zijn afkomstig van het Eridanos rivierenstelsel (kleinere bestanddelen zoals zand en grind zouden zijn geërodeerd en westwaarts getransporteerd). Op basis van gesteente types, weten we zeker dat daarna de Rijn vanuit het zuiden en de zijrivieren vanuit het oosten zand/grind/stenen in ons gebied hebben achtergelaten. De grote rivieren konden stenen van duizenden kilo's meevoeren. Het hoge Oost-Nederlands plateau vormde enige tijd de oostgrens van het stroomgebied van de oer-Rijn. In een zone lopende van Eibergen, via Groenlo naar Aalten en Bocholt heeft de Rijn (of mogelijk de Lippe, die nu bij Wezel in de huidige Rijn uitmondt, maar vroeger bij Wezel afboog en noordelijker in de oer-Rijn uitmondde) veel materiaal tegen de helling van het Oost-Nederlands plateau achtergelaten. Er is in dit gebied dan ook veel zand en grind gewonnen, maar er zijn ook grote keien aangetroffen. Bij hoge waterstanden heeft de Rijn mogelijk over het plateau gestroomd. In sommige Winterswijkse gebieden vinden we nog grind terug, dat vermoedelijk door de Rijn (of Lippe) is achtergelaten. Dit is o.a. het geval op de Kulverheide, waar de pas geploegde akkers bezaaid zijn met kleine afgeronde stenen (duidend op transport over een rivierbedding). Grotere stenen zijn door de landbouwers al verwijderd.

Overigens kunnen we de oer-Rijn slecht vergelijken met de huidige Rijn. Door opheffing van het achterland (Eifel, Ardennen en Zuid-Limburg) vanaf het Laat-Tertiair (Pliocene) werd het hoogteverschil (= verval) tussen de rivieren en het zeeniveau groter en waren de stroomsnelheden, ook t.g.v. de soms enorme hoeveelheden smeltwater, daarom veel groter dan nu. Vooral in de Kwartair periode brachten de wisselende klimatologische omstandigheden grote veranderingen in waterhoeveelheden en meegevoerd erosie materiaal (rolstenen, grind, zand en klei) teweeg. Tijdens de ijstijden was de ondergrond permanent bevroren en konden de rivieren zich niet insnijden. Het gevolg was dat deze rivieren geen smalle, vaste beddingen hadden, maar hun lopen gingen zoeken over kilometers brede riviervlaktes. Er onstonden netwerken van stroomgeulen, die over een groot oppervlak grind en stenen neerlegden. Regelmatig raakten de geulen verstopt, en werden de rivieren gedwongen weer andere lopen te vinden. Gedurende de warmere periodes (interglacialen) hield de vegetatie veel bodemerosie tegen, en was de waterhoeveelheid constanter. De rivieren sneden zich in de zachtere bodem in en kregen meanderende lopen, zoals we deze nu kennen van Rijn en Maas.

Op diverse plekken in het Winterswijkse kunnen we grote en kleinere zwerfstenen zien. Verschillende grote zwerfstenen hebben een prominente plek gekregen in een aantal buurtschappen. In het dorpscentrum bij het oude raadhuis stond zo'n [monumentale zwerfkei](#), die in het voetstuk werd omringd door een verzameling kleinere zwerfstenen. De grote zwerfkei is gevonden in de buurtschap Meddo, weegt 43 ton, en was enige tijd de grootst aangetroffen zwerfkei in Nederland. De zwerfkei is recent verplaatst en nu onderdeel van het nieuwe Vrijheidspark naast het oude raadhuis. Andere grote zwerfstenen staan opgesteld in Meddo bij het voetbalveld, in 't Woold langs de Wooldse weg dichtbij de landsgrens, in 't Woold bij de kruising Meerdinkweg met Holdersweg (als oorlogsmonument op de plaats waar de tankslag van 1945 plaatsvond), in Kotten bij gebouw Juliana (ook als oorlogsmonument), en in de kern van Ratum (deze steen is geplaatst ter herinnering aan de kroning van koningin Juliana). Maar ook op andere plaatsen kunnen we aanzienlijke keien aantreffen, die dikwijls ter markering of decoratie van tuinen e.d. dienen, of door landbouwers naast de akkers zijn gelegd. Op [Landgoed Kotmans](#) in Miste zijn veel ter plekke gevonden stenen te zien, die zijn voorzien van naam en vermoedelijke herkomst. In de [Museum Fabriek](#) in het dorp is ook een aantal kleinere zwerfstenen te zien. Het Saalien landijs en de daarop volgende smeltwaterstromen hebben er voor gezorgd, dat stenen en grind aangevoerd door rivieren uit het zuiden en oosten vaak zijn vermengd met glaciaal materiaal aangevoerd uit het noordoosten, waardoor we allerlei soorten stenen kunnen aantreffen in de Winterswijkse bodem. Beschrijvingen van de meest voorkomende Winterswijkse zwerfkeien worden in het hoofdstuk "[meer weten](#)" gegeven.



Close-up van één van de graniet keien op de bovenste foto. De keien zijn afgerond wat veroorzaakt is door rollende bewegingen tijdens transport door gletsjerijs en stromend smeltwater. De grote graniet keien zijn afkomstig uit Scandinavië. De grote Nederlandse zwerfkeien zijn tot 1,8 miljard jaar geleden, uit gestold magma, op kilometers diepte in de Scandinavische aardkorst ontstaan.



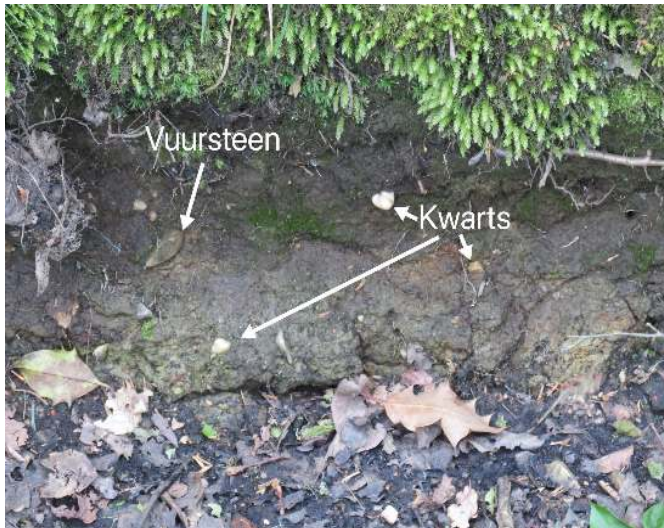
Een grote zwerfkei van graniet, die is opgericht als herdenkingssteen langs de Wooldseweg, nabij de landsgrens. De steen is opgericht ter nagedachtenis aan de openstelling van de verharde verbinding tussen Winterswijk en Bocholt in Duitsland.

Keileem

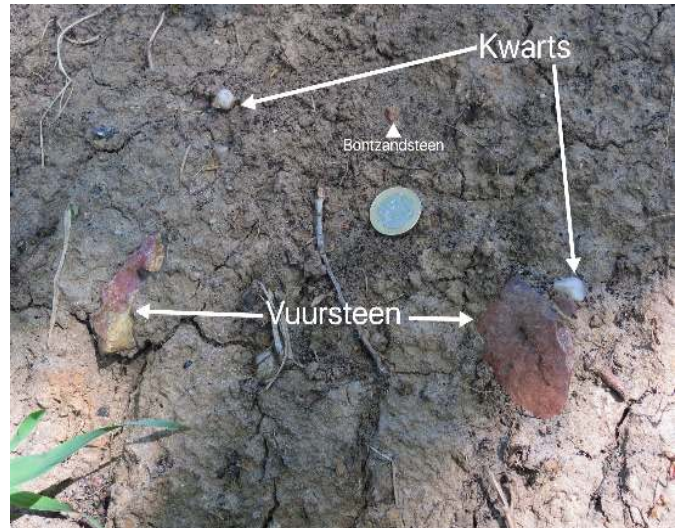
Het landijs voerde stenen mee die los waren gekomen van de onderliggende bodem. Door het gewicht van de bewegende ijsmassa werden veel stenen tussen ijs en bodem vermalen tot kleine stukjes steen en deels tot een heel fijnkorrelige kleimassa (leem). Bovendien schraapte het landijs materiaal van de bodem waarover het voortbewoog. In het Winterswijkse is dat veelal tertiaire zand en klei geweest. Ook dit materiaal werd tot een nog fijnere massa vermalen. Het zo gevormde keileem wordt op vele plaatsen in de omgeving van Winterswijk aangetroffen, met name op het hoger gelegen plateau. Tijdens het smelten van het landijs is veel keileem weggespoeld en vormt daarom geen aanééngesloten laag. De keileem is doorgaans afgedekt door een laag dekzand en heeft, wanneer aanwezig, een dikte tot 3 meter (hoewel voor Nederland uitzonderlijke diktes tot 15 meter in het Winterswijkse gerapporteerd zijn). Op enkele plekken, zoals in 't Woold en op de Valkeniersbult in Meddo, ligt keileem aan de oppervlakte. Door verstoring van de bodem t.b.v. bos- en landbouw is ondiep gelegen keileem moeilijk te onderscheiden van riviergrind, dekzand en tertiaire kleilagen. Onverstoorde keileem bestaat uit een mengsel van verschillende korrelgroottes, nl. klei en silt (een zeer fijnkorrelig zand) met slechts enkele procenten zand, grind en stenen. Echter door uitspoeling kan het fijnere materiaal zijn verdwenen en is de grind- en stenenfractie overgebleven. In tegenstelling tot grindlagen en dekzand is onverstoorde keileem nagenoeg ondoordringbaar voor grondwater. Keileem is een product van fijn gemalen gesteentes die verschillende mineralen bevatten, waardoor het tamelijk vruchtbaar kan zijn. Veel van de Winterswijkse bossen staan op gronden met ondiep gelegen keileem. Een ondiep gelegen keileemlaag kan echter zorgen voor wateroverlast op de percelen, met name in de depressies van het landschap. In deze depressies staat het grondwater relatief hoog en kan veenvorming plaatsvinden. Daarom zijn in de aangelegde bospercelen dikwijls ondiepe ontwateringskanalen gegraven. De uitgegraven aarde werd als dijkes (de zogenaamde rabatten) langs de kanalen gelegd en op deze dijkes werden bomen geplant.

Een dekzandlaag bovenop de keileem kan regenwater opnemen, maar indien het betreffende perceel hoog ligt, vloeit het langs de onderliggende keileem snel weg naar sloten en beken zonder dat het regenwater het grondwater niveau ter plaatse verhoogd. Dit leidt bij weinig neerslag al gauw tot uitdroging van de percelen. De onder de keileem gelegen zandlagen bevatten echter grote volumes water, bijvoorbeeld de eerder genoemde laag van Ratum (uit het Oligoceen tijdvak van circa 30 miljoen jaar geleden) is van belang voor de watervoorziening.

Kortom: De af- of aanwezigheid van keileem speelde een grote rol in de vochtigheid van de grond en het gebruik van de grond door de eerste landbouwers, zoals we in de pagina's "mensen" verder kunnen lezen. O.a. in diepe greppels op het Wooldsche Veld en op de Kulverheide, met name in de recent schoon gemaakte, kunnen we keileem zien. De gesteente fragmenten zijn meestal klein en het duurt even voordat we onze ogen erop ingesteld hebben. De Valkeniersbult op de grens van de buurtschappen Meddo en Huppel is een oude tertiaire hoogte, waarop door het landijs een relatief dikke laag keileem is achtergelaten. Veel van de grotere keien hebben nu een plaats gevonden op de erven van boerderijen nabij de Valkeniersbult.



Het onderste deel van de wand en de bodem (bedekt met blad) van een greppel op de Kulverheide. We zien hier centimeter grote witte kwarts steentjes en een beige vuursteentje met schelpvormige breuk, omgeven door een kleiachtige grondmassa met nog kleinere grindkorreltjes. Er is hier mogelijk sprake van een mix van keileem, pre-glaciaal (Rijn?)riviergrind en tertiare klei.



Een mix van keileem en riviergrindjes in een greppelwand in Kotten nabij grenspaal 780. We zien hier witte kwarts en tamelijk grote stukken hoekige rode vuursteen (euro munt geeft schaal aan). De kleinere rode steentjes zijn vermoedelijk afkomstig van de rode Bontzandsteenlagen, die hier ondiep voorkomen.



Afgeronde zwerkei van graniet, die in een wand van de greppel van de middelste foto ligt. De euro munt geeft de schaal aan. De afgeronde vorm duidt op rondkolkend water in een smeltwaterstroom (gletsjermolensteen). Materiaal, dat door smeltwaterstromen is achtergelaten, wordt "fluvioglaciaal" genoemd. De steen is vermoedelijk afkomstig uit Scandinavië.



De foto rechts toont kluiten iets groenige lichtgrijs gekleurde, onvermengde keileem zoals aangetroffen in kleigroeve "De Vlijt". Op de foto zijn enkele in het keileem opgenomen grindsteentjes zichtbaar. Elders op het terrein bij "De Vlijt" worden met regelmaat zwerfkeien, afkomstig uit Scandinavië, aangetroffen. De keileem vormde een "smeerlaag" voor het vanuit het noorden voortschuivende landijs.

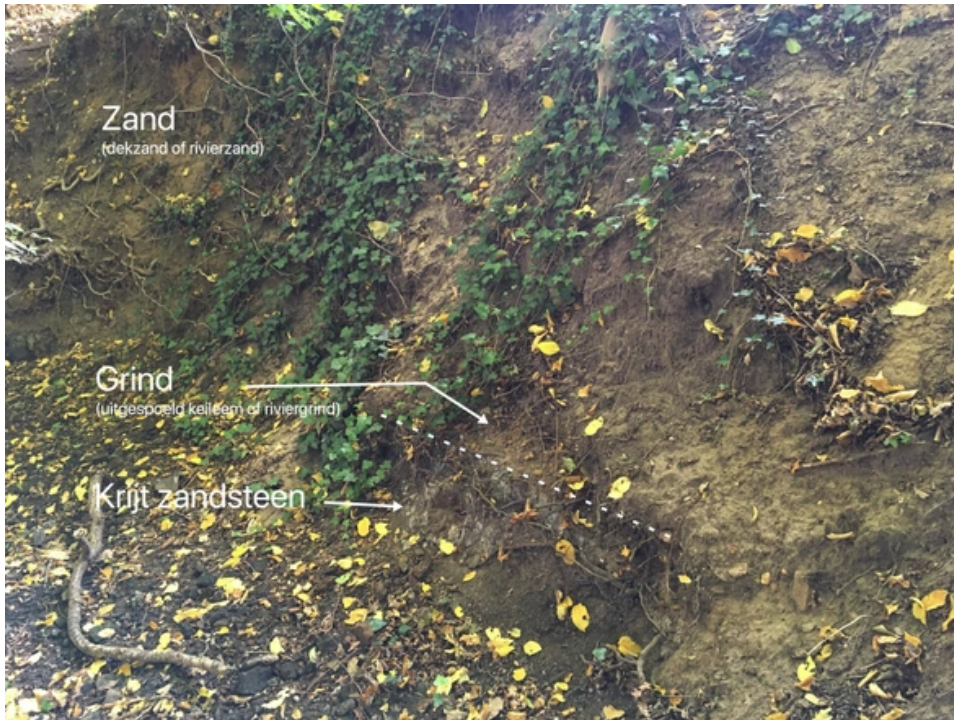
Voor de kijklustigen

In het gebied rond Winterswijk worden de oude bodemlagen, met uitzondering van de smeltwaterdalen, bedekt door een relatief dunne kwartaire laag van humus, dekzand, keileem, veen en/of beekafzettingen (grind, zand en klei). Op sommige plaatsen zijn de beken dermate diep ingesneden of de greppels dermate diep uitgegraven, dat de onder het Kwartair liggende oudere lagen zichtbaar zijn (=ontsluiting). Het vaststellen van de aanwezigheid van oude geologische lagen is niet altijd eenvoudig, omdat de bodem en wanden van de beken vaak zijn verstoord en bedekt met afgegleden dekzand, beekslib en allerlei puin. Ontsluitingen kunnen met name worden aangetroffen in de buitenbochten van de beekmeanders, maar deze zijn vaak afgedekt door puin of betonplaten om afkalving van de steilwanden te voorkomen, daarmee de ontsluitingen aan het zicht onttrekkend.

De tabel aan rechterzijde toont een kolom "grondlagen chronologisch" met een complete opeenvolging van kwartaire afzettingen van jong (boven) naar oud (onder), zoals die in theorie aangetroffen zou kunnen worden in het Winterswijkse. In de praktijk ontbreken altijd één of meerdere lagen. De kolommen "grondlagen zoals vaak aangetroffen" zijn meer realistische weergaven van een aan te treffen bodemprofiel.

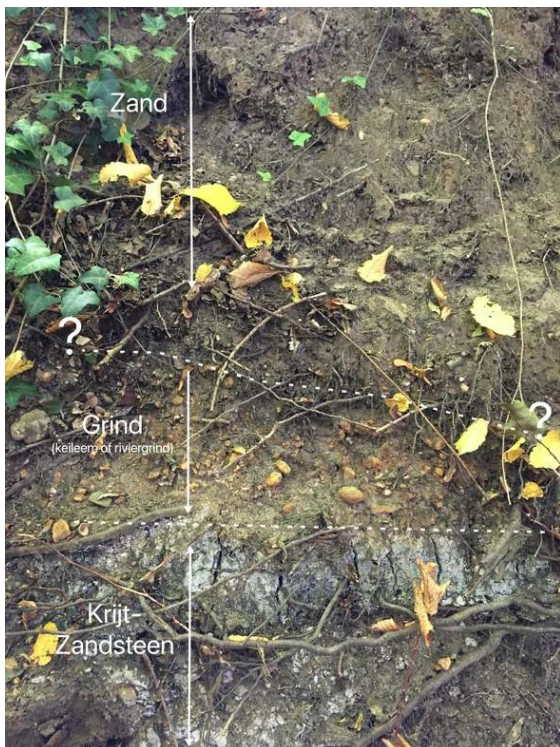
De verticale as is niet op schaal getekend.

	HERKOMST	GRONDLAGEN CHRONOLOGISCH	GRONDLAGEN ZOALS VAAK AANGETROFFEN OP PLATEAU	GRONDLAGEN ZOALS VAAK AANGETROFFEN IN DE DALEN
K W A R T A I R	Planten en dieren	Humeuze bovenlaag	Humeuze bovenlaag	Humeuze bovenlaag
	Plaggen en mest aangebracht op zandduin	Esdek	Esdek	Esdek
	Afkomstig van omringende eroderende heuvels	Beekslib en zand		
	Ontstaan in slecht afwaterende lokale gebieden	Veen		
	Lokaal stuifzand verzameld in vochtige luwtes	Zandduin		Zand
	Stuifzand vanuit westelijk gelegen toendra-achtige gebieden	Dekzand	Zand	
	Smeltwatersedimenten in lagere delen van oude landschap. (omringende heuvels en noordoostelijk gelegen Duitse achterland)	Grind, zand en klei		Grind, zand en klei
	Keileem bestaande uit lokale afzettingen en materiaal vanuit noordoosten tot aan Scandinavië	Keileem		
	Oer-Rijn en Maas stroomgebieden	Grind en stenen	Lokale grondmorene: Mix van keileem, grind, stenen en tertiaire klei	Lokale grondmorene: Mix van keileem, grind, stenen en tertiaire klei
	Oostelijk gelegen Duitse achterland	Grind en stenen		
Ouder dan 15 miljoen jaren	Tertiaire zeeklei en kustnabije afzettingen	Klei- en zand	Oude tertiaire of mesozoïsche lagen	Oude tertiaire of mesozoïsche lagen
	Mesozoïsche land en zee afzettingen	Klei- of zand- of kalksteen		



Een aantal ontsluitingen is alleen zichtbaar bij laag water, in pas schoongemaakte sloten en beken of op pas geploegde akkers, en zijn vaak slechts tijdelijk. Het herkennen van ontsluitingen van **zand- en kalkstenen** is relatief eenvoudig, ze vallen op door kleur en hardere textuur dan de erboven liggende zand- en keileemlagen, maar komen slechts sporadisch voor. De zand- en kalkstenen zijn sterk verweerd, meestal bros en kunnen een zwarte, grijze of bruine korst hebben t.g.v.

neergeslagen zouten, organisch materiaal en metaaloxiden. De foto's hierboven en naast zijn langs de Boven Slinge genomen en tonen een tijdshiaat van ca. 100 miljoen jaar tussen grind uit de Kwartair periode en Krijt zandsteen (Albien). Zouden we onze hand over het grensvlak tussen grijze zandsteen en grind leggen, dan overbruggen we 100 miljoen jaar!

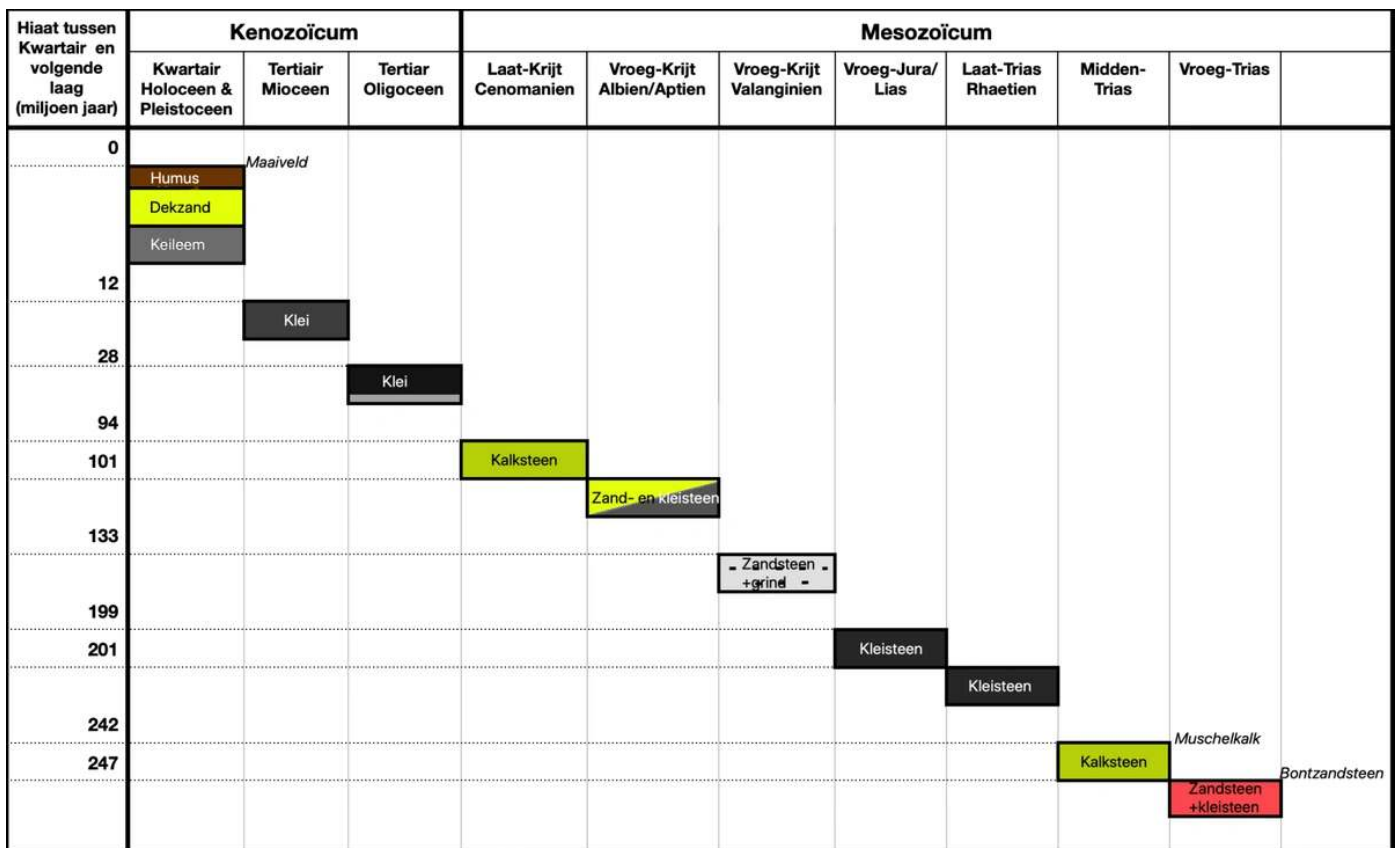


De twee foto's op deze pagina tonen een profiel in de Boven Slinge. Krijt zandsteen ligt hier onder een mengsel van rivierzand/grind en dekzand. Keileem is vermoedelijk door uitspoeling niet of in geringe mate aanwezig.

Tertiaire of mesozoïsche **klei** is vooral te herkennen aan de positie direct **onder** de kwartaire laag van dekzand en/of keileem, en soms riviersediment (zand en grind). Wanneer we onder deze kwartaire laag een vettige smeerbare klei aantreffen (zonder korreltjes tussen de vingers te voelen en zonder grind en stenen), is er doorgaans sprake van tertiaire of mesozoïsche klei. Wel is het zo dat het schuivende kwartaire gletsjerijs, voorafgaande aan de afzetting van de dekzanden, keileem met eventueel aanwezig riviersediment en tertiaire en mesozoïsche lagen vermengd kan hebben.

Voor de kijklustigen / Geologie

Mochten we op een oude laag stuiten die onder de kwartaire lagen ligt, dan is het interessant te beseffen dat tussen het Kwartair en de oude laag een tijdsgat (hiaat) van vele miljoenen jaren ligt. Dit tijdsgat is veroorzaakt door periodes dat er geen lagen werden afgezet, maar vooral ook door lange periodes van erosie, waardoor de oude aan de oppervlakte liggende verweerde lagen werden afgebroken en weggevoerd door water en wind. Hierdoor vlakke het landschap continu af en kwamen oudere lagen dicht bij het toenmalige maaiveld te liggen. Ten gevolge van de bodemplooiën en vele horsten en slenken, met onderling verschillende verticale bewegingen, vertonen de tijdsgaten (of hiaten) dichtbij het maaiveld grote verschillen en liggen lagen met ouderdomsverschillen van vele miljoenen jaren dicht onder het maaiveld.



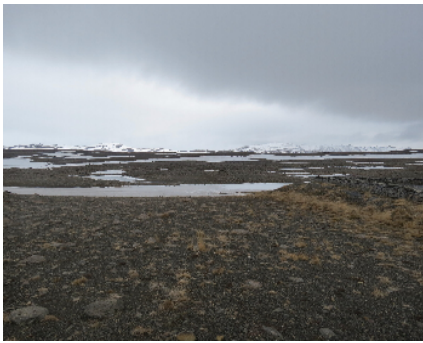
Bovenstaande grafiek laat de hiaten in miljoenen jaren tussen de kwartaire lagen en de eerstvolgende tertiaire of mesozoïsche laag zien. De grafiek is niet op schaal gemaakt. Afgezien van in de smeltwaterdalen zijn de kwartaire lagen nabij Winterswijk slechts decimeters tot enkele meters dik, terwijl de oudere lagen vele tientallen meters dik kunnen zijn. Het bijzondere is, dat lagen die vele tientallen miljoenen jaren in ouderdom verschillen, naast elkaar kunnen liggen. De grafiek geldt alleen voor de nabije omgeving van Winterswijk.

In het hoofdstuk "meer weten" is informatie toegevoegd, zodat de geïnteresseerde wandelaar of fietser met eigen ogen één en ander zou kunnen bekijken. Echter verwacht geen rotsontsluitingen, zoals we die al snel over de grens kunnen aantreffen. Buiten de Sibelco-groeven en de groeve De Vlijt, zijn de ontsluitingen van mesozoïsche en tertiaire lagen klein en onopvallend, maar wel uniek in Nederland. Bovendien is het Winterswijkse ruim bedekt met recente geologisch fenomenen uit de Kwartair periode, zoals dekzandduinen, keileem, venen, zwerfstenen en het smeltwaterdal, die beter waar te nemen zijn. Het belangrijkste is toch vooral te genieten van het fraaie landschap.

Laten we wel zuinig op onze natuur zijn: Blijf op de paden, betreed geen privé-terreinen, laat geen afval achter en graaf niet in de grond. Dat laatste laten we het beste aan echte belanghebbenden over. Het zoeken naar fossielen levert soms alleen iets op in de Sibelco-groeve (enige dagen per jaar toegankelijk) en in de klei groeve De Vlijt (niet toegankelijk). Andere nog bestaande ontsluitingen leveren voor een hobbyist geen interessante fossielen meer op.

Tot besluit

Een drietal foto's besluiten de pagina's "geologie". Het betreft twee opnames, die het landschap aan het einde van de voorlaatste ijstijd verbeelden, ca. 130.000 jaar geleden. De derde foto is van zgn. woeste gronden, zoals die door ontbossing en de beweiding van vee ontstonden gedurende enkele eeuwen vóór de 20e eeuw. Hoe de mens de kwartaire geologie van Winterswijk heeft weten te benutten kunnen we lezen in de het hoofdstuk "mensen".



Verdwenen landschappen: De eerste twee foto's tonen een IJsland's toendra landschap met keileemachtig materiaal in de voorgrond, meren gevuld met smeltwater, ijsschotsen en besneeuwde heuvels in de achtergrond. Winterswijk heeft er, kort na het smelten van de ijskap, ongeveer zo uitgezien. De derde foto toont "woeste gronden" in het Broedersbosch, Noord-Limburg. Zo hebben de woeste gronden in het Winterswijkse, zoals de Kulverheide, er ongeveer uitgezien in de 19e eeuw. Behalve enkele plekjes, o.a. in het Rommelgebergte en landgoed 't Mentink, is dit type landschap bij Winterswijk volledig ontgonnen en veranderd in productiebos en agrarische grond.

Inleiding menselijke invloed

Bezien in de geologische tijd is de evolutie van de mens een zeer recente gebeurtenis. Als factor die het natuurlijke landschap veranderde, is de mens van nog recentere datum. Aanvankelijk bewogen de eerste mensen nog met het landschap mee. De mogelijkheden, die de natuur bood, werden benut, de onmogelijkheden geaccepteerd. In Nederland nam, sinds de vroege Middeleeuwen, de invloed van de mens op het gebruik en de aanblik van het landschap snel toe, zo ook op geologische processen in bepaalde gebieden. Voor zover recente geologische processen niet stopgezet werden, zijn deze wel door de mens beïnvloed. De ontginning en ontwatering van veengebieden (sinds de 10e eeuw), en de bedijking van rivieren (al sinds de 7e eeuw) zijn slechts twee voorbeelden.

Door het smelten van de landijsbedekking na de laatste ijstijd steeg de zeespiegel met ruim 100m. De Noordzee, die tijdens de koudste periode van de ijstijd grotendeels droog stond, liep weer onder water. Tijdens het Holoceen tijdvak, gedurende de laatste 12.000 jaar, bereikte de kustlijn het huidige Nederlandse vasteland. De stijging van de huidige zeespiegel, zoals waargenomen in Nederland, heeft ook nu nog een natuurlijke component. Deze wordt veroorzaakt door het omhoog komen van de Scandinavische landmassa na het afsmelten van de kilometers dikke landijskap, en daaraan gerelateerde daling van Nederland (isostasie genoemd). De natuurlijke component vergroot de dreiging voor Nederland van de zeespiegelstijging t.g.v. global warming en het vervolgens smelten van landijs op Groenland en Antarctica.

De bovengenoemde twee voorbeelden van menselijk ingrijpen (ontwatering en bedijking) zijn er debet aan dat het Nederlandse rivierendelta gebied niet meer door natuurlijke processen wordt opgehoogd. De sedimentatie van klei en zand t.g.v. overstromingen is stopgezet en de inklinking van de bodem t.g.v. de ontwatering veroorzaken een relatief snellere zeespiegel stijging t.o.v. landniveau dan het geval zou zijn geweest wanneer natuurlijke processen hun gang hadden kunnen gaan. Bij stijgende zeespiegel t.g.v. klimaatopwarming zullen de rivieren Rijn, Maas, Schelde en Eems over enkele generaties meters onder de zeespiegel komen te liggen en zal de afvoer van het rivierwater stagneren. Dit wordt een probleem, dat met hogere dijken alleen niet valt op te lossen.

Het landschap in Nederland is door de mens gemaakt en we spreken dan ook van een "cultuurlandschap". Toch speelden producten van geologische processen een grote rol bij de ontwikkeling van het Nederlandse cultuurlandschap en er zijn weinig plekken in Nederland waar dat nog zo zichtbaar is als in de omgeving van Winterswijk.

Waarschijnlijk bezochten of bewoonden neanderthalers onze regio al. Zo'n 30km ten oosten van Winterswijk, nabij Coesfeld in Duitsland, zijn 120.000 jaar oude neanderthaler artefacten in een zandwinning aangetroffen. Maar op z'n vroegst 3000 v. Chr. is de moderne mens enige invloed op het Winterswijkse landschap gaan uitoefenen. De mens werd toen van een nomadische jager/verzamelaar tot een veehouder en landbouwer, die langer op één en dezelfde plek bleef wonen. Landschappelijke kenmerken bepaalden de bewoningsgeschiedenis in het Winterswijkse. In eerste instantie bevonden de nederzettingen zich op de hogere en drogere dekzandgronden, waar bossen moesten wijken voor kleine akkers en weiden. In vroeger jaren was de waterhuishouding op de zandruggen beter geschikt voor het agrarische bedrijf dan op de lagere en nattere omliggende gronden, gelegen op de slecht doorlatende keileem en oude tertiaire kleien.

De dekzandgronden zijn van nature schraal en vermoedelijk werd de grond verrijkt door het platbranden van de vegetatie en het gebruik van as als voedingsstof. Na enkele jaren verhuisde men dan naar een ander perceel en herhaalde men het proces van platbranden. Na enige tijd waren alle drogere gronden zodanig uitgeput, dat de vroege mens ergens ander heen zal zijn getrokken, en bewoning in het Winterswijkse tijdelijk afnam, om in de vroege Middeleeuwen weer toe te nemen.

Het dorp Winterswijk is al minstens 1000 jaar bewoond, maar in tegenstelling tot de nabij gelegen kleinere plaatsen Bredevoort, Lichtenvoorde en Groenlo heeft Winterswijk geen stadsrechten gekregen. De voorloper van de Jacobskerk in het centrum van het dorp zou ergens tussen de 8e en 11e eeuw gesticht zijn. De eerste permanente bewoning van het dorp vond plaats in een boerenhof op zandruggen langs de toenmalige loop van de Boven Slinge, waarschijnlijk al in de 10e eeuw of zelfs eerder. Ook in de buitengebieden zijn de eerste boerenerven omstreeks 800 na Chr. ontstaan, eerst op de drogere en hogere zandruggen. Vervolgens langs natuurlijke en gegraven waterlopen, die voor een betere waterhuishouding zorgden in de natte gebieden gelegen op keileem en tertiaire kleigronden met weinig of geen bedekking van dekzand. Hierdoor ontstond een verspreide bewoning bij kleinschalige boerenerven.

Het landschap heeft zich in relatieve isolatie van de rest van Nederland kunnen ontwikkelen. Tot in de 19e eeuw werd de toegang tot Winterswijk en omgeving bemoeilijkt door grote veengebieden. Lang waren de banden met de Duitse buren sterker dan met het centrale Gelderse, Utrechtse of Hollandse gezag. Dit leidde o.a. tot het lang in stand houden van de horigheid der boeren; een middeleeuws overblijfsel dat pas in de Franse tijd rond 1800 werd afgeschaft, maar dat van invloed is geweest op de ontwikkeling van het cultuurlandschap. Dit feodale systeem, in combinatie met de afstand tot het centraal gezag, heeft geleid tot de ontwikkeling van een soort klasse van "boerenadel" (de [scholtenboeren](#)), die zich tot het begin van de 20e eeuw heeft kunnen handhaven.

Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en Geldersch Landschap en Kasteelen beheren een flink aantal natuur en cultuurhistorische gebieden en oude hoeses in de omgeving van Winterswijk. Vier van de natuurgebieden genieten internationale bescherming onder de Natura-2000 paraplu. Verregaande ruilverkaveling, m.n. ten zuiden en oosten van Winterswijk, heeft niet plaats gevonden en in deze gebieden lijkt de tijd minder snel te zijn gegaan dan elders in Nederland.

In 2005 is een 220 vierkante kilometer groot gebied rondom Winterswijk aangewezen als Nationaal Landschap, waarin de Winterswijkse buurtschappen Miste, Ratum, Kotten, Brinkheurne, Woold, Huppel, Henxel, Corle en Huppel zijn gelegen. Het oogt hier

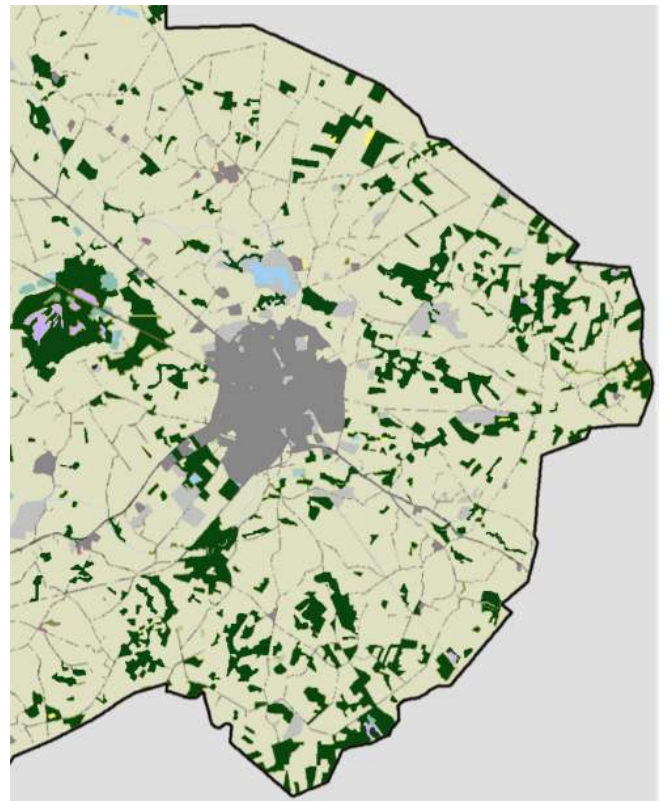
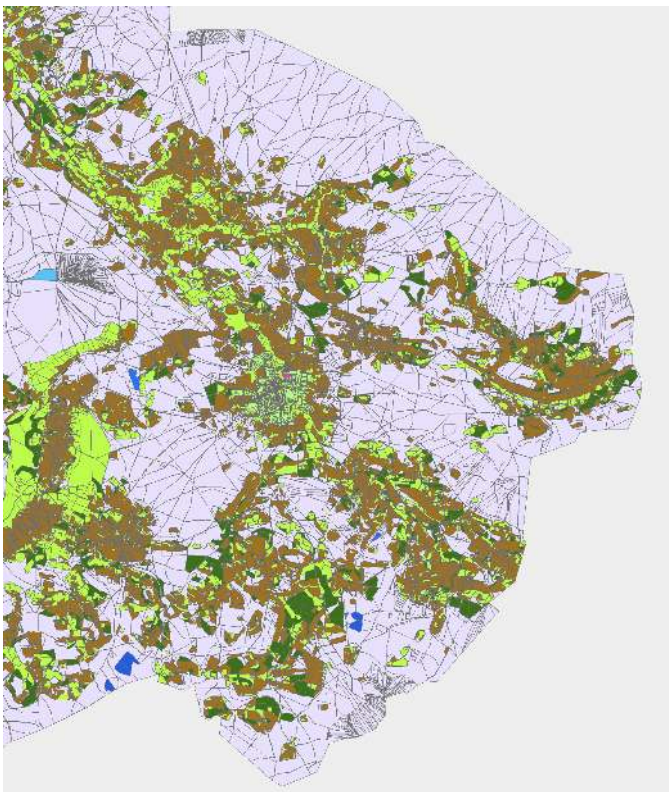


pittoresk door een mix van relatief kleine, open en grillig gevormde percelen, glooingen, slingerende beken, houtwallen, versnipperde kleine boskavels, verspreid liggende kleine hoeses en grote statige boerderijen, dikwijls gelegen aan landelijke zandwegen. Helaas staat tegenwoordig ook het landschap rond Winterswijk onder druk vanwege de energietransitie (windmolens en zonneparken) en de rationalisatie van landbouw en veeteelt.

In de volgende pagina's wordt uitgelegd hoe de mens de bodemgesteldheid in het Winterswijkse heeft weten te benutten.

Landgebruik

Al eerder is genoemd, dat het fraaie kleinschalige oude hoevelandschap met z'n glooiende essen is geassocieerd met tamelijk "recente" geologische processen, namelijk de vorming van dekzandduinen op een veelal weinig water doorlatende ondergrond van tertiaire klei en kwartaire keileem. In het hoofdstuk [Kwartair](#) is uitgelegd, dat de verschillende soorten ondergrond van dekzand, keileem en tertiaire klei, maar ook de waterhuishouding van grote invloed zijn geweest op het gebruik en de inrichting door de mens van het Winterswijkse land. Het oude cultuurlandschap, gebaseerd op de mogelijkheden geboden door de ondergrond, is hier deels bewaard gebleven, omdat ruilverkavelingen in Winterswijk laat plaatsvonden, pas nadat men had geleerd van de landschap beschadigende verkavelingen elders in Nederland. Het Winterswijkse hoevelandschap is dan ook een afspiegeling van hoe grote delen van het Nederlandse platteland er in de 19e eeuw en eerste helft 20e eeuw hebben uitgezien.



Het landgebruik is de laatste eeuwen enorm veranderd. De kadaster kaart uit 1832 (links) toont dat tweederde van het Winterswijkse begin 19e eeuw nog uit woeste grond bestond, met name heidevelden (lila). Enkele eeuwen daarvoor bestond de woeste grond nog voornamelijk uit bossen en veen. De heide was ontstaan t.g.v. menselijk activiteiten, namelijk het rooien van bossen voor de winning van hout, afplaggen t.b.v. potstalmest, en weiden van vee. De recente topografische kaart (rechts) laat zien, dat de het areaal aan bos enigszins is toegenomen sinds 1832, maar dat de heidevelden zijn verdwenen en plaats hebben gemaakt voor hoofdzakelijk landbouwgrond en weiland (lichtgroen). In 1832 speelde de landbouw zich nog voornamelijk op de essen af, die gelegen zijn op de dekzandruggen en kopjes. Veel van de percelen woeste grond waren in 1832 nog gemeenschapsgronden behorende bij een buurtschap. De vele langwerpige percelen in het Wooldsche-, Kottensche- en Korenburgerveen behoorden veelal toe aan particulieren t.b.v. turfwinning. Verder valt op, dat de percelen in het Winterswijkse gebied vaak klein en onregelmatig van vorm waren. Bron van kadasterkaart: Fryske Akademy ([hisgis.nl](#))

Essen

Het is sinds de vroege Middeleeuwen (6e eeuw n. Chr., wellicht al enige eeuwen eerder), dat de mens het landschap meer ingrijpend ging veranderen. Binnentrekkende stammen brachten nieuwe technieken van landbouw naar onze streken. Opdat permanente bewoning mogelijk bleef, werden de erven op de schraal geworden **dekzandruggen** sinds de 6e eeuw regelmatig bemest door het opbrengen van eerst bosmaaisel en later de zogenaamde potstalmest. Potstalmest is een mengsel van stalmest en plaggen gestoken op de heidevelden ("woeste gronden"), gebruikt voor beweiding door vee, en rijkere bos- en beekgronden. Vanwege de bemesting door de vroege akkerbouwers werden de topografisch hogere dekzandruggen en -kopjes nog meer opgehoogd en vormden zich de bolle akkers en weiden, de zgn. bolle essen, kenmerkend voor het huidige Winterswijkse oude hoevelandschap. Het aldus aangebrachte esdek kan tot 2 meter hoog bedragen en vormt een micro-reliëf dat steiler, maar beperkter van omvang is dan het oude pre-Holocene reliëf. Ook kenmerkend voor sommige essen zijn de zogenaamde "holle" wegen, waarlangs aan één of beide zijden potstalmest op de akkers is aangebracht, waardoor de wegen dieper liggen dan het aangrenzende land. De hoogteverschillen kunnen tot twee meter bedragen. Om zulke hoogte verschillen te bereiken moeten deze wegen al eeuwen oud zijn. Schattingen m.b.t. de ophoogsnelheid van een esdek lopen uiteen van 1,5 tot 3,5mm per jaar, afhankelijk van de kwaliteit van de plaggen. Een lage kwaliteit plag met veel zand zorgde voor een snellere ophoging van de es. Lage kwaliteit plaggen ontstonden, wanneer de hei onvoldoende tijd kreeg om te herstellen van het voorafgaande afplaggen. Het opbrengen van potstalmest stopte rond 1900 nadat het gebruik van kunstmest algemeen was geaccepteerd. Om een 1,5 meter hoog esdek te bereiken, zou het opbrengen van potstalmest ergens tussen 900 en 1500 na Chr. zijn aangevangen. Op grond van koolstof dateringen wordt aangenomen dat het opbrengen van potstalmest in Oost-Gelderland sinds 1400 in gebruik raakte. Voor die tijd werden de essen vermoedelijk bemest met maaisel uit de toen nog rijkelijk aanwezige bossen.

De Damkotweg, een "holle weg" die door een bolle es loopt in de buurtschap Woold. Aan weerszijden zien we steilwanden, waarvan de linker tot 1,5 meter hoog is. De weg zelf loopt ook iets bol. Vermoedelijk volgt de weg min of meer het oppervlak van de onderliggende dekzandrug. De steilwanden zijn ontstaan door het eeuwenlang opbrengen van potstalmest. Deze kleine zandweg staat reeds aangegeven op een Frans kaartblad uit 1801, maar is waarschijnlijk nog veel ouder.





Nabij de Wiebersweg in Kotten, stroomt de Bemersbeek langs een hoge bolle es (links op de foto). Het hoogteverschil tussen de es en het rechts gelegen weiland bedraagt tot vier meter. Een dergelijke steilwand kan worden veroorzaakt zijn door de eroderende werking van beekwater, maar hier betreft het waarschijnlijk een gegraven bedding langs de zandrug en daarop liggende bolle es.

Venen

Zoals eerder beschreven zorgden de slecht water doorlatende **keileem** en **tertiaire klei** voor permanent natte gebieden, vooral wanneer de eventueel aanwezige natuurlijke afwateringskanalen dichtslibden of dichtstoven. Dit leidde tot uitgestrekte moeras- en veengebieden rondom Winterswijk. Onderzoek heeft uitgewezen, dat 15 tot 30% van het landoppervlak in de Achterhoek door veen of moeras werd bedekt. In het Winterswijkse is dat minstens 30% geweest. De vervening begon enkele duizenden jaren geleden en vond plaats zowel op de hogere plateaus als in de lager gelegen gebieden. Van de veengebieden is inmiddels nog weinig over. Het afgraven van de Wooldsche en Kottensche venen t.b.v. turfwinning vond al in de 17e eeuw plaats en gebeurde op kleinschalige en onsystematische wijze, meestal door de plaatselijke bevolking voor eigen gebruik. De dikte van de veenlagen was te gering en de bereikbaarheid te slecht om winning op grootschalige en commerciële wijze aan te pakken, zoals elders in Nederland wel gebeurde. Van de oorspronkelijke veengebieden resteren alleen het Korenburgerveen (omvattende het Vragender-, Corlese- en Meddoseveen) en het Wooldsche veen. Veel veengebieden werden na afgraving ontwaterd middels het aanleggen van greppels en het aanpassen van bestaande waterlopen, en in gebruik genomen voor landbouw.

Niet meer bestaande veengebieden (zoals het Masterveld en het gebied aan de Nederlandse zijde van het Zwillbrocker Venn) lagen bovenstrooms van beken als de Ratumse beek, Willinkbeek en Vennevertlose beek. De veengebieden fungeerden in tijden van veel neerslag als wateropslag en bufferde de afvoer via de beken (water retentie). Het afgraven van de veengebieden verstoorde de waterhuishouding, waardoor beken vaker buiten hun oevers traden in winter en voorjaar en grote oeverafslag optrad, en droogvielen in de zomer.

De nog resterende veengebieden liepen door het onttrekken van grondwater t.b.v. de landbouw het risico van uitdroging, maar tegenwoordig kunnen beheerders door de aanleg van dijken en waterkeringen het grondwaterniveau regelen, met als gevolg natuurherstel in deze gebieden. Zowel het Wooldsche veen als het Korenburgerveen bieden een prachtige natuur, en hoewel delen zijn afgesloten, blijven er nog voldoende te bewandelen paden over. Het Duitse deel van het Wooldsche veen (Burlo-Vardingholter Venn und Entenschlatt) is in het vogelbroedseizoen (half maart tot half juni) niet toegankelijk.



De foto toont de afgraving van de toplaag bij het Wooldsche veen. Bij dergelijke werkzaamheden is er een spanningsveld tussen natuurherstel t.b.v. flora en fauna enerzijds en cultuurhistorische en aardkundige waarden anderzijds.



Grenspaal in het Wooldsche veen. Deze paal, gemaakt van Bentheimer zandsteen, is in 1766 opgesteld en staat op een bakstenen fundament om wegzakken in het veen te voorkomen.

Een waterniveau "monitoring- en regelsysteem" in het Korenburgerveen. Zonder waterbeheersing zouden de venen bij Winterswijk opdrogen. Slechts een gedeelte van het Korenburgerveen is vrij toegankelijk.



Woeste gronden en scholten

Naast de venen bestonden er in de omgeving van Winterswijk, tot het midden van de 19e eeuw, ook grote arealen met heide, de zgn. *woeste gronden*, die in gemeenschappelijk gebruik waren. De heidevelden ontstonden met name daar waar de bodem werd gevormd uit een dunne laag *dek- of rivierzand* gelegen op keileem of tertiaire klei, en er beweiding door vee plaatsvond, waardoor hogere vegetatie geen kans kreeg. De heidearealen werden afgeplagd en gemengd met stalmest zodat de zgn. potstalmest werd verkregen, die op hogere zandruggen en zandkopjes werd opgebracht en waardoor bolle essen ontstonden. Door deze praktijk van afplaggen verschaalden met name de heidegronden op de toch al arme zandgronden nog verder. Echter, na 1850, onder toenemende bevolkingsdruk en door het eerste gebruik van guano en later kunstmest, werd de potstalmest overbodig en werden de eigendomsrechten van de woeste gronden toegewezen aan de grootgrondbezitters. Vervolgens werden de woeste gronden ontgonnen om plaats te maken voor bouwland en percelen met productie bos. Van de eens uitgestrekte heidevelden zijn nu nog slechts enkele snippers terug te vinden, zoals in o.a. het Rommelgebergte, de Willink Weust en Muggenhoek.

Het scholtengoed Tenkink in de buurtschap Ratum. Tenkink is een voorbeeld van een 19de eeuwse Winterswijk's scholtengoed. De eerste vermeldingen als boerderij zijn vanaf 1624, maar de naaam Tenkink, op verschillende manieren gespeld, wordt in documneten al vermeld sinds 1185.



De woeste gronden waren in gemeenschappelijk gebruik onder de hoede van de zogenaamde *scholten*. De scholten waren horige herenboeren, die een feodaal systeem vertegenwoordigden, dat in 1795, in de Franse tijd, werd afgeschaft. De scholtenboer had personeel in dienst en de aan hem behorende pachters en horigen moesten diensten verlenen en afdrachten doen. De scholtenboer op zijn beurt stond een deel van de afdrachten af aan de leenheer. Als vertegenwoordigers van de leenheren bestuurden de scholtenboeren ook de gemeenschappelijke woeste gronden, de zogenaamde markengronden. Deze werden rond 1850 opgedeeld in verhouding tot het toenmalige grondeigendom. Het resultaat was dat de scholten, die toch al veel grond bezaten, er veel land bijkregen, dat deels werd behouden als bos voor de jacht en zelfs werd beplant met naald- en eikenbomen voor redenen van jacht en productiehout (ook nu nog bestaan er enkele houtzagerijen in de buurtschappen). Men zou kunnen stellen dat met name de scholtenboeren ertoe bijdroegen dat het Winterswijkse cultuurlandschap een esthetische waarde bleef behouden. De heidevelden verdwenen echter wel uit het landschap. Door het ontstaan van een meer gemengd boerenbedrijf, rond de 19e/20e eeuwswisseling, werden bijna alle resterende heidevelden omgezet in grasland. De naam Kulverheide in 't Woold herinnert nog aan wat er eens was, maar nu voornamelijk grasland en naaldbomenbos is. Door het graven van ontwaterings kanalen en aanleggen van dijkkjes (de zgn. rabatten) kon men ook de zeer natte gronden in gebruik gaan nemen als bos, zo verdwenen bijvoorbeeld het Kottensche veen en Blekkinkveen. De foto op deze pagina is van het 19e eeuwse scholtengoed Tenkink in Ratum. De eerste vermeldingen als boerderij zijn vanaf 1624.

Door de ontginningen onstond er naast het *oude hoevelandschap* het *nieuwe hoeve/ontginningslandschap*. Het oude hoevelandschap bestaat uit pittoreske boerderijtjes en statige scholtengoederen, verspreid liggend in het kleinschalige, glooiende essenlandschap omzoomd door houtwallen en loofbomen. Het nieuwe hoevelandschap wordt gekenmerkt door openheid, rechte kavels, sloten en wegen. Toch hadden de landeigenaren, waaronder naast de scholten zich nu ook rijke textielabrikanten bevonden, en waarvan sommigen zich gedroegen als landjonkers, wel hun (economische en esthetische) gevoel voor bosbeheer behouden en werden bestaande bosjes gespaard of uitgebreid en wallen opgeworpen en beplant met veelal eikenbomen. Daardoor is het nieuwe landschap op een andere wijze aantrekkelijk gebleven. Mooie voorbeelden van dit nieuwe landschap zijn te zien in het zuiden van 't Woold op de Kulverheide, langs de Grensweg en de Kuipersweg. Daarentegen wordt het oude hoevelandschap, dat ontstaan is door het benutten van de hogere dekzandruggen, gekenmerkt door een dicht netwerk van zandweggetjes en paden, dat de verspreid liggende boerderijen en onregelmatig gevormde percelen met elkaar verbindt. Dit landschap is vooral te zien in de noordelijk essenzone Meddo-Huppel-Ratum en de zuidelijke essenzone Woold-Kotten.

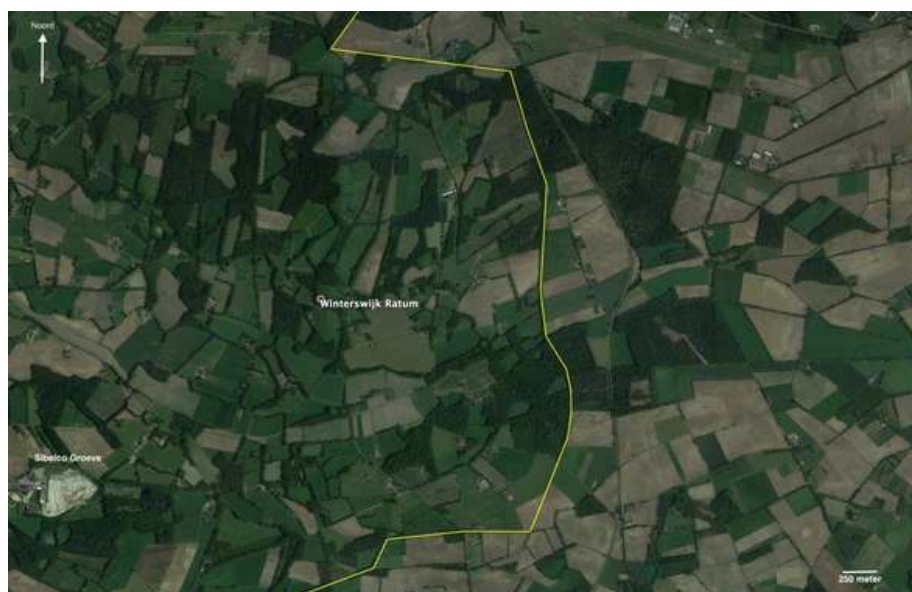
Een mooi voorbeeld van de coulissen en het glooiende karakter van het oude hoevelandschap. De foto is genomen nabij de Bochtsebaan in de buurtschap Woold.



Ruilverkaveling

Ruilverkaveling bestaat uit maatregelen om de inrichting van landelijk gebied, bestaande uit versnipperd grondbezit, kleine, slecht bereikbare percelen en gebrekkige ontwatering, te verbeteren. In de twintigste eeuw heeft deze herindeling van grond de vaak kleinschalige structuur van het platteland soms radicaal veranderd. Grotere kavels, nieuwe rechte wegen, recht getrokken waterlopen, en nieuw gebouwde boerderijen zorgden voor een "rationeel" landschap. Kleine bosjes, houtwallen, beekjes of natuur, die in de weg lagen, werden daarbij geruimd. Voorbeelden van deze rationalisatie kunnen we zien direct over de grens in Duitsland.

Google Earth satellietfoto van de grensstreek bij de buurtschap Ratum. De foto laat de verregaande rationalisatie in het landschap aan de Duitse zijde van de grens (rechts van de gele lijn) zien t.o.v. de Nederlandse zijde. Aan de Duitse zijde zien we grotere productiebos- en landbouwpercelen. Aan de Nederlandse zijde zijn er meer en kleinere bospercelen in een coulissen landschap van boomsingels, houtwallen en onregelmatig gevormde agrarische percelen. Linksonder op de foto ligt de Sibelco groeve.



Mettertijd kregen natuurbehoud en beheer echter een steeds grotere plaats in de verkavelingsplannen. Winterswijk profiteerde daarvan omdat het relatief laat aan de beurt was. In de verkaveling Winterswijk-West (1982-2003) werd er niet alleen "gerationaliseerd", maar werden ook percelen voor natuurherstel en recreatie gerealiseerd. Zo werden cultuurgrond langs de Schaarsbeek omgezet in natuurgebied, een buffer van 100 hectare rond het Korenburgerveen aangelegd, en 20 kilometers aan recreatieve fietspaden gerealiseerd. Tijdens de herinrichting Winterswijk-Oost (2012-2016) lukte het om grote gebieden vrij te maken voor de natuur, met name in de oude heide- en veenontginningen in Kotten en Woold langs de grens met Duitsland. Dit zijn voor de landbouw minder geschikte gebieden met vaak keileem op geringe diepte. Voor natuurherstel zijn deze wel geschikt, want hier kunnen, na het verwijderen van de fosfaatrijke bovengrond, natte heide en nat schraalland, vochtig hooiland, kruiden- en faunarijke graslanden en akkers en bosschages tot ontwikkeling komen. De grondwaterstanden in deze gebieden zullen in de toekomst hoger zijn en de waterbergingscapaciteit is vergroot. Door zogenaamde knijpstuwen wordt regenwater bij piekafvoeren in bergingsbekkens geleid. Deze bekkens zijn onderdeel van het natuurgebied en dienen om waterafvoer geleidelijker te laten verlopen, waardoor ook de natuurgebieden benedenstrooms, zoals het Buskersbos en de Bekendelle langs de Boven Slinge, hiervan nut hebben. Één en ander is goed te zien vanaf de Kuipersweg en het Torfpad door het voormalige Kottensche Veen.

In de percelen nabij het Nonneven is er tevens aandacht gegeven aan archeologische waarden. Daar werd de [Sikking landweer](#), die nu aan de rand van het bestaande natuurgebied te zien is, over een grotere afstand zichtbaar gemaakt.

Er zijn ook particuliere initiatieven om kleine percelen af te plaggen en poelen te graven waarmee de biodiversiteit wordt ondersteund. Zo lang deze initiatieven niet ten koste gaan van het authentieke oude hoevenlandschap en het microreliëf, verhogen ook deze kleinschalige activiteiten de natuurwaarden in het Winterswijkse.

Bossen

In het Holoceen was er aanvankelijk een parkachtig landschap gedomineerd door berken en dennen. Sinds de laatste 8.000 jaar kwamen er eiken, iepen, lindes en elzen bij, en sinds de laatste 3.000 jaar beuken, waardoor in het Winterswijkse buiten de veengebieden een aaneengesloten bosbedekking ontstond. In de natte delen van het landschap overheersten elzen en vormden zgn. elzenbroekbossen. Met de komst van de eerste landbouwers, zo'n 5.000 jaar geleden, begon een gestaag voortgaande ontbossing. Het kappen van gemeenschappelijk bossen kreeg z'n beslag in de late Middeleeuwen, zodat toen alleen nog particuliere bossen overbleven. Heidevelden (woeste gronden) namen, geholpen door overbegrazing, steeds meer de plaats van gemeenschappelijke bossen in. Ook de particuliere bossen werden geëxploiteerd, maar doorgaans werd er gezorgd voor nieuwe aanplant. Een proces dat heden ten dage nog plaats vindt.

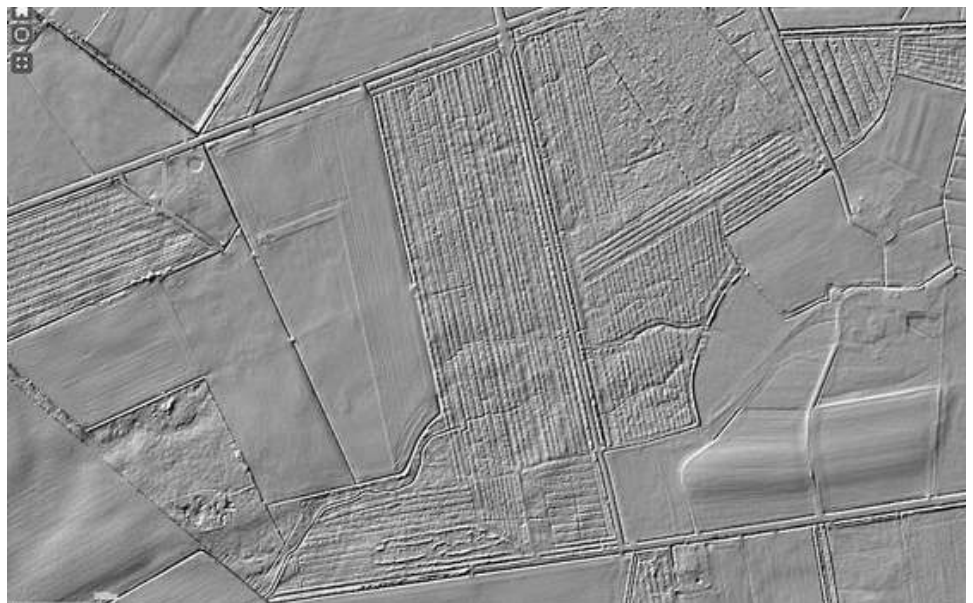
Toch staat Winterswijk al eeuwen bekend om de indrukwekkende eikenbomen en bossen. Oude reisverhalen en andere documenten vertellen over de bosrijkdom en schoonheid van het Winterswijkse landschap. Geografische namen, zoals "het Woold" (oud-nederlands voor "het woud") herinneren ons er nog aan.

Zo staat in de "Statistiek van Gelderland" uit 1825 de volgende beschrijving: "..... echter vindt men daar, onder Winterswijk..... niet weinige, wel minder uitgebreide, maar nog steeds niet onverschillige en veelal uit schoone eikenboomen bestaande overblijfselen van grijze wouden, bijzonder in de omtrek van de woningen dier landbouwers, wier erven voormaals hofhorig waren."

Hoewel er onder de toenemende bevolkingsdruk en om economische redenen sprake is geweest van aanzienlijke ontbossing, bezit de Winterswijkse omgeving nog een relatieve dichtheid aan bossen. Met name wintereiken zijn geschikt voor groei op percelen met wisselende grondwaterstanden, zoals die voorkomen op plekken waar keileem en tertiaire klei dicht onder het maaiveld liggen. Zoals in de rest van Nederland, kent het Winterswijkse geen oerbossen meer, maar wel is in vele van de verspreid liggende bospercelen sprake van oude boskernen, waarin bomen met een leeftijd van 100 tot 200 jaar staan. De bossen met oude kernen zijn waarschijnlijk al in de 17e eeuw aangeplant t.b.v. houtproductie, en bestaan voor een belangrijk deel uit autochtone bomen en struiken. Uit oude documenten weten we bijvoorbeeld, dat het bos ten noorden van het scholtengoed Roerdink sinds 1656 nauwelijks van omtrek is veranderd. Met name in 't Woold vinden we nog een aantal van deze oude boscomplexen met o.a. wintereiken, zoals Roerdink, 't Rot, Aarnink en Meerdink, maar ook langs de bovenloop van de Ratumse beek en in het Willinks Weust natura 2000 gebied liggen fraaie oude bospercelen.

Sinds het midden van de 19e eeuw, na de aanvang van de ontginningen van de woeste gronden, is er bos bijgekomen, maar daarbij gaat het voornamelijk om productiebos met weliswaar esthetische waarde, maar relatief weinig natuurwaarde, zoals bijvoorbeeld op de Kulverheide het geval is. Om de waterhuishouding in de bossen te verbeteren werd er dikwijls een patroon van evenwijdige watergangen en dijkes aangelegd, de zgn. **rabatten**, die we nog op vele plekken in de Winterswijkse bossen tegenkomen. De productiebossen bestaan voornamelijk uit naaldbomen, waarvan het hout o.a. in de mijnbouw werd gebruikt om gangen te stutten.

Hiernaast wordt een zgn. hillshade kaart (bron: AHN.nl) getoond, waarop de regelmatige patronen van de rabatten in het productiebos op de Kulverheide duidelijk herkenbaar zijn. De afstand tussen de rabatten hangt af van de waterhuishouding ter plaatse (de afstand van de kleilaag tot het maaiveld en eventueel al aanwezige afwatering). In de oudere bossen, die werden geplant op beter geschikte gronden, is de afstand tussen de rabatten groter en heeft men een minder regelmatig patroon gegraven.



Aantasting van het historische cultuurlandschap

Menselijk ingrijpen kan de natuur verrijken, zoals te zien is bij de [oudste Sibelco-groeve](#), [houtwallen](#), [oude spoorbanen](#), [verlaten leemputten](#) en [aangepaste beken](#). Toch staat het prachtige Winterswijkse cultuurlandschap nog steeds onder druk door onzorgvuldigheid, onwetendheid, het niet naleven van regelgeving en gebrek aan respect voor natuur- en cultuurhistorische waarden. Bij mijn tochtjes langs de beken ben ik veel afval zoals puin (op plaatsen waar het duidelijk geen ander doel diende dan het puin uit het zicht te storten) en landbouwplastic tegengekomen. Microreliëf wordt nog steeds afgegraven en geëgaliseerd, soms door het gebruik van de steeds zwaarder wordende landbouwmachines, soms zelfs door natuurorganisaties om de grond te verarmen. Om het unieke karakter van het Winterswijkse cultuurlandschap te beschermen zal er anders en met meer kennis moeten worden gehandeld.



Beschadigd landschap: De linker foto toont een in 2020 vernielde boomwal in 't Woold met het kennelijke doel grote landbouwmachines eenvoudiger toegang tot de percelen te verschaffen. De middelste foto toont het aan de linker groene zijde recent afgegraven microreliëf in 't Woold, mogelijk om de bodem te verarmen en de natuurlijke flora meer kansen te geven. De rechter foto toont gestort puin (vermoedelijk om afkalving te voorkomen), maar ook afval in een bocht van de Boven Slinge stroomopwaarts van de Huitinkbrug in Brinkheurne. Op deze wijze het landschap rationeler maken of "aanpassen" zouden we niet moeten willen.

Beken

Zoals in de pagina's "geologie" beschreven bestaat er slechts een geringe waterbergingscapaciteit daar waar keileem en onderliggende tertiaire klei de ondergrond vormen, wat met name het geval is op de hoger gelegen gebieden rond Winterswijk. Deze gebieden op het Oost-Nederlands Plateau liggen al miljoenen jaren hoger dan de omgeving in het westen en noorden. Het kan dan ook niet anders, dat al heel lang een afwateringssysteem aanwezig is, dat loopt naar het westen en noorden. Na afloop van de ijstijden, tijdens het Holoceen (sinds ruwweg de laatste 12.000 jaren), bleef regen- en smeltwater deels op het land staan en vormde zo moerassen en venen. Plaatselijk stroomde een deel van het water weg via nog bestaande, niet door dekzand dicht gestoven, oude smeltwaterdalen gelegen in de randen van het Oost-Nederlands plateau, die eerder waren ontstaan tijdens de laatste twee ijstijden (Saalien en Weichselien). Er waren tijdens het Holoceen jarenlange periodes met een relatief nat, droog, warm of koud klimaat, waardoor regen- en smeltwatervolumes enorm varieerden. Sinds de aanvang van het Holoceen zijn delen van de huidige beektracés reeds aanwezig geweest, die gebruik maakten van uitgesuurde dalen ontstaan tijdens de laatste twee ijstijden of wellicht van restanten van dalen van nog oudere datum. Echter de beken hebben er, zonder de water regulerende maatregelen van tegenwoordig, anders uitgezien dan nu.

In de tweede helft van de Middeleeuwen (na 1000 AD) nam de bevolkingsdichtheid in het Winterswijkse toe, en ontstond een grotere behoefte aan landbouwpercelen. De grote en droge dekzandgebieden waren allen in gebruik, en men week uit naar dekzandkopjes in de nattere gebieden. T.g.v. de toen al vergevorderde ontbossing was de wateroverlast in de natte gebieden nog groter geworden. Om de afwatering te verbeteren werden greppels gegraven en verbonden met **droogdalen** en bestaande (wellicht verzande) beken, waarvan de waterafvoer werd verbeterd door aanpassingen aan de beeklopen. Een aantal beeklopen is zelfs over lengtes van kilometers verlegd of verlengd, zoals bij de Ratumse Beek en Willinkbeek het geval lijkt te zijn. Delen van de tracés van de natuurlijk uitzijnde Winterswijkse beken zijn dus door mensenhanden gegraven. We weten niet precies wanneer de beken zijn gegraven of aangepast, maar gezien het vaak meanderende karakter en de diepe insnijdingen van de beken, is het eeuwen geleden. Op enkele oude kaarten uit de 17e eeuw staan de toenmalige tracés van de Boven Slinge, Groenlosche Slinge, Dambeek, Bemersbeek, Limbeek, Willinkbeek, Ratumse Beek en Beurzer Beek al aangegeven, maar het lijkt niet de prioriteit van de oude cartografen te zijn geweest om de lopen van de beken nauwkeurig weer te geven. Op grond van de groeiende behoefte aan landbouwpercelen om de toenemende bevolking te voeden, is het aannemelijk dat de meeste aanpassingen aan de beken vanaf halverwege de Middeleeuwen tot in de eerste helft 19e eeuw plaatsvonden. Zoveel mogelijk heeft men de topografische laagtes benut om de beken te graven of verleggen, maar soms heeft men door dekzandduinen gegraven om de afwatering te verbeteren. Omdat *natuurlijke* waterlopen om de duinen heen zouden hebben gelopen, weten we zeker dat delen van de beeklopen zijn aangepast om de waterafvoer te verbeteren.

Beken / Mensen

Op het Oost-Nederlands Plateau, met de ondergrond van ondoordringbare tertiaire klei en keileem, verzamelde het regen- en smeltwater zich in de laagten tussen de dekzandruggen. In de Middeleeuwen werden er verbindingseuulen tussen de laagten gegraven, waardoor het water beter kon wegstromen. Onder de voor Nederland tamelijk bijzondere omstandigheden rond Winterswijk gingen de gegraven euulen meanderen (kronkelen). Het natuurlijk meanderen van Nederlandse beken is een tamelijk zeldzaam verschijnsel, dat slechts voorkomt bij een combinatie van fijn zand (hier dekzand), een voor Nederlandse begrippen groot verhang (hier 1 tot 2,5 meter per kilometer) en een grote beekafvoer (dit is hier bij flinke regenval zeker het geval). T.g.v. de hoge stroomsnelheid veroorzaakt door het relatief grote verhang en het periodieke grote aanbod van water konden de beken zich diep insnijden en vormden in enkele gevallen zelfs beekterrassen. Dit proces heeft in de loop van enkele eeuwen aan de Winterswijkse beken een mooie en natuurlijke uitstraling gegeven.

Grote delen van de huidige beken zijn nu natuurlijk uitzierende, diep ingeslepen, meanderende beken, die van landschappelijk en cultuurhistorisch belang zijn. Een aantal van de beken wordt beschouwd te behoren tot het "oertype bosbeek". Zonder ingrijpen van de mens, dus bij een zelfregulerende natuur, zouden grote delen van de beekdalen in de Nederlandse zandgebieden bestaan uit bosbeken. De beken dragen bij aan het onderscheidende karakter van het Winterswijkse landschap. Zoals beschreven in de pagina's "geologie", komen in de beddingen en wanden van een aantal beken ontsluitingen van tertiaire en mesozoïsche lagen voor, wat de beken extra bijzonder maakt.

Het Winterswijkse bekenstelsel wordt gekenmerkt door twee grotere beken: De Boven Slinge, die stroomafwaarts overgaat in de Aaltensche Slinge, en de Groenlosche Slinge. In deze twee beken monden enkele kleinere beken uit, die net zoals de grotere twee beken worden gevoed door voornamelijk regenwater, ondiep grondwater en wat kwelwater. Gedurende droge periodes vallen de kleinere beken dan ook droog.

Zijbeken van de Boven Slinge zijn: De Bemersbeek, Bekeringbeek, Siepersbeek, Schaarsbeek en Limbeek. Weliswaar kunnen de Stortelersbeek en Dambeek tot het stroomgebied van de Boven Slinge gerekend worden, maar ze monden, via andere waterwegen, buiten de regio Winterswijk, uit in de Aaltensche Slinge. Zijbeken van de Groenlosche Slinge zijn: De Whemersbeek en Vosseveldsbeek, Ratumse beek en Willinkbeek, Beurzerbeek en Venevertlose beek.

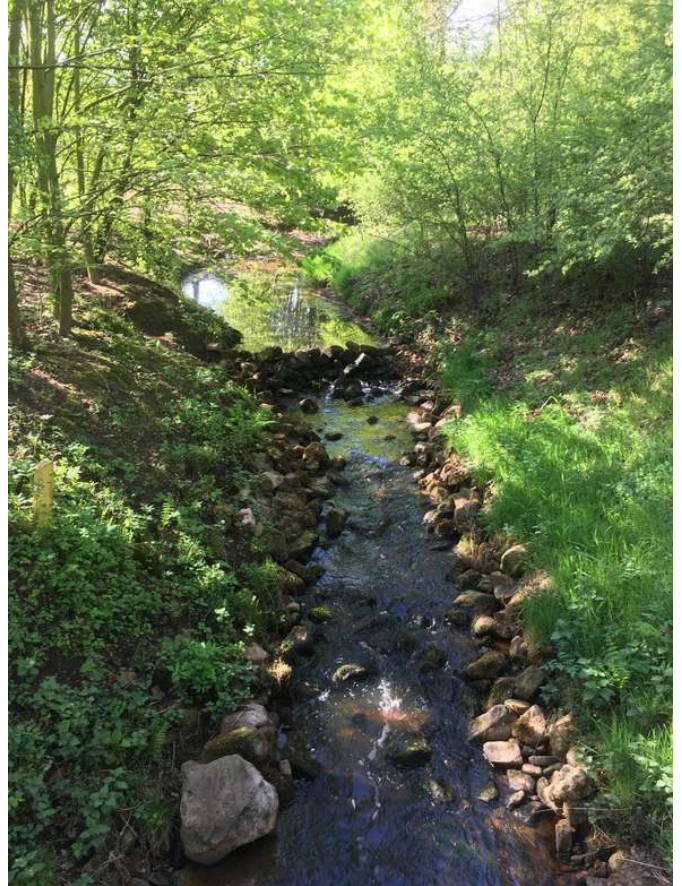
Een meander van de Boven Slinge tijdens hoog water in het Buskersbos, buurtschap Brinkheurne. De Boven Slinge in het Buskersbos volgt deels een natuurlijke loop.



Vermoedelijk volgt de Boven Slinge vanaf de grens tot in het Buskersbos nog de oorspronkelijke loop, maar in de evenzo mooie Bekendelle, stroomafwaarts van het Buskersbos, is dat niet zo. Dit lager gelegen gebied heeft gediend als een verzamelgebied voor overtollig water uit de hoger gelegen omringende gebieden. Ingrepen door de mens, die volgens oude landkaarten reeds voor 1630 plaats vonden, vermoedelijk om het dorp Winterswijk voor overstromingen te behoeden en om watermolens aan te drijven, hebben er toegeleid dat de Boven Slinge zijn weg door de Bekendelle heeft gezocht en daar aansluiting vond met de Limbeek. Nu is de Bekendelle een prachtig en voor Nederland tamelijk uniek beekdal geworden. Uit onderzoek is gebleken, dat de huidige beken slechts ten dele in oude erosiedalen uitgeslepen in de tertiaire lagen liggen. Deze oude dalen zijn veelal uitgeslepen door beken van ná de Saalien ijstijd, die de weg van de minste weerstand volgden. De beektracés werden bepaald door hoogteverschillen, al aanwezige **erosie/droogdalen** en de locatie van minder harde en verstoorde oude bodemlagen, die makkelijker konden wegspoelen. De Dambeek, die deels een oud dal volgt, dat is uitgeslepen in tertiaire kleilagen, stroomt mogelijk door een breukzone, die de lagen heeft verstoord. Een aantal van de huidige beken lijkt enigszins verschoven t.o.v. de oude beekdalen. Naast de genoemde menselijk ingrepen, hangt dit samen met de vorming van het landschap sinds de Saalien ijstijd. Na de Saalien ijstijd, toen er een toendra-achtig landschap onstond, stoven de oude beekdalen dicht met dekzand en zochten de beken een andere bedding. De huidige beken liggen dikwijls dan ook in jongere dalen, hoewel bij de gegraven trajecten er ook gebruik is gemaakt van oude al bestaande (erosie)dalen. De huidige dalen van de Boven Slinge, Stortelersbeek, Bemersbeek, Limbeek en Dambeek zijn op gedetailleerde hoogtekaarten goed te zien. Een goede waarnemer zal de dalvormen ook in het landschap kunnen zien.

Gelukkig worden de natuurwaarden van de beken nu ook ingezien door de beheerders. Werden in het verleden beken nog rechtgetrokken om de waterafvoer te bevorderen, nu ziet men meer en meer het belang in van het natuurlijke meanderende karakter van de beken, zowel voor redenen van grondwater aanvulling als voor natuurherstel. In enkele gevallen werden oude meanders hersteld en stuwen van zwerfkeien aangelegd voor redenen van waterretentie en als vistrap. Om afkalving van de soms drie meter hoge steilwanden te voorkomen, heeft men dikwijls puin en betonplaten aangebracht, wat helaas ontsierend is en mogelijk interessante geologische ontsluitingen ontoegankelijk maakt. Dit is niet gebeurd in het Buskersbos en de Bekendelle, en daarom vallen met regelmaat bomen om, m.n. in de buitenbochten van de meanders t.g.v. van het tijdens hoogwater wegspoelen van bodemmateriaal rond de wortelstelsels.

Beken / Mensen



In een buitenbocht van een meander van de Boven Slinge stroomopwaarts van de brug in de Bekeringsweg, zien we de ondergraven wortelstelsels van eiken. Het is onvermijdelijk dat de eiken binnenkort in de beekbedding zullen vallen.

De beheerder heeft met zwerfkeien de natuurlijke uitstraling van de Bemersbeek in de buurtschap Kotten weten te behouden. De zwerfkeien dienen om erosie tegen te gaan en voor redenen van waterretentie.



Waterwerken: De linker foto toont de "samenvloeiing" van de Beurzerbeek met de gekanaliseerde Groenlosche Slinge in de buurtschap Meddo. De natuurlijk karakters van de waterlopen is hier volkomen verloren gegaan. De rechter foto toont Berenschot's watermolen bij hoog water van de Boven Slinge in de Bekendelle. De Boven Slinge stroomt benedenstrooms van de watermolen door één van de weinig overgebleven natte beekdalen in Nederland, een zgn. broekbos.



Waterwerken: De gedetailleerde hoogtekaart (bron: AHN.nl) van de Boven-Slinge in het Buskersbos laat zien dat de loop van de Boven Slinge hier naar het westen (links) is verlegd. De Boven Slinge liep aanvankelijk door het lage gebied naar Winterswijk (in de richting van de pijl) en waterde af in de Groenlosche Slinge. In het hoogtebeeld zien we langs de huidige loop van de Boven Slinge een restant van een wal (rode en gele lijn), die moest verhinderen dat de beek de oude loop richting Winterswijk zou hernemen. De hogere en bredere dijk is gebouwd na de laatste overstroming van Winterswijk in 1946, toen de oude wal niet kon verhinderen dat de Boven Slinge de oorspronkelijke loop hernam via de Whemerbeek naar de Groenlosche Slinge. Direct ten noorden van de wal is een oudere beekloop te zien, die inmiddels is dichtgegroeid. De Slinge is reeds voor 1630 naar het westen verlegd, mogelijk al in de 13e of 14e eeuw. De merkwaardige wielvorm in het midden van kaart kan ik niet verklaren.

Kleuren: Van hoog naar laag: Rood - geel - groen - blauw. De streepjeslijnen geven de wandelpaden aan.

Er zijn voor de beken in het Winterswijkse diverse benamingen in gebruik. Zo wordt de Bemersbeek in de buurtschap Kotten ook wel Kottense Beek, Osinkbeek of Kleine Beek genoemd, terwijl de Limbeek in 't Woold ook wel bekend staat als de Wooldse Beek.

Aardwerken

Groeves en leemputten

De bij Winterswijk gevonden tertiaire klei is een goede grondstof voor bakstenen en dakpannen gebleken en het is heel goed mogelijk dat al voor de 17de eeuw voor dit doel van de Winterswijkse klei gebruik werd gemaakt. Het is zeer aannemelijk, dat dezelfde klei al sinds de vroegste bewoning door Winterswijkse huishoudens werd gebruikt om aardewerken potten van te bakken. De klei, die sedert eeuwen tot bakstenen en dakpannen werd gevormd en gebakken, is meestal van oligocene ouderdom en bezonk zo'n 30 miljoen jaar geleden in zee. Bij Winterswijk zijn deze tertiaire kleilagen gedurende de laatste eeuwen veelal op kleine schaal afgegraven voor de fabricage van bakstenen en dakpannen. Om transport kosten te vermijden, gebeurde dat zo dicht mogelijk in de buurt van te bouwen objecten en afnemers. De fabrieksmatige productie ontstond in de tweede helft van de 19de eeuw, zoals de winning in de groeve "De Vlijt" op het Grootte Veld, die in 1861 aanving. De in de groeve "De Vlijt" ontsloten "Rupel Klei", genoemd naar het riviertje "de Rupel" bij Antwerpen, komt in België in een groot gebied aan de oppervlakte en wordt daar, vanwege de constante kwaliteit, op grote schaal gebruikt voor de fabricage van bakstenen.

Het Winterswijkse landschap kent een groot aantal afgravingen, die hebben geleid tot lager gelegen percelen en ondergelopen (deels volgestorte) leemputten en steengroeves. In een aantal gevallen hebben deze afgravingen een esthetische waarde gekregen en ontstonden waardevolle biotopen. Voorbeelden hiervan zijn de zgn. Italiaanse meren in de buurtschap Kotten, die ruim 100 jaar geleden ontstonden door het afgraven van oligocene klei. De naam is vermoedelijk afkomstig van de groenblauwe kleur van het water in de volgelopen leemputten.

Kleigroeve "De Vlijt" op het Grootte Veld lijkt nu nog een litteken in het landschap, maar wordt wellicht een waardevolle biotoop? De groeve is eind 2021 uit bedrijf genomen.





Foto van een ondergelopen voormalige leemput langs de Eekelerweg.



Deel van de uitgegraven en overdekte veldoven langs de Winkelstegge in 't Woold. Links op de foto zien we het wortelstelsel van een oude boom, die door de oven was heengegroeid. Hier werd al voor 1860, op weliswaar kleine schaal, oligocene klei gebakken tot bakstenen.

Langs de Winkelstegge in de buurtschap Woold zijn de, in 2014 overdekte, restanten van een veldoven te zien, waarin de oligocene klei tot bakstenen werd gebakken. Naast de veldoven lag de hiervoor gebruikte oligocene klei aan het maaiveld. Bij het blootleggen van de oven, bleek deze direct op de tertiaire klei te zijn gebouwd. De productie gebeurde hier op een veel kleinere schaal dan de fabrieksmatige winning in de leemputten van "De Vlijt" en de "Italiaanse meren", en omvangrijke leemputten zijn er niet.

Ook de minder oude miocene klei werd afgegraven voor de fabricage van bakstenen. Net ten noorden van de gemeentegrens van Winterswijk met Oost-Gelre bevindt zich het natuurpark "De Leemputten", genoemd naar de voormalige, inmiddels ondergelopen, kleigroeven. In deze groeves zijn fossiele botten van zeezoogdieren, zoals walvissen en dofijnen, gevonden. Dit natuurpark is te bereiken via de Eibergseweg vanuit de buurtschap Meddo. Na zo'n 4 kilometer wordt het natuurpark aangegeven. Andere deels ondergelopen oude leemputten liggen bij het "Panhoes" langs de Goossensweg in Meddo. Hier werd donkerbruine, zandige en fossielrijke miocene klei gewonnen voor de vervaardiging van pannen en bakstenen. In de 19e eeuw verkreeg de groeve bekendheid vanwege fossielvondsten, die van wetenschappelijke belang bleken te zijn. De oven was zeker sinds 1650 in bedrijf, één van de oorspronkelijke **droogschuren** is gerestaureerd. In het Winterswijkse liggen op tal van plekken nog andere, hier niet genoemde, restanten van de winning van tertiaire klei t.b.v. de productie van bakstenen en dakpannen. De miocene kleien, die bij Winterswijk werden afgegraven, hebben een ouderdom van 20 tot 15 miljoen jaar. In het geologie hoofdstuk over de **Tertiair periode** wordt meer informatie over de tertiaire klei gegeven.



Één van de onder water gelopen kleine leemputten bij de veldoven aan de Winkelstegge, waaruit oligocene klei is gewonnen. De oligocene klei ligt in het gebied van de veldoven tot enkele centimeters onder het maaiveld.



Opname van de "Oehoe-groeve" genomen in oostelijke richting. De oude groeve is nu een waardevolle biotoop voor kalkminnende planten, insecten en amfibieën. Bemaling zorgt ervoor dat de groeve niet onderloopt.

Naast de vele uit bedrijf zijnde kleigroeves, vinden we in onze regio de Sibelco-steengroeve, die sinds 1932 in bedrijf is. De steengroeve heeft een unieke positie in Nederland: het is de enige nog werkende steengroeve en heeft bijzonder waardevolle geologische informatie opgeleverd (het laatste geldt overigens ook voor de kleigroeve "De Vlijt"). Bovendien is de uit bedrijf genomen Sibelco-groeve II (ook bekend als de "Oehoe-groeve") inmiddels een waardevolle biotoop geworden. De firma Sibelco is een Belgische multinational die de groeve sinds 1993 in eigendom heeft. De gedolven kalksteen wordt voornamelijk als grondstof voor beton en kunstmest gebruikt, en als vulstof voor asfalt. Eigenlijk bestaat de groeve uit vier groeves, waarvan er twee nog in bedrijf zijn. Er bestaan concrete plannen om de groeve verder uit te breiden, zodat er nog tientallen jaren lang kalksteen gewonnen kan worden. Er wordt al enkele jaren gewerkt aan plannen voor een bezoekerscentrum nabij de Sibelco-groeve. Het centrum zou plaats gaan bieden aan uitleg over het landschap, tentoonstelling van fossiele vondsten, prepareer- en lezingenruimte en horeca. De [Sibelco-groeve](#) wordt meer uitgebreid beschreven in het geologie hoofdstuk over de Trias periode.

Houtwallen, landweren en schansen

Het Winterswijkse landschap bevat veel lijnvormige aarden wallen, die aan het microreliëf bijdragen. *Houtwallen* vormden erfafscheidingen tussen essen, en kunnen al eeuwen oud zijn. De houtwal bestaat uit een langwerpige ophoging waarnaast aan één of beide zijden een greppel is gegraven. Met de grond uit de greppels is de ophoging gemaakt. De ophoging werd vaak beplant met stekelige struiken om grazend vee binnen en wild buiten te houden. Ook werd er dikwijls een rij bomen op de wal geplant t.b.v. productie- en brandhout. Hoewel we houtwallen nog op veel plaatsen kunnen zien, zijn er helaas in de loop van de jaren ook veel houtwallen geslecht om de toegankelijkheid van percelen te vereenvoudigen. Tegenwoordig bieden de resterende houtwallen door de aanwezigheid van een dichte vegetatie en de aanwezigheid van een zon- en schaduwzijde goede leef- en schuilmogelijkheden voor dieren en planten. Een houtwal met een vroegere markerings- en verdedigingsfunctie wordt een *landweer* genoemd. Deze grenswallen waren hoger en de greppels dieper dan bij de eigenlijke houtwallen, en uiteraard beplant met moeilijk doordringbare vegetatie. In de eeuwen voordat de rijksgrens officieel werd vastgesteld en met grensstenen werd gemarkeerd in 1766, waren er veelvuldig conflicten tussen boeren aan weerszijden van de grens aangaande de rechten op het land. De landweren dateren meestal uit de late Middeleeuwen, tussen 1200 en 1500, om afspraken over grenzen tussen het hertogdom Gelre en bisdom Münster in het veld zichtbaar te maken, als veekering en om tol te kunnen heffen bij een doorgang. In de omgeving van Winterswijk was het aantal begaanbare paden klein t.g.v. de moerassen en veengebieden, dus er waren weinig of geen alternatieve doorgangen voor de reizigers en eventuele aanvallers. In het Winterswijkse is de 2m hoge Sikking landweer enige kilometers lang geweest. De Sikking landweer wordt al in een juridisch document uit het jaar 1550 genoemd. Een aantal landkaarten uit de 17e en 18e eeuw tonen de landweer, die van het tegenwoordige Nonneven door het Wooldsche Veen (!) naar een positie ten westen van het Blekkinkveen loopt. Veruit het grootste deel van de Sikking landweer is verloren gegaan. Inmiddels is de landweer over een afstand van ca. 500m gereconstrueerd als onderdeel van de herinrichting Winterswijk-Oost. De Sikking landweer is te zien in Kotten nabij het Nonneven langs de grens met Duitsland. Behalve de Sikking landweer, kunnen we nog andere mogelijke overblijfselen van landweren in de Wooldse bossen zien.

Het is mogelijk dat de Sikking landweer verbonden was met een ringwal, die nu de Ruitenburgerschans wordt genoemd. Het is niet duidelijk wat de functie van de oude ringwal was. Mogelijk heeft er een mottekasteel of uitkijktoren gestaan bij een doorgang door de landweer. Er is geen ouderdom van de ringwal bekend, maar ronde aarden versterkingen worden algemeen beschouwd te dateren van rond het jaar 1300 of ouder. De restanten van de ringwal liggen in de buurtschap Woold links van de grensovergang op de Wooldseweg.



Een hout- of grenswal tussen agrarische percelen. De wal is nu in gebruik als een fraai wandelpad. Eeuwen geleden werden dergelijke opgehoogde paden in de drassige buitengebieden gebruikt om droge voeten te houden tijdens de gang naar het dorp.



Een structuur, die lijkt op een oude landweer, in een Woold's bos nabij de Slagboomweg. De twee meter diepe greppel duidt hierop. Een alternatieve, minder spannende verklaring is, dat de structuur onderdeel van een gegraven oud afwateringssysteem was.



De Sikking landweer op de landsgrens nabij het Nonneven in Kotten. Oorspronkelijk is de dijk hoger en de greppel dieper geweest. Het is mogelijk dat de Sikking landweer behoorde tot een stelsel van landweren langs de oude grens van het hertogdom Gelre, waarvan de structuur op de foto hierboven mogelijk ook deel van uitmaakte.



De Ruitenburgerschans (vroeger Rutgerschans genoemd) ligt langs de Wooldseweg, pal op de grens met Duitsland. Toeval of niet?

Rabatten

De al eerder genoemde rabatten zijn langwerpige ophogingen die gelegen zijn tussen greppels. De grond die uit de greppels afkomstig is, wordt gebruikt om het rabat mee op te hogen. Deze methode wordt in de bosbouw toegepast om droge stroken te verkrijgen waarop bomen geplant worden, terwijl de greppels dienen ter ontwatering. Rabatten zijn tot enkele meters breed en kunnen tientallen meters lang zijn, er liggen dan ook meestal vele greppels naast elkaar in een op rabatten aangelegd bos. In het Winterswijkse treft men veel bossen aan die op deze wijze zijn aangelegd, met name op de gronden direct gelegen op de keileem en tertiaire klei, die van nature een slechte ontwatering hebben. De rabatten zijn veelal nog goed zichtbaar, maar hebben door de uitdroging gedurende de laatste jaren hun nut grotendeels verloren.



Rabatten in een bos in de Beerninkhoek te Ratum. In regenperiodes lopen de rabatten nog vol met water.

Winterswijkse "bergen"

Twee voormalige tertiaire kleigroeves gelegen tussen de N318 (Misterweg) en Vreehorstweg zijn als vuilnisstortplaats gebruikt en steken nu zo'n 20 meter boven het maaiveld uit. De vuilnisstortplaatsen zijn volledig afgedekt en begroeid met een gevarieerde lage en hoge vegetatie. Op de "bergen" is een MTB-route uitgezet en de plek leent zich goed voor een wandeling met uitzichten. De voormalige kleigroeves zijn uitgegraven op een oude hoogte van tertiaire klei (tot 40m +NAP), bedekt met een tot 2m. dikke laag van kwartaire keileemafzettingen. Aangrenzend aan de "bergen" bevinden zich nog een aantal grote en kleine groeves in de tertiaire klei, o.a. de groeves "De Vlijt" en "Te Siepe", die behalve "De Vlijt" inmiddels zijn volgelopen met water.



De twee foto's tonen uitzichten vanaf de Winterswijkse "bergen". De hoogte van de "bergen" bedraagt 54m +NAP. De bergen zijn daarmee slechts 4m hoger dan het hoogste natuurlijke punt in de gemeente Winterswijk op de Kulverheide in 't Woold.



Oude spoorbanen

De oude spoorbanen naar Bocholt en Borken zijn zeer markant in het Winterswijkse landschap aanwezig. Eens was Winterswijk het Nederlandse knooppunt van goederenvervoer per spoor van en naar het Ruhrgebied. Om het golvende reliëf in het landschap te nivelleren en overstromingen te voorkomen, liggen de spoorbanen op een soms meters hoog talud. De Borkense baan was in gebruik van 1880 tot 1979 en is nu eigendom van Geldersch Landschap & Kasteelen. Bij het Nonneven zijn de spoorrails over een afstand van enkele honderden meters achtergebleven. De Bocholtse baan was van 1880 tot 1931 in gebruik voor goederenvervoer. De Oude Bocholtsebaan is inmiddels een mooie, kilometers lange, met fraaie bomen omzoomde, zandweg geworden, die grotendeels in de buurtschap Woold ligt en vlak voor de grens met Duitsland eindigt. Beide oude spoorbanen vormen nu waardevolle elementen in het cultuurlandschap van Winterswijk.



De met bomen omzoomde Oude Bocholtsebaan, die van Winterswijk tot vlakbij de landsgrens toegankelijk is voor verkeer.

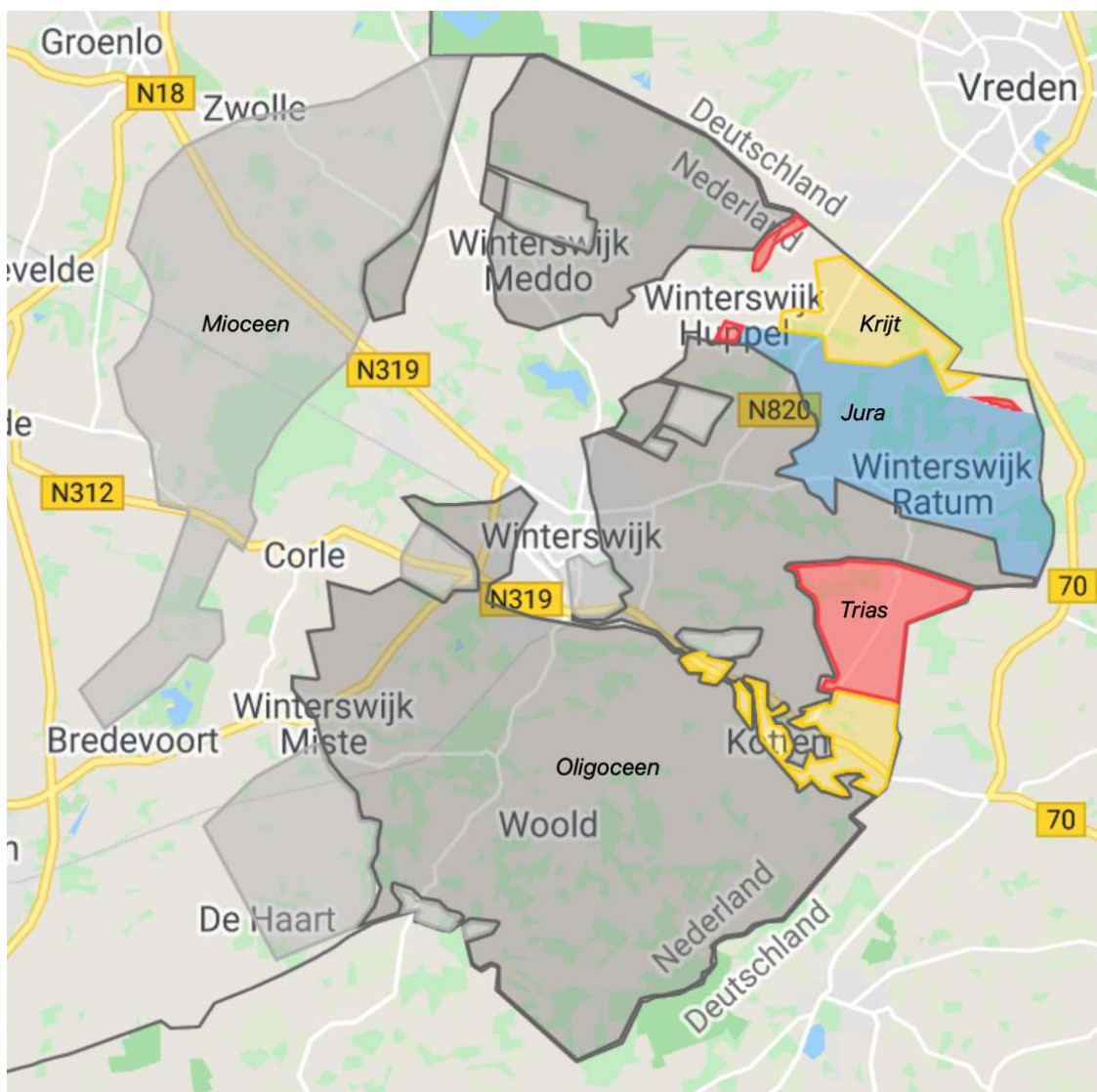


Het Nonneven in Kotten (rechts op de foto). De oude spoorrails van de Borkense baan liggen op een talud en zijn over een afstand van enige honderden meters tot de landsgrens blijven liggen.

Kaarten

Geologische kaart

De geologische kaart van het gebied rond Winterswijk laat zien waar de oude lagen tot dicht onder het maaiveld liggen. Bijna altijd zijn de oude lagen afgedekt door een relatief dunne laag van kwartaire oorsprong, bestaande uit humus, dekzand, veen en/of keileem (niet aangegeven op de kaart). Daardoor zijn de oude lagen alleen te zien in groeves, beekbeddingen en sloten. De kaart illustreert goed waarom het Winterswijkse een geologische mozaïek vloer wordt genoemd. De kleuren licht grijs (Mioceen) en donkerder grijs (Oligoceen) geven de tertiaire lagen weer, de felle kleuren tonen de lagen uit de mesozoïsche Krijt (geel), Jura (blauw) en Trias (rood) periodes. We kunnen zien dat in grote lijnen van oost naar west de lagen aan de oppervlakte jonger worden. Gebieden, die niet ingekleurd zijn, zijn onvoldoende bemonsterd, of bedekt door een dikke laag van kwartaire afzettingen (vooral in de smeltwaterdalen), of vallen buiten de regio Winterswijk. De kaart is afgeleid van de veel gedetailleerdere geologische kaart opgenomen in de "Bodemkundig-geologische inventarisatie van de gemeente Winterswijk", Alterra, M. van den Bosch en F. Brouwer, 2009.



Landschapselementen

Een aantal van de beschreven landschapselementen zijn in hillshade- en hoogtekaarten van het gebied rondom Winterswijk weergegeven. De kaarten kunnen natuurlijk niet compleet zijn. Om het overzichtelijk te houden, heb ik keuzes moeten maken. De kaarten helpen met name om de geologische processen in het Kwartair beter te begrijpen.

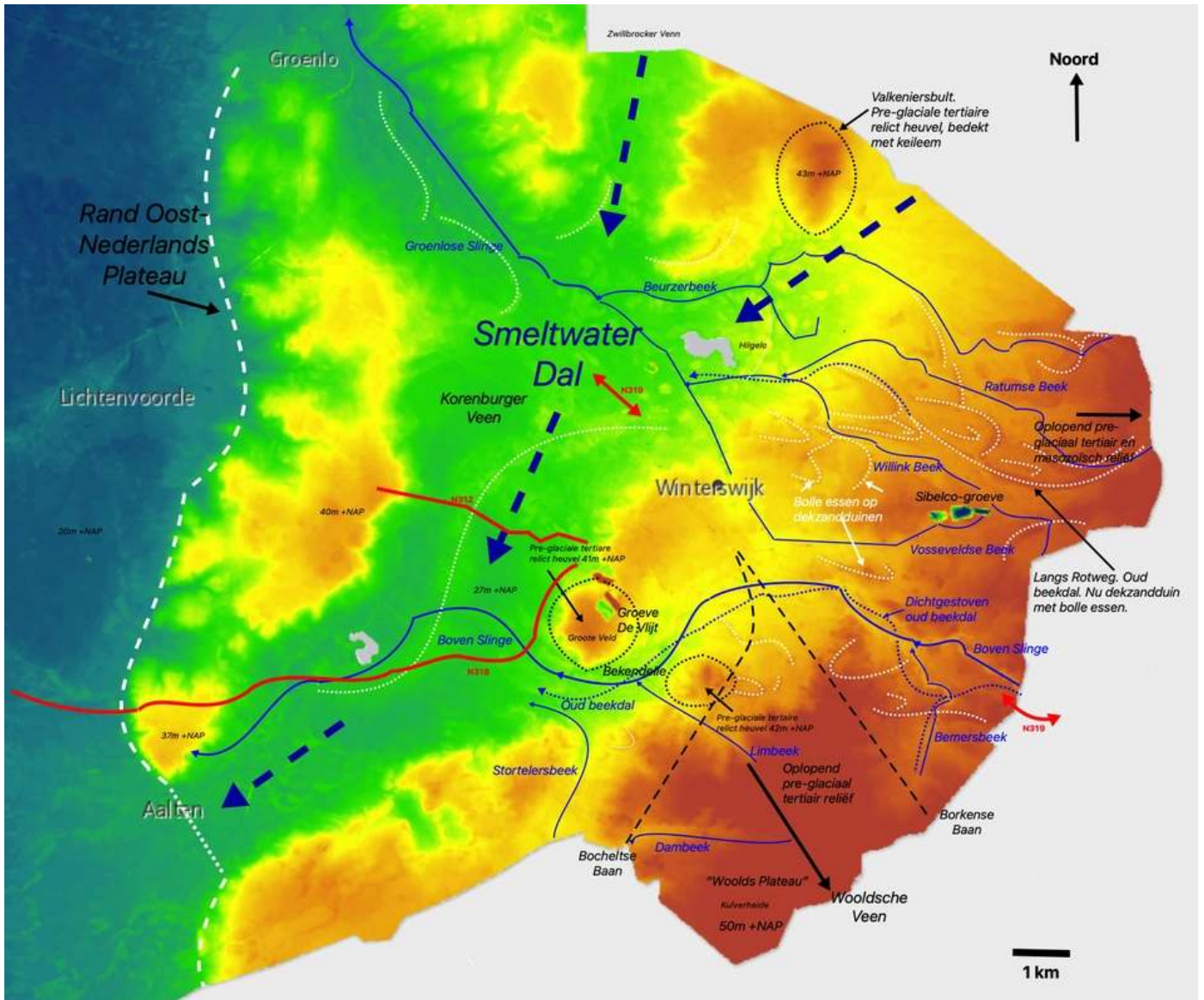
De hoogte kaart op de volgende pagina toont:

1. relictten van pre-glaciaal reliëf met een hoog gelegen tertiaire ondergrond,
2. oude verlaten beekdalen uitgeslepen in de tertiaire lagen, maar niet zichtbaar in de huidige topografie (blauwe stippellijnen),
3. huidige beekdalen (ononderbroken blauw),
4. langere dekzandduinen of -ruggen (witte stippellijnen) uit de laatste Weichselien-ijstijd, die veelal door de mens in bolle akkers (essen) zijn veranderd,
5. de rand van het Oost-Nederlands plateau, waarvan het reliëf is geaccentueerd door de terrasbouw van de oer-Rijn gedurende een deel van de Kwartair periode
6. de loop van het Saalien-ijstijd smeltwaterdal

Tijdens de koude Weichselien tijd lag ten noorden en oosten van Nederland landijs. Nederland leek destijds op een toendra met te weinig vegetatie om bodemdeeltjes vast te houden. De Noordzee was grotendeels drooggevallen door de lagere waterspiegel en veranderd in een zandzee, zo ook een groot deel van het stroomgebied van de oer-Rijn, waarin zandstormen konden ontstaan. De overwegend westenwind vormde U-vormige duinen (ook wel paraboolduinen genoemd), die ook in het Winterswijkse, met name op hoogtekaarten, nog enigszins herkenbaar zijn. De vele kleinere zandkopjes, vaak éénmansessen geworden, zijn niet aangegeven op de hieronder afgebeelde kaarten.

Naar het zuiden en oosten toe lopen de tertiaire en mesozoïsche lagen en het maaiveld op naar 50m +NAP: het "Woolds plateau" en "Ratums plateau". Kleurenverloop van laag naar hoog: Blauw-groen-geel-rood. Bron van hoogtekaart: <https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer> met dynamische kleurweergave.

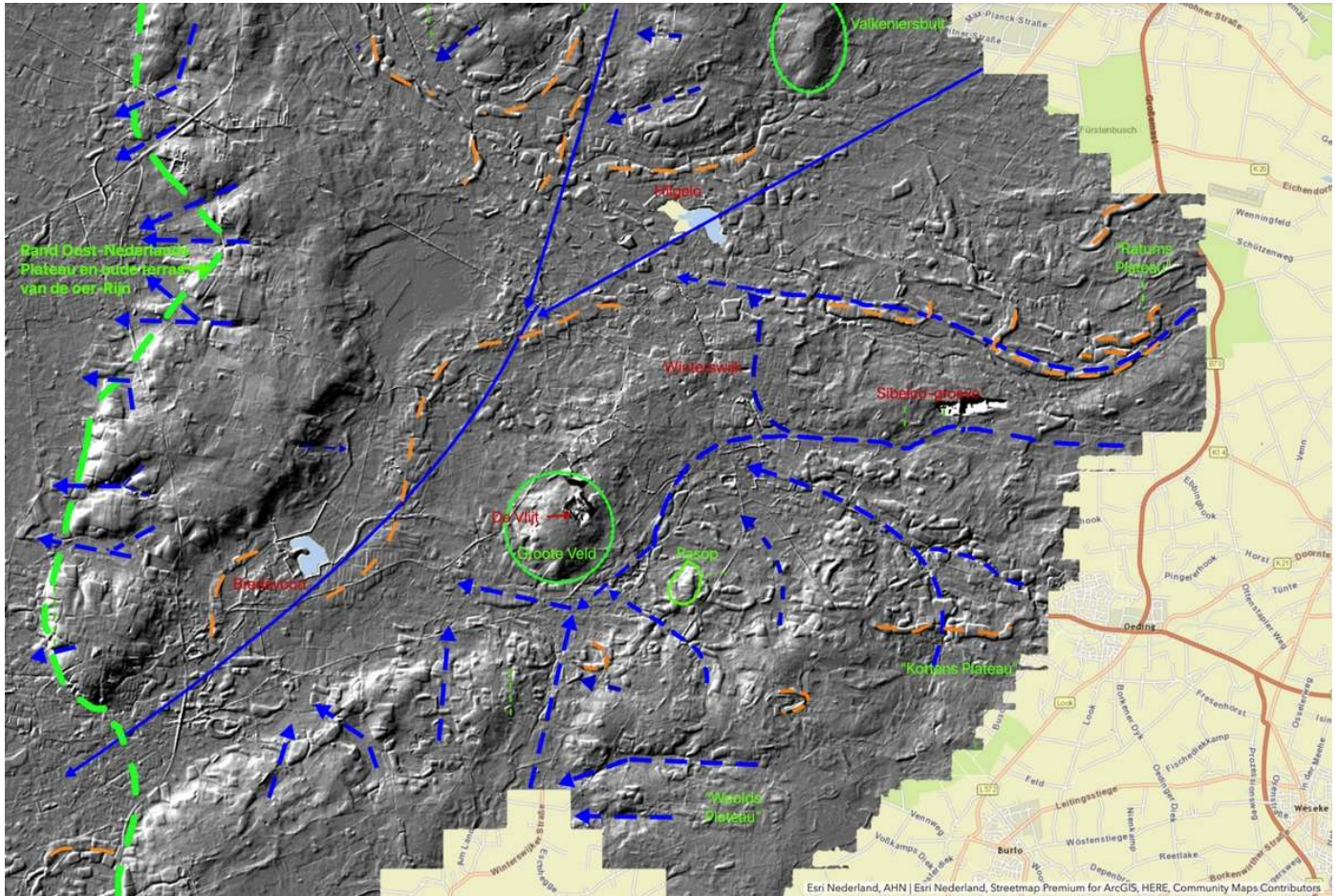
Landschapselementen / Kaarten



De "hillshade" kaart (bron: ahn.nl) op de volgende pagina is samengesteld door m.b.v. een computerprogramma virtueel licht vanuit een hoek op gedigitaliseerde hoogtedata te laten schijnen. Door de aldus verkregen virtuele schaduwwerking worden verschillen in de topografie geaccentueerd en wordt als het ware een zwartwit 3D beeld gegenereerd. In het Winterswijkse zijn de hoogte verschillen ten hoogste 30 meter (westelijk van de Oost-Nederlandse plateau rand 20m +NAP, en op het Woolds plateau 50m +NAP), toch lijkt het terrein op de hillshade kaart flink geaccidenteerd. De hillshade kaart laat goed zien hoe de oude pre-glaciale topografie nog doorschemert in het huidige landschap van Winterswijk, hoewel de meeste topografische kenmerken gerelateerd zijn aan de twee jongste ijstijden.

Een aantal landschapsstructuren is als volgt aangegeven:

1. De groene streepjeslijn geeft de rand van het Oost Nederlands plateau aan, die samenvalt met een terras van de oer-Rijn.
2. De groene cirkels zijn een aantal relictten van pre-glaciale heuvels, die wellicht al in het Pliocen hoogtes vormden in het landschap.
3. Blauwe stippellijnen geven schematisch de oude beekdalen weer (soms benut door de beken van nu). De oude beeklopen liepen meestal van oost naar west (hoog naar laag). Opvallend zijn de vele dalen op de westrand van het Oost-Nederlands plateau. Dit zijn zgn. erosiedalen (ook wel droogdalen genoemd), die ontstonden in de Weichselien ijstijd toen de bodem bevroren was en regen- en smeltwater niet in de bodem kon wegzakken. Het overvloedige water volgde een loop naar het laagste punt en sleep smalle dalen uit in de randen van de hogere plateaus. De oostrand van het Oost-Nederlands plateau heeft hierdoor een golvend karakter gekregen, dat merkbaar is op de N313 tussen Aalten en Lichtenvoorde. Erosiedalen zijn ook aanwezig aan de randen van andere hogere delen van de topografie.
4. Ononderbroken blauwe lijnen: Smeltwaterdalen uit de Saalien ijstijd, nu gevuld met tientallen meters dikke sedimentlagen.
5. Oranje stippellijnen: Een aantal (maar lang niet alle) bolle essen is daarmee aangegeven. Onder de bolle essen liggen dekzandruggen en dekzandkopjes opgewaaid tijdens de Weichselien ijstijd. De bolle essen vormen rechthoekige, smalle langwerpige of hoefijzervormige structuren en zijn zeer goed herkenbaar op de hillshade kaart. De bolle essen liggen zowel op de lagere als hogere delen van de topografie. De langwerpige essen zijn dikwijls ontstaan op zandduinen in oude beekdalen (zoals langs de Rotweg). De hoefijzervormen zijn vermoedelijk ontstaan door westenwinden, die zandverstuivingen op de hogere grond veroorzaakten. De bolle essen bevinden zich voornamelijk in het smeltwaterdal en ten oosten hiervan. Wellicht is het onder de bolle essen liggende dekzand afkomstig uit de beddingen van de smeltwaterdalen tijdens periodes van droogval.



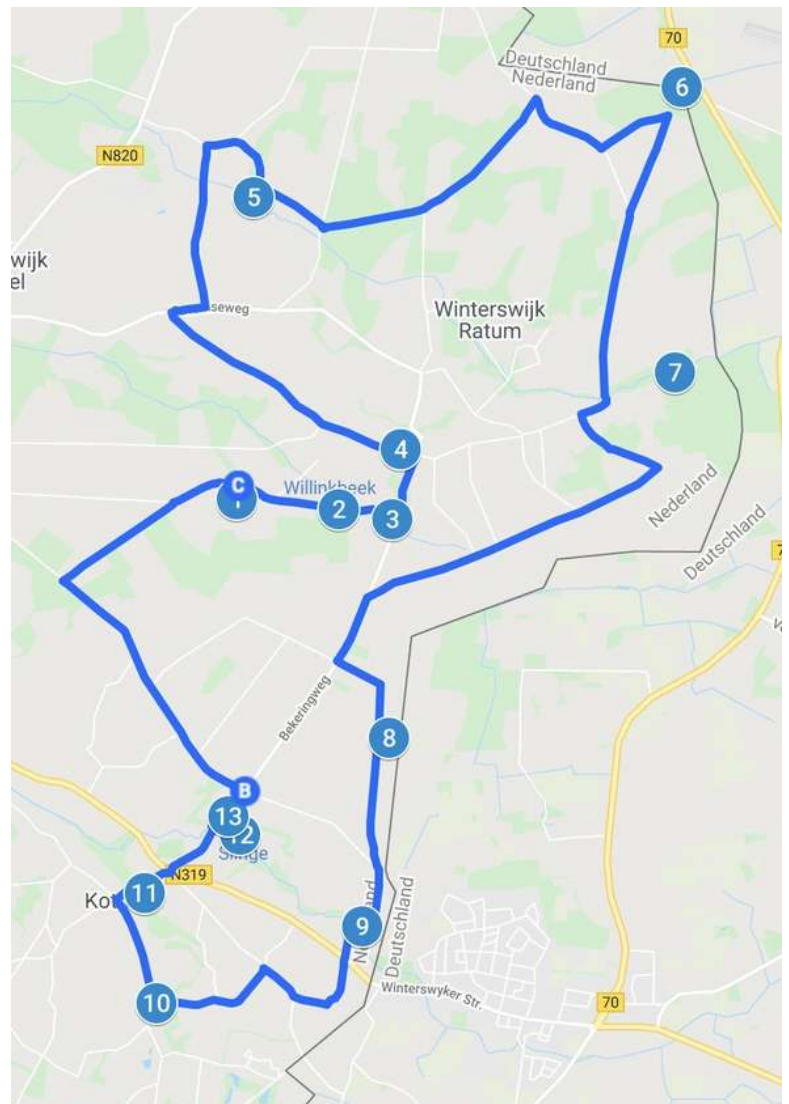
Hillshade kaarten vormen een zeer nuttige ondersteuning bij het karteren van geologische structuren. We zien het Oost-Nederlands plateau (rechts van de groene stippellijn) doorsneden door dalen (veelal inmiddels niet meer watervoerend). De kleinere dekzandduinen/esdekken hebben een vorm enigszins gelijkend op "worstjes", terwijl in het smeltwaterdal veel grotere en langgerekte dekzandduinen/esdekken aanwezig zijn, zoals bijvoorbeeld de Corlese es. Nemen we de tijd om de kaart te bekijken, dan zien we steeds meer structuren, die samenhangen met dekzandduinen, dalen en oude hoogtes. Ruim 100.000 jaar geleden, zouden we vanaf het Groote Veld een dal van minstens 100m diep hebben gezien, waardoor een flinke rivier liep. Het landschap was destijds kaal en tamelijk geaccidenteerd: beter dan de hoogtekaart geeft de hillshade kaart een indruk van de toenmalige topografie, waarbij we wel de dekzandduinen/esdekken moeten wegdenken, omdat die later zijn ontstaan.

Fietsroutes

De "**Mesozoïsche**" fietsroute start bij de Sibelco-groeve, is 25 kilometer lang en verbindt bezienswaardigheden, die te maken hebben met het Mesozoïcum era. De route gaat ook langs een tweetal voormalige zandruggen uit de Kwartair periode. In een aantal gevallen zal een korte wandeling moeten worden gemaakt om de bezienswaardigheid te bekijken. De knoppen hieronder bevatten links naar de beschrijvingen in de pagina "geologie".

1 Sibelco groeve / Trias - Muschelkalk 2 Staringputten / Trias - Muschelkalk 3 Brug over de Willinkbeek / Trias - Muschelkalk 4 Rotweg / Kwartair zandrug en bolle es 5 Brug over Ratumse beek / Jura - Lias klei 6 Grenssteen van Bentheimer zandsteen / Krijt 7 Brug over Ratumse Beek / Jura Lias klei 8 Rode akkers / Trias - Bontzandsteen 9 Toonenbrug over Boven Slinge / Krijt grind 10 Esinkweg / Kwartair zandrug en bolle es 11 Brug Bemersbeek / Krijt - Cenomanien kalksteen 12 Boven Slinge / Krijt - Albien of Aptien zandsteen 13 Bekeringbeek / Krijt - Albien of Aptien zandsteen

Voor gebruik in navigatie systemen, kan het GPX bestand van de fietsroute "Winterswijk Mesozoïcum" [hier](#) worden gedownload. De route is gepubliceerd als "Fietsroute Winterswijk Mesozoïcum" in de Komoot app.



Fietsroutes / Kaarten

De "**Tertiair en Kwartair**" fietsroute I heeft als startpunt het VVV gebouw (oude raadshuis) in Winterswijk en is 36 kilometer lang. De route verbindt een aantal bezienswaardigheden, die te maken hebben met de Tertiair en Kwartair periodes, zowel als enkele ingrepen door de mens in het landschap. De route gaat langs een aantal mooie natuurgebieden, die een wandeling waard zijn, zoals het Wooldsche Veengebied en de Bekendelle. Bij punt 4 raakt deze fietsroute punt 10 van de "mesozoïsche" route.

1/F VVV Winterswijk / Vrijheidspark 2 Boven Slinge / Tertiaire klei 3 Breuk bij Burloseweg / Tertiair en Kwartair 4 Esinkweg / Kwartair zandrug en bolle es 5 Italiaanse meren / Tertiaire klei leemputten 6 Nonneven / Tertiaire klei leemput 7 Sikking landweer 8 Wooldsche Veengebied / Kwartair 9 Hoogste punt +50m NAP / Tertiair 10 Kulverheide productiebos 11 Oud bos bij Roerdinkhof en houtwallen 12 Oplopende weg na brug over Dambeek / Tertiair 13 Veldoven Winkelstegge / Tertiaire klei 14/C Ruitenburgerschans 15/D Landgoed Kotmans / Tertiair fossielen en Kwartair zwerfstenen 16 Bekendelle / Kwartair laagte en beekdal 17/E Kleigroeve "De Vlijt" / Tertiaire klei voor bakstenen fabricage

Voor gebruik in navigatie systemen, kan het GPX bestand van bovenstaande fietsroute "Tertiair en Kwartair Fietsroute I" [hier](#) worden gedownload. De route is gepubliceerd als "Fietsroute Winterswijk Tertiair en Kwartair I" in de Komoot app.



Fietsroutes / Kaarten

De "**Tertiair en Kwartair**" fietsroute II heeft als startpunt het VVV gebouw (oude raadshuis) in Winterswijk en is 33 kilometer lang. De route verbindt een aantal bezienswaardigheden, die te maken hebben met de Tertiair en Kwartair periodes, zowel als enkele ingrepen door de mens in het landschap. De route gaat langs een aantal mooie natuurgebieden, die een wandeling waard zijn, zoals het Notarisbos, Rommelgebergte en Korenburgerveen.

1/J VVV Winterswijk / Tentoonstelling 2 Hilgelo / Kwartair - Zandwinning in smeltwaterdal 3 Valkeniersbult / Keileem op tertiaire hoogte 4 Beijersdijk / Kwartair - Smeltwaterdal 5 Panhoes / Oude droogschuur t.b.v. tertiaire klei 6 Oostendorperdijk / Kwartair - Smeltwaterdal 7 Rommelgebergte / Kwartair dekzand/woeste grond 8 Korenburgerveen / Kwartair 9 Arboretum en Waterwinning in smeltwaterdal

Voor gebruik in navigatie systemen, kan het GPX bestand van bovenstaande fietsroute "Tertiair en Kwartair Fietsroute II" [hier](#) worden gedownload. De route is gepubliceerd als "Fietsroute Winterswijk Tertiair en Kwartair II" in de Komoot app.



© John Atkinson, Wrong Hands



Meer weten

Het hoofdstuk "Meer weten" geeft extra toelichting op het hoofdstuk geologie.

De "[geologische tijdschaal](#)", beginnende vanaf de voor Winterswijk zo relevante Trias periode, toont een overzicht van de ouderdom en aanwezigheid van de geologische gesteenten in de Winterswijkse bodem.

Het hoofdstuk "[boorputten](#)" toont een voorbeeld van een "gesteentenkolom" zoals aangetroffen in een particuliere 18m diepe waterboring. Zonder de verzamelde gegevens van particuliere waterboringen zou het niet mogelijk zijn geweest een gedetailleerd beeld van de Winterswijkse ondergrond te verkrijgen, hetgeen voor een groot deel de verdienste van Maarten van den Bosch is geweest. Van zijn hand zijn enkele belangrijke wetenschappelijke artikelen over de Winterswijkse ondergrond en ontstaansgeschiedenis verschenen.

Op dezelfde pagina wordt de "gesteentenkolom" van de NAM boring Winterswijk-1 weergegeven, die reikte tot een diepte van 5010m.

De pagina's over "[gesteente](#)" beschrijven de Winterswijkse "[plaatseigen](#)" en meest voorkomende "[zwerfstenen](#)" in enig detail. De variatie in zwerfstenen in Winterswijk is groot en de plaatseigen stenen zijn uniek in Nederland. Deze pagina's adresseren met name mijn interessegebied.

De pagina's over "[bodembewegingen](#)" adresseren de relaties tussen de grootschalige tektonische krachtevelden en bodembewegingen in de Winterswijkse ondergrond.

De pagina "[massa-extincties](#)" gaat nader in op de vijf bekende kantelpunten in het geologische verleden toen vele soorten van leven plotseling uitstierven.

De pagina's "[klimaatverandering](#)" zijn een geologisch getinte bijdrage aan de discussie omtrent de oorzaken van de huidige klimaatverandering.

Geologische tijdschaal

De tabel toont het deel van de geologische tijdschaal vanaf de Trias periode. De tabel laat zien welke geologische lagen bij Winterswijk aan de oppervlakte voorkomen, de bijbehorende ouderdom, de toenmalige geografische locatie, het soort afgezette geologische lagen en waar deze aan de oppervlakte komen. De tabel is beperkt tot Winterswijk en directe omgeving. Alleen de geologische tijden, waaraan in de pagina's geologie wordt gerefereerd, zijn weergegeven. De verticale as is niet getekend op schaal van de ouderdom van de lagen. In de tekst worden de termen "vroeg" en "laat" gebruikt, die voor het doel van deze website synoniem zijn met "onder" en "boven", zoals gebruikt in bovenstaande tabel.

ERA	PERIODE	TIJDVAK	TIJD	OUDERDOM miljoenen jaren	Lokatie van Winterswijk	Belangrijke gebeurtenis	Geo-grafische breedte	Geologische lagen	Ontsluitingen			
KENOZOÏCUM	KWAARTAIR	Holoceen		0,012	Op land, warmer interglaciaal	Veen/moeras	Huidige	Slib in beken, veen	In en langs beken, Wooldsche en Korenburger veen.			
		Pleistoceen	Interglaciaal en Weichselien ijstijd	0,12	Op land, ijstijd	Zandduinen	Opheffing N-Ned. plateau	Gelig dekzand door gewaad vanuit toendra landschap	Steele oevers langs beken. In Rommelsbergerie. Handboringen.			
			Interglaciaal en Saalien ijstijd	0,24	Op land. Ijstijd gevolgd door warmer interglaciaal	Landsj/keileem		Keileem met zwerfkeien, zand en grind in smeltwaterdalen	Keileem: Valkeniersbult, Grote Veld, Wooldsche veld. Zwerfstenen: diverse plaatsen opgesteld. Zand: Hilgels.			
			Interglaciaal en Elsterien ijstijd	0,47	Op land. Ijstijd gevolgd door warmer interglaciaal			Keien/grind/zand aangevoerd door oer-Rijn	Zand en grindgroeves buiten gemeente Winterswijk.			
		2,5	Op land. Vele klimaatschommelingen		Keien/grind/zand aangevoerd door rivieren vanuit het oosten en zuiden	Zand en grindgroeves buiten gemeente Winterswijk.						
	TERTIAIR	Pliocene			5	Op land nabij kust. Hiaat van 10-14 miljoen jaren.			?	Nergens		
					12							
		Mioceen	Midden			16	Nabij kust. Cyclische zeespiegel variaties van enkele 10-tallen meters veroorzaakten periodes van langdurige overstroming en droogval.	Klei Zand	Alpiene gebergtevorming Botsing Afrika-Eurazië Re-activatie van breuken	Noord-Frankrijk	Donker groene tot zwarte zware zandige klei.	Oude leemputten nabij Meddo: Parhuis en "De Leemputten". In Boven-Slingen ten oosten van Hulstinkbrug.
					23	Afwisselend zee/land. Hiaat van ca. 12 miljoen jaren.					?	Nergens
					28						?	Nergens
					34	Nabij kust. Cyclische zeespiegel variaties van enkele 10-tallen meters veroorzaakten periodes van langdurige overstroming en droogval.						Grijs zand aan basis (strandafzettingen). Zware, taai donkerblauw-grijze tot groenige zandige klei.
		Oligoceen	Rupelien			56					Aleen in boringen.	
						66	In zee en op land? Hiaat van ca. 30-40 miljoen jaren			?	Nergens	
	MESOZOÏCUM	KRIJST	Boven	Cenomaniën		94				?	Nergens	
					101	In kalme ondiepe en warme zee	Pliënkalk	Lyon	Kalksteen, mergel. Skeletjes van heel kleine zeeleieren.	Bemenbeek bij Kotten.		
					113	In ondiepe warme zee, nabij kust	Zand		Erosie materiaal van vaste land. Zand- en kleisteen, groen van wege glauconiet.	Bekeringbeek		
Onder			Aptien		125	In ondiepe warme zee, nabij kust			Boven-Slingen, direct ten oosten van Bekeringbeek.			
					129	Hiaat van 5-10 miljoen jaren			?	Nergens		
					133	In ondiepe warme zee, nabij kust				Aleen in boringen aangetroffen		
JURA		Malm/Boven	Valangien		140	Onduidelijk: In ondiepe zee nabij kust, of in rivieren en brak water meren?	Aanvang opbreken van Pangea		Zandsteen en grind met flora-resten.	In Boven-Slinge, stroomopwaarts van Toenenbrug.		
					164	Hiaat van ca. 25 miljoen jaren				?	Nergens	
		Dogger/Midden		170							Aleen in boringen aangetroffen	
				174	Hiaat van 15-20 miljoen jaren					?	Nergens	
TRIAS	Lias/Onder		199	In zee					Aleen in boringen aangetroffen			
			201	In zee			Madrid	Blauwgrijze tot zwarte kalkige kleisteen	Ratumse beek, Wilinkbeek			
	Boven	Rhaetien		209	In zee, nabij kust				Donkergrijze-witte kalkige kleisteen	Sibeco-groeve?		
				242	Hiaat van ca. 40 miljoen jaren				?	Nergens		
Midden		247	Warme ondiepe zee, regelmatig droogvallend.			Arabische Emiraten	Muschelkalk mergelige kalksteen	Sibeco-groeve en Wilink beek				
	Onder		251	Op land in warm droog klimaat	Muschelkalk / Bontzandsteen			Rood gekleurde Bontzandsteen	Bij grenspalen 779 tot 781 in greppels			

Boorputten

De hiernaast weergegeven tabel geeft schematisch de bodemlagen weer zoals aangetroffen tijdens het boren van een 18 meter diepe waterput in 't Woold. De tabel is gebaseerd op een beschrijving van boorgruis gemaakt door Maarten van den Bosch, die gedurende tientallen jaren de Winterswijkse ondergrond heeft onderzocht.

Door de grote variatie in de Winterswijkse ondergrond is nevenstaand profiel niet representatief voor andere plekken rond Winterswijk.

De aangeboorde waterhoudende zandlaag onderin de tertiaire afzettingen is de zgn. *Laag van Ratum* uit het Oligoceen, die ca. 30 miljoen jaar geleden is gevormd. De 4 meter dikke laag met kwartaire afzettingen bestaat voornamelijk uit dek- en rivierzand. Keileem is hier nauwelijks aanwezig. De tertiaire afzettingen zijn slechts zo'n 14 meter dik en bestaan voor een groot gedeelte uit zand. Het totale pakket kwartaire en tertiaire afzettingen is slechts 18 meter dik. Ter vergelijking: Ten westen van Winterswijk bereikt het pakket van kwartaire en tertiaire lagen al snel een dikte van enkele honderden meters. Ten oosten van Winterswijk, in de buurtschappen Kotten en Ratum, is dit pakket plaatselijk geheel afwezig.

Diepte onder maaiveld (m)	Beschrijving	Tijdperk
0 - 0,4	Zwarte grond met wat puin	Kwartair
0,4 - 1,25	Zwarte grond met nesten licht geelgrijs matig fijn tot matig grof zand, vast, met wat puin	
1,25 - 1,5	Zand, matig fijn, oranje geel, vast (oer laag)	
1,5 - 2,0	Zand, matig fijn, licht geel (dekzand)	
2,0 - 3,6	Zand, matig grof, geelgrijs, iets dunschalg schelpgruis	
3,6 - 4,0	Zand, matig grof, grijs, met grind, aan de basis enkele grote stenen, o.a. witte kwartsiet	
4,0 - 5,3	Klei, vet, blauwgrijs, zeer stug, op 4,3m een Kwartair grindnest	Tertiair Oligoceen (afzetting van Kotten)
5,3 - 6,5	Klei, sterk fijnzandig gelaagd, donkergrijs	Afzetting van Haaksbergen/ Ratum
6,5 - 7,25	Klei, zeer sterk fijnzandig gelaagd, donkergrijs	
7,25 - 8,25	Klei, matig fijnzandig gelaagd, stug, donkergrijs	
8,25 - 13,0	Zand, fijn, weinig kleilaagjes (naar onder toe nog minder), weinig glauconiet, grauwgrijs	
13,0 - 17,5	Zand, fijn tot matig fijn, veel grovere glauconiet, grauwgrijs, matig weinig slecht geconserveerd schelpgruis	
17,5 - 18,0	Klei, vet, loodgrijs, hard enkele dunne steenachtige laagjes	Mesozoïcum, Jura (Lias)

In het Winterswijkse hebben we ons, op basis van ondiepe boringen, een goed beeld van de geologische lagen tot op enkele tientallen meters diep kunnen vormen. Voor wat zich daaronder bevindt, zijn we afhankelijk van seismologisch onderzoek en de weinige diepe boringen.

In totaal vijf diepboringen zijn voltooid binnen de gemeentegrenzen van Winterswijk. De overige boringen zijn minder dan 220m -NAP diep en worden niet als diepboringen betiteld. Dankzij de geologische situatie droegen deze ondiepe boringen wel veel bij aan een beter begrip van de ligging van de tertiaire en mesozoïsche lagen in de Winterswijkse ondergrond. De diepboringen werden ondernomen voor de opsporing van delfstoffen: steenkool, zout, olie en gas. De ondiepe boringen zijn geologische onderzoeks- of waterboringen.

Boring	Locatie	Jaartal	Totale Diepte (-NAP)	Top Trias (-NAP)	Top Carboon (-NAP)
PLG-1	Kotten	1908-1910	1094	29	986
RAT-1	Ratum	1911-1912	1341	49	1105
COR-1	Corle	1923	1256	49	663
GEL-5	Meddo	1926-1927	1231	37	884
WSK-1	Woold	1977	4958	84	1244

Overzicht van de vijf diepboringen, die zijn geboord in de gemeente Winterswijk. Het valt op, dat de boring WSK-1 50 to 70 jaren later en veel dieper is geboord dan de eerdere vier putten. Deze NAM boring was gepland voor de opsporing van olie en gas in de diepere paleozoïsche gesteenten. Hoewel de boringen slechts enkele kilometers van elkaar verwijderd zijn, blijkt een grote variatie in dieptes van de top Carboon te bestaan. Dit wijst op actieve breuken en deformatie van de Wionterswijkse bodem gedurende het Perm, de periode tussen Carboon en Trias.

In 1977 heeft de Nederlandse Aardolie Maatschappij gedurende meer dan 7 maanden de meest recente exploratieput in ons gebied, Winterswijk-1 (WSK-1), tot een diepte van 5010m AHD (=4958 -NAP) geboord. De put testte geen olie en gas. Deze boring is de op twee na diepste boring in Nederland en bereikte voor het eerst in Nederland gesteenten uit de Devoon periode (360 miljoen jaren oude afzettingen).

Put WSK-1 leverde op het eerste gezicht verrassende resultaten op: gesteenten uit de Krijt periode ontbreken volledig, terwijl een meer dan 3000m dik pakket (!) van gesteenten uit de Carboon periode werd aangetroffen. Daar zouden we werkelijk geen idee van hebben gehad op basis van de ondiepe boringen. Terwijl in Kotten nog Krijt gesteenten aan het maaiveld worden aangetroffen, zijn deze enige kilometers verderop verdwenen. Dit wijst op één of meerdere breuken of plooien in de aardkorst, **die in het Boven-Krijt of Onder-Tertiair actief zijn geweest**, immers klei en zand uit het Oligoceen tijdvak (jongste Onder-Tertiair) zijn in de boring wel aangetroffen. Het enorm dikke pakket gesteenten uit het Carboon (299 - 359 miljoen jaren oud) is ontstaan in een, gedurende vele miljoenen jaren, **dalend voorbekken van het Varistische gebergte, dat iets ten zuiden van Winterswijk lag**. De Carboon-sedimenten bestaan uit erosiemateriaal afkomstig van het gebergte. Een situatie vergelijkbaar met de huidige, immer nog dalende, Italiaanse Po-vlakte, waarin een aangroeiende, kilometers dikke laag afbraakmateriaal uit de Alpen en Apennijnen accumuleert. Ook elders in Nederland liggen er tot kilometers dikke Carboongesteenten in de ondergrond. Wel liggen de Carboongesteenten hier veel ondieper dan in de meeste andere delen van Nederland.

De rechter kolom toont de geboorde sectie van de diepboring Winterswijk-1. De put is aan de oostzijde van de Wooldseweg geboord, komende vanaf Winterswijk zo'n 1300m na de T-kruising met de Gosselinkweg in Woold. De langste deelsectie betreft gesteenten uit het paleozoïcum, die nergens aan het maaiveld rond Winterswijk worden aangetroffen. Steenkool-lagen zijn hier op een diepte van ca. 1300m. aangetroffen. Er is een test voor gas en olie in de Dinantien kalkstenen uitgevoerd. Maar productie werd niet verkregen.

De verticale as geeft diepte weer, maar is niet op schaal getekend. De sectie is afgeleid van vrijgegeven NAM gegevens.

Een andere interessant feitje is dat op een diepte tussen 4080 en 4150m, in het Carboon, een op een gabbro gelijkend, intrusief gesteente is aangeboord. Gabbro is een gesteente gevormd uit magma, dat w.b. samenstelling chemisch en mineralogisch lijkt op basalt, maar i.t.t. basalt niet over het aardoppervlak is uitgevloeid. Het aangetroffen gesteente

wordt, op basis van radiometrische datering, geschat 218 miljoen jaar oud te zijn. Dit wijst op tamelijk ondiepe vulkanische activiteit in de Winterswijkse bodem tijdens de Laat-Trias periode. Ook in de boringen COR-1 en GEL-5 zijn dergelijke magmatische gesteenten in de Carboon sectie aangeboord. Hierover is minder bekend, maar het ligt voor de hand dat deze ook in het Laat-Trias zijn gevormd.

Derrickvloer (-m.) WSK-1	Era	Periode	Omschrijving	Gesteente	
76	Kenozoïcum	Tertiair	Oligoceen	Zandige klei	
122			Lias	Klei/kleisteen	
129	Mesozoïcum	Trias	Rhaetien	Kleisteen	
155			Muschelkalk	Mergelige kalksteen	
353			Röt	Dolomiet/siltsteen/	
834			Bontzandsteen	Zand/siltsteen, kleisteen	
1286			Perm	Zechstein	Evaporieten (zoutsteen, anhydriet, dolomiet, kalksteen)
2760	Paleozoïcum	Carboon	Westphalien	Zand/siltsteen en leisteen met steenkool laagjes	
4195			Namien	Silt- en leisteen	
4275			Visien	Schalies	
4461			Dinantien	Kalksteen	
5010			Devoon	Boven	Kwartsitische zandsteen
5010 (4958m -NAP)			TD		

Gesteente

Om het ontstaan van de gesteenten en daarmee de ontstaansgeschiedenis van de Aarde te bestuderen, bekijkt een geoloog graag het gesteente in situ, d.w.z. "in het veld" in samenhang met de omringende gesteentes. Elke natuurlijk gevormde steen kan een verhaal vertellen, de één meer dan de ander. Vorm, textuur, mineraalinhoud, chemie en eventueel aanwezige fossielen kunnen worden bestudeerd en geplaatst in de context waarin de steen wordt aangetroffen.

In de landen om ons heen kunnen we vooral in berg-en heuvellandschappen veel ontsluitingen van natuurstenen zien. In de Ardennen vinden we ondermeer de "Belgische hardsteen", een zeer harde blauwgrijze kalksteen vol met fossiele overblijfselen van o.a. zeelelies, die veel wordt gebruikt voor keukenbladen en vensterbanken. En in de Duitse Eifel wordt al sinds de oudheid vulkanisch "puimsteen" gewonnen, die vanwege de grote porositeit gebruikt kan worden als een lichte bouwsteen of als isolatiemateriaal. In Nederland kennen we buiten Zuid Limburg geen heuvels waar gesteentes ontsloten zijn. Ons land is eigenlijk een rivierendelta, bedekt door dikke lagen klei en zand, achtergelaten door rivieren en de Noordzee.

Toch hoeven we om stenen te zien niet naar het buitenland te gaan. In grote delen van de ondiepe Nederlandse ondergrond bevinden zich ontelbaar veel **zwerfstenen**. Gedurende miljoenen jaren hebben rivieren en landijs, naast klei, zand en grind, stenen naar ons land getransporteerd. De zwerfstenen worden met name zichtbaar daar waar **keileem** bloot komt te liggen door graafwerkzaamheden, zoals bij de aanleg van wegen en fundamenten van gebouwen. Maar ook bij het ploegen van landbouwgronden komen er nog steeds veel stenen naar boven. Met name in de noordelijke helft van Nederland, bleef na het wegsmelten van het Saalien-landijs, zo'n 130 000 jaar geleden, een enorme hoeveelheid "puin" achter, dat afkomstig is uit Scandinavië. Veel van de zwerfstenen zijn inmiddels geraapt en hebben een bestemming gekregen als materiaal voor verzamelingen, wegverharding, markering, tuindecoratie en dijkbescherming. Echter de ondergrond is wat betreft zwerfstenen nog lang niet uitgeput.

Het Winterswijkse is uniek met betrekking tot gesteenten in Nederland. De Winterswijkse zwerfstenen komen namelijk uit het noorden (Scandinavië, Finland en Noord-Duitsland), oosten (Midden-Duitsland) en zuiden (België, Noordoost-Frankrijk, Zuidwest-Duitsland). Elders in Nederland treffen we stenen uit deze drie herkomstgebieden niet samen op het maaiveld aan. Bovendien bevindt zich in Winterswijk nog de enige actieve **steengroeve** in Nederland en worden in enkele beken "in situ" (plaatseigen) gesteenten aangetroffen, d.w.z. gesteenten die niet als zwerfkei zijn getransporteerd, maar ter plaatse zijn gevormd. Deze "in situ" gesteenten bestrijken een geologisch tijdsbestek van ruim 200 miljoen jaren. De hoofdstukken "**mesozoïcum**" en "**kenozoïcum**" geven er uitleg over.

In de natuur gevormde gesteenten bestaan uit mineralen. Mineralen zijn in de natuur voorkomende, homogene, niet-biogene, vaste substanties met een bepaalde chemische samenstelling en geordende kristal- en moleculaire structuur. Chemische samenstelling en kristalstructuur samen zijn bepalend voor de eigenschappen en identificatie van een mineraal. Alleen chemische samenstelling of kristalstructuur zijn niet bepalend. Er komen in de natuur enkele duizenden mineralen voor, maar bijna alle in de natuur voorkomende gesteenten zijn gevormd uit een combinatie van 2 tot 6 mineralen uit een groep van zo'n 15 (hoofd)mineralen. De ontstaanswijze, en de relatieve hoeveelheden en vormen van de gesteentevormende mineralen, zijn bepalend voor de naamgeving van het gesteente. Helaas zijn de gesteentevormende mineralen voor niet-experts moeilijk van elkaar te onderscheiden.

De foto toont een aantal schijfjes van zwerfstenen zien, die op één Winterswijkse akker zijn gevonden. De betreffende zwerfstenen zijn afgespoeld en doormidden gezaagd, waarna de vele variaties tussen de stenen goed zichtbaar zijn geworden. De schijfjes zijn in lichte mate gepolijst, waardoor de kleuren en texturen beter uitkomen. De boven getoonde schijfjes vormen een stap in het vervaardigen van dunne doorsnedes van 0,03mm dikte, die worden gebruikt voor verder onderzoek m.b.v. een zgn. doorvallend licht polarisatiemicroscoop. Zulk optisch onderzoek geeft dikwijls uitsluitel wat betreft de mineralogische samenstelling en ontstaansgeschiedenis van de betreffende steen.



De in de natuur voorkomende gesteentes worden in eerste aanleg onderverdeeld in drie hoofdgroepen:

Sediment- of afzettingsgesteenten: Sedimentlagen ontstaan door het neerslaan van mineralen en het accumuleren van skeletdeeltjes of kleine stukjes steen in zee of op land in meren, rivieren of door wind. Opgestapelde skeletjes van organismen vormen kalk- of silicalagen, terwijl verweringsproducten van bergmassieven klei, zand en grindlagen vormen. Op de bodem van overzadigde zeeën of meren slaan zoutlagen neer. De dieper gelegen, begraven sedimentlagen kunnen o.i.v. de hogere druk en temperatuur omvormen tot een hard gesteente. Ook vuursteen wordt tot de sedimenten gerekend.

Stollingsgesteenten: Stollingsgesteenten ontstaan door het stollen van een magma of lava (gesmolten steen). Magma stolt onder de grond en lava stolt boven de grond. Onder beide condities ontstaan verschillende gesteentes, namelijk dieptegesteenten (plutonieten) i.g.v. gestold magma en uitvloeiingsgesteentes (vulkanieten) i.g.v. gestold lava. Gesteentes van langzaam afkoelende magma hebben grotere mineraalkorrels, andere textuur en soms andere mineralensamenstelling dan gesteenten van snel afkoelende lava.

Omvormingsgesteenten: Omvormings-(of metamorfe) gesteenten ontstaan door sterk veranderende omstandigheden, bijvoorbeeld bij hoge druk en temperatuur onder een groeiende, kilometers dikke laag van sedimenten, waardoor mineralen in bestaand gesteente worden omgezet in andere mineralen.

Hoewel 95% van de kilometers dikke aardkorst bestaat uit stollingsgesteenten, wordt 75% van het (oceanische en continentale) aardoppervlak bedekt door harde en zachte sedimentlagen.

Het onderscheid tussen de drie groepen gesteente is relatief eenvoudig te maken. Bovenstaande classificatie kent meer onderverdelingen, maar het voert te ver hier verder op in te gaan. Omdat stollings- en omvormingsgesteenten geheel uit mineraalkristallen zijn opgebouwd worden ze ook wel *kristallijne* gesteenten genoemd. Goed bewaarde fossielen kunnen alleen in sedimentgesteentes worden aangetroffen.

Stenengids



Uitvloeiingsgesteente
Soms met holtes
Geen glimmers



Afzettingsgesteente
Kruimelig
Korrelig



Omzettingsgesteente
Veel laagjes
Soms glimmerpjes



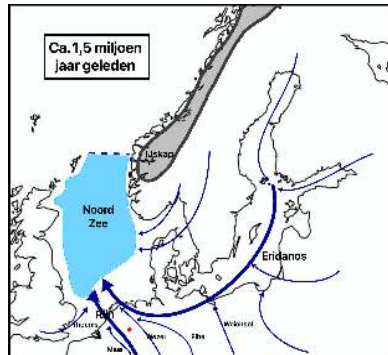
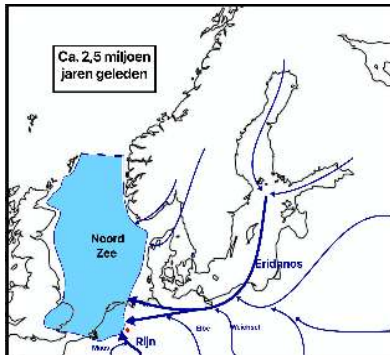
Rozijnencake
Plakkerig
Rozijnenkorrels

Zwerfstenen

In Nederland treffen we aan de oppervlakte alleen in situ afzettingsgesteenten aan, die niet ouder zijn dan de Carboon periode (tot ca. 350 miljoen jaar oud). Oudere afzettingsgesteenten, zowel als stollings- en omvormingsgesteenten, worden slechts als zwerfstenen aangetroffen. Dat is wellicht de reden, dat de Nederlandse amateur-geologen buiten Zuid-Limburg en Winterswijk, de gebieden waar we wel in situ afzettingsgesteentes aantreffen, zich veelal met zwerfstenen hebben bezig gehouden.

De "zwerfsteenkunde" is tegenwoordig het domein van de amateur-wetenschapper. Voor de beroepswetenschap is een gevonden zwerfkei "erratisch". D.w.z. door verplaatsing van de steen is de context, waarin het gesteente ontstaan is, grotendeels verloren gegaan. Het bestuderen van een zwerfkei levert daarom veel minder informatie op dan bestudering van gesteenten in het herkomstgebied van de zwerfkei. Derhalve wordt tegenwoordig veel minder wetenschappelijk onderzoek aan zwerfstenen gedaan. Tot in de eerste helft 20e eeuw bogen naast amateurs ook beroepswetenschappers zich over transportmodus, herkomst, determinatie en classificatie van zwerfstenen. Nadat was vastgesteld, dat niet reuzen, de zondvloed, noch een verdwenen oud gebergte, maar landijs de aanwezigheid van de heel grote zwerfkeien verklaarde, nam de interesse uit de hoek van de beroepswetenschap af. [Staring](#) maakte in 1858 al onderscheid tussen zwerfstenen afkomstig uit Scandinavië en die uit het zuiden en oosten. Eind 19e eeuw had de wetenschap algemeen geaccepteerd dat landijs een grote rol had gespeeld in het transport van de grootste keien. In de eerste decennia van de 20e eeuw werd vooral door amateur-geologen / liefhebbers veel werk verricht om "gidsgesteenten" te identificeren, d.w.z. soorten zwerfstenen te catalogiseren, die eenduidig te herleiden zijn tot een bepaald gebied van herkomst. Al doende zijn uitgebreide privécollecties ontstaan. De grote invloed van de amateur-wetenschappers, die minder onderzoeksmogelijkheden ter beschikking hebben dan de professionele wetenschap, heeft ertoe geleid dat de geologische conventies voor naamgeving gebaseerd op mineralogische samenstelling minder zijn gevolgd dan naamgeving gebaseerd op gidsgesteenten. Deze laatste methode is minder systematisch en subjectiever dan de wetenschappelijke benadering.

Wat betreft zwerfstenen is het Winterswijkse bijzonder, omdat hier stenen uit het noordoosten (aangevoerd door Saalien landijs), zuiden (aangevoerd door de oer-Rijn en -Maas) en oosten (aangevoerd door de oer-Eems, -Lippe, -Wezer en -Elbe) zijn aangetroffen.



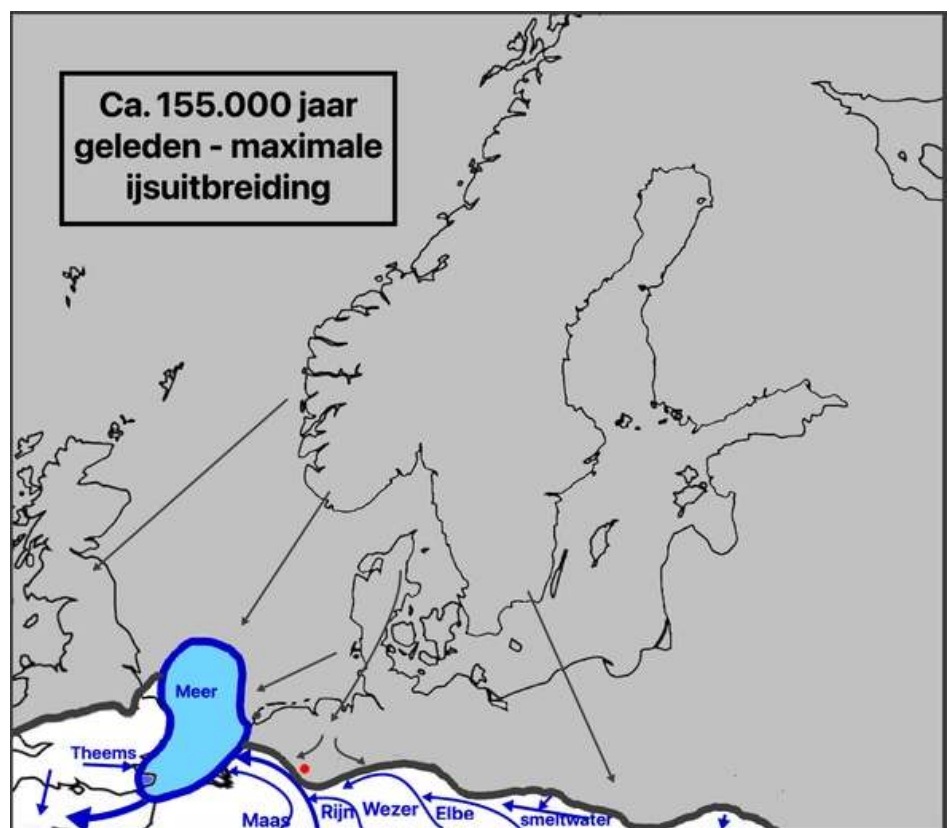
De bovenste drie kaarten schetsen van links naar rechts (oud naar jong) de veranderingen in de rivierlopen en Noordzee in NW-Europa tijdens het Kwartair. Gedurende de weergegeven periode is de Noordzee in omvang geslonken. Dit werd m.n. veroorzaakt door de zich naar het westen uitbreidende rivierdelta's van Eridanos en oer-Rijn en de toenemende ijsbedekking. De rivieren hebben zand en grind, en gedurende koudere periodes flinke stenen aangevoerd. In vergelijking met het noorden en westen van Nederland zijn er, uitgezonderd de smeltwaterdalen, slechts dunne lagen riviersediment in onze regio achtergebleven. De ligging van Winterswijk aan de periferie van de stroomgebieden en erosie van de rivierafzettingen op het hoge Oost-Nederlands plateau vormen de oorzaak hiervoor.

Naast de door gletsjerijs vanuit het noorden en oosten naar Winterswijk getransporteerde zwerfstenen (de oostelijke stenen kunnen afkomstig zijn uit het stroomgebied van de Eridanos), zijn veel van de hier aan te treffen stenen afkomstig uit de stroomgebieden van de voorlopers van Wezer en Elbe, en wellicht nog andere rivieren, die hun bronnen in de zuidelijke delen (Sudeten, Thüringen, Harz) van de Duitse middelgebergten hadden. Die bronnen lagen in gebieden met dagzomende gesteenten van overwegend paleozoïsche ouderdom (541 tot 253 miljoen jaren oud). De meeste zijrivieren van de Elbe en Wezer ontsprongen in de noordelijke delen van de middelgebergten (Sauerland, Teutoburgerwoud, Leine Bergland) met dagzomende mesozoïsche (253 tot 66 miljoen jaren oud) en tertiaire gesteenten. Het oer-Rijn/Maas stroomgebied bestaat delen van de Vogezen, Zwarte Woud, Rijnlands Leisteinplateau (Taunus, Eifel, Hunsrück, Westerwald) en Ardennen. De stenen uit deze gebieden zijn ook dikwijls van paleozoïsche en mesozoïsche ouderdom. Van veruit de meeste door rivieren aangevoerde zwerfstenen kunnen we niet bepalen of ze uit het Rijn/Maas of Elbe/Wezer stroomgebied afkomstig zijn.

De voorlopers van onze huidige rivieren waren met name gedurende de koudere tijden van de Kwartair periode niet vergelijkbaar met de langzaam stromende, meanderende rivieren van nu. De rivieren hadden een groter verhang en vaak een veel groter debiet dan tegenwoordig, en verlegden regelmatig hun beddingen. De rivieren vervoerden, voor aanvang van de Saalien ijstijd, rolstenen in onze richting, die, door de interactie met bedding en andere stenen, bij toenemende transportafstand kleiner en meer afgerond werden. Veel van de paleozoïsche en mesozoïsche sedimentaire stenen zijn erg verhard en minder gevoelig voor fysische en chemische verwerking en werden door rivieren over grote afstanden vervoerd zonder volledig uit elkaar te vallen. Dit geldt in het bijzonder voor gangkwarts, kwartsiet, kwartsitische zandsteen, lydiet, radiolriet en vuursteen. Daarentegen hadden o.a. kalksteen, schist en kleisteen nauwelijks kans onze streken via deze rivieren te bereiken. Van de soms jongere vulkanische gesteentesoorten hadden graniet en rhyoliet een grotere kans om onze streek te bereiken dan het makkelijk verwerende tufsteen, basalt en gabbro. De resten van de onderweg verwerende stenen worden in de vorm van zand en klei wel in de Nederlands ondergrond teruggevonden, maar ontbreken in het Winterswijkse t.g.v. erosie van het oppervlak van het Oost-Nederlands plateau.

In keileem kunnen de snel verwerende stenen wel voorkomen, omdat gedurende het transport in de zool van de gletsjer, de stenen afgesloten raakten van atmosferische invloeden.

Tijdens het Laat-Saalien (ca. 170.000 - 140.000 jaar geleden), toen de ijskap tot voorbij Winterswijk schoof, zijn sedimenten van de Rijn, Eridanos en zijrivieren, zoals Wezer en Elbe, in de keileem en smeltwaterstromen meegevoerd en vermengd met stenen afkomstig uit Scandinavië. We kunnen in onze regio daarom zwerfstenen uit noordelijke, oostelijke en zuidelijke richting aantreffen. De huidige Oostzee was gedurende de periode voorafgaand aan de Saalien ijstijd nog een vlak en breed stroomgebied van rivieren komende uit Scandinavië, Polen, de Baltische regio en Rusland. Tijdens de ijstijden is de vlakte uitgeschuurd door gletsjers en pas na de ijstijden, toen de zeespiegel steeg, heeft de zee het gebied ingenomen. Het is daarom mogelijk, dat we stenen in onze regio aantreffen, die afkomstig zijn van wat nu de bodem van de Oostzee is.



Tot aan het einde van de Saalien ijstijd hadden de rivieren een ander stroomgebied en karakter dan tegenwoordig. De Rijn, waarvan de Maas een zijrivier was, stroomde verder naar het noorden dan tegenwoordig voordat die uitmondde in de Noordzee. De Eems en Wezer hadden nog rivierstelsels, die ombogen naar het westen richting het huidige Nederland. De Elbe is lang een zijrivier van de Wezer geweest, en bracht erosiemateriaal uit het oosten van het huidige Duitsland naar onze streken. Het klimaat was kouder dan tegenwoordig, en door de grote landijsmassa's stond het zeeniveau tientallen meters lager dan vandaag, waardoor het verhang van de rivieren aanzienlijk groter was en hogere stroomsnelheden voorkwamen. De rivieren konden zich niet insnijden in de bevroren grond. Enorme hoeveelheden sneeuw in de hoger gelegen gebieden zorgden voor een seizoensgebonden grote aanvoer van smeltwater. Hierdoor hadden de rivieren een totaal ander karakter dan de tegenwoordige meanderende Maas en Rijn: ze verlegden regelmatig hun bedding, bereikten hogere stroomsnelheden en hadden meer ijsgang, waardoor relatief grote stenen konden worden verplaatst. De rivieren hadden geen smalle, vaste beddingen, maar zochten hun weg over een vlakte van tientallen kilometers breed. Er onstonden netwerken van stroomgeulen, die over een groot oppervlak grind en stenen neerlegden.

Omdat de zwerfstenen uit zoveel richtingen zijn aangevoerd, is herkomstbepaling van een individuele steen lastig, vaak zelfs onmogelijk. Hoewel de stenen uit het zuiden en oosten veelal vóór de Saalien ijstijd zijn aangevoerd (pre-glaciaal), worden ze door elkaar met noordelijke stenen aangetroffen. Het Saalien landijs heeft de noordelijke stenen vermengd met oude tertiaire bodem en door rivieren achtergelaten stenen, en deels vermalen tot keileem. Hoewel de herkomst van een individuele zwerfsteen zelden kan worden bepaald, kunnen we wel dikwijls het herkomst gebied van een grote verzameling van zwerfstenen en grind bepalen, die op één locatie willekeurig is geraapt. Door de stenen en het grind te classificeren naar soort en daarna de onderlinge verhoudingen van de soorten te berekenen (de zgn. zwerfsteenassociaties), kunnen we bepalen of de stenen uit het noorden, oosten of zuiden afkomstig zijn. De herkomstgebieden van de kleinere zwerfstenen kunnen liggen in Zweden, West-Finland, Botnische Golf, Oostzee, Denemarken, bijna geheel Duitsland, de Belgische en Franse Ardennen en de Vogezen. Sommige stenen hebben afstanden van ca. 2000km afgelegd, voordat ze in Winterswijk werden gevonden.

Hoewel de vorm van een steen een indicatie kan zijn voor de wijze van transport, water of ijs, is voorzichtigheid geboden. Het soort gesteente, de transportafstand, de hardheid van de rivierbedding, de beweging van het water of ijs, de interactie met andere meegevoerde stenen en eventuele latere erosie, spelen een rol m.b.t. de uiteindelijke vorm en grootte van de gevonden steen. Bovendien kan bewegend landijs stenen uit een oude rivierbedding of zelfs van een Tertiair Noordzee strand hebben meegevoerd en in onze buurten hebben achtergelaten. Wie kent er niet de ronde en gepolijste steentjes op sommige buitenlandse stranden? Het kan dus zo maar zijn, dat we hoekige zowel als mooi afgeronde steentjes naast elkaar vinden in het Winterswijkse.

Tijdens de kwartaire ijstijden verspreidden massa's gletsjerijs zich in verschillende richtingen vanuit Scandinavië en vormden enige malen een ijsskap in West Europa. Er waren gedurende de Kwartair periode minstens twintig ijstijden, maar van alleen de voorlaatste, het Saalien, die eindigde 125.000 jaar geleden, weten we met zekerheid dat het landijs tot zuidelijk van Winterswijk reikte. Het Saalien landijs bewoog vanuit Scandinavië, meer precies Zweden, West Finland, de drooggevallen Botnische Golf en Oostzee, in ruwweg zuidwestelijke richting naar onze streken en schraapte onderweg los en vast rotsmateriaal, klei, zand en grind van de bodem. Dit materiaal werd opgenomen en vermengd in de onderste lagen van de ijsskap en soms verbrijzeld door de bewegingen in het ijs en over de ondergrond, en vermalen tot een leemachtige substantie, de zgn. keileem. Toen het landijs wegsmolt bleef een enorme hoeveelheid puin achter in de vorm van grote en kleine keien, grind, zand en leem. Tegenwoordig zijn de achtergebleven grote zwerfstenen, die de prehistorische mens gebruikte voor het bouwen van hunebedden, en die her en der als wegmarkering, monumenten en decoratie zijn gebruikt, het meest opvallend in het landschap. Echter, er is een tijd geweest dat Noord- en Midden-Nederland bezaaid lagen met vele kleine en grote Scandinavische keien. Tussen deze zwerfstenen komende uit het noordoosten bevinden zich relatief veel kleurrijke stollingsgesteentes en metamorfe gesteentes, met name granieten en gneisen. De kleurenrijkdom van veel stenen wordt pas duidelijk op een "verse doorsnede" na doorslaan (altijd met veiligheidsbril!). Voor gesteente-determinatie is het bestuderen van zowel verweringsoppervlak als verse doorsnede van belang.

In de directe omgeving van Winterswijk zijn enkele van de grootste, in Nederland aangetroffen, zwerfkeien uit de ijstijd gevonden. Één zo'n kei staat opgesteld in het Vrijheidspark in het dorp, een andere kei staat opgesteld in Meddo. Vele andere, iets kleinere keien staan elders opgesteld. Grote keien kunnen ook nu nog bij graafwerkzaamheden worden aangetroffen. Het lijkt geen twijfel, dat de allergrootste keien door landijs uit Scandinavië zijn aangevoerd. Rivieren, en zelfs rivierijs, zouden daartoe niet in staat zijn geweest.

De keien, die aanvankelijk zijn aangevoerd door rivieren, kunnen een doorsnede van wel 1 à 2 meter hebben, en zijn meegevoerd uit streken honderden kilometers van ons vandaan, ingevroren in ijsschotsen en schuivend over de rivierbedding. Zo worden in het Winterswijkse stenen aangetroffen, die waarschijnlijk afkomstig zijn van de oude stroomgebieden van de Rijn, Eems, Wezer, Elbe en het toenmalige [Eridanos rivierenstelsel](#). Saalien landijs heeft veel stenen uit de oude stroomgebieden naar onze regio verplaatst. We weten dit tamelijk zeker, omdat er zgn. "gidsgesteenten" zijn gevonden, die wijzen op de gebieden van herkomst. In de oude en huidige stroomgebieden van rivieren komende uit het zuiden en oosten zijn relatief meer sedimentgesteenten aanwezig dan metamorfe en stollingsgesteenten. De sedimentgesteenten zijn doorgaans minder kleurrijk, kleiner en meer afgerond dan de noordelijke stenen aangevoerd door het landijs.

"De Dikke Stein" in het Zuid-Limburgse Elsloo is een grote zwerfsteen van ca. 7500kg meegevoerd door de Maas. In de jaren 30 van de 20e eeuw is de steen aangetroffen bij het graven van het Julianakanaal. Zwerfstenen van dit formaat, meegevoerd door rivieren, zijn geen zeldzaamheid. De steen, bestaande uit het harde Revinienkwartsiet, is afkomstig uit de Franse Ardennen, en over een afstand van minstens 200km door de Maas meegevoerd. Kleine zwerfstenen van Revinienkwartsiet worden ook in het Winterswijkse aangetroffen. Ter vergelijking: Het geschatte gewicht van de door landijs meegevoerde zwerfsteen, die staat opgesteld in het Vrijheidspark in Winterswijk, is 43.000kg!



Op sommige, pas geploegde Winterswijkse akkers kunnen we relatief veel kleine en minder kleurrijke sedimentgesteenten aantreffen. Deze stenen zijn veelal aangevoerd door oude rivieren. De stenen hebben hun kleur verloren door de lange blootstelling aan de atmosfeer, waardoor verweering optrad, maar zijn sowieso wegens verschillen in gesteente-vormende mineralen minder kleurrijk dan de noordelijke kristallijne gesteenten aangevoerd door het landijs. Stenen geraapt op en naast zandwegen zijn meestal aangevoerd van elders ter verharding van de weg en bevatten vaak puin en slakken afkomstig van ijzererts- en kleiovens.

Stenen, die tijdens graafwerkzaamheden zijn gevonden in keileem, waarin ze afgesloten waren van atmosferische invloeden, zijn minder verweerd dan stenen gevonden op akkers. De op akkers aangetroffen stenen zijn doorgaans verweerd en dienen doorgezaagd of doormidden geslagen te worden om de kleuren goed te zien. Het afspoeien en afborstelen van de stenen accentueert de kleuren echter ook. In de keileem worden soms kalkstenen aangetroffen, al dan niet met fossielen, die, wanneer lang blootgesteld aan de atmosfeer opgelost zouden zijn. In het riviergrind van de huidige Maas worden wel kalkstenen aangetroffen, maar in het grind aangevoerd door de vroegere rivierstelsels zijn de ooit aanwezige kalkstenen inmiddels opgelost door de lange blootstelling aan de elementen. Zwerfstenen van kalksteen, zelden aangetroffen in Winterswijk, zijn door het landijs achtergelaten in afsluitende keileem en komen uit het noordoosten (Oost-Nederland, Duitsland, Denemarken, Oostzee, Zweden).

We zouden in de door het ijs achtergelaten keileem voornamelijk keien uit Scandinavië en Finland verwachten, en dan met name die van de stollings- en omzettingsoort (d.w.z. de kristallijne keien). Dit is niet het geval. Tellingen hebben uitgewezen dat in de meeste gevallen slechts 20% tot 30% van de gevonden keien tot de kristallijne soort behoren, terwijl de overige keien een sedimentaire oorsprong hebben. Wel is het zo, dat de kristallijne graniet-, gneis en basaltkeien dikwijls groter zijn dan de keien van sedimentaire oorsprong. Dit heeft te maken met de textuur van de keien. Een sedimentaire steen is vaak brosser en gelaagd, terwijl de kristallijne stenen homogener zijn. Tijdens het transport door gletsjerijs viel de sedimentaire steen uiteen in kleinere stukken, zelfs met vuursteen gebeurde dit. Sowieso waren de sedimentaire keien vaak al kleiner dan de kristallijne keien, toen ze in het gletsjerijs werden opgenomen. Dit heeft te maken met de mate van homogeniteit van de rotsformaties op de plaats van herkomst. Daarnaast speelt de mate van verwerking, die plaats vond nadat de keileem was afgezet, een rol m.b.t. de grootte van de gevonden keien. De verwerking van keien in de keileem is afhankelijk van de samenstelling en laagdikte van de omsluitende keileem, de samenstelling en dikte van de afdekkende en onderliggende lagen en eventuele erosie door bijvoorbeeld beekwater. Omdat we bij het zoeken worden aangetrokken door de grotere keien, overschatten we al gauw het aandeel kristallijne keien in de keileem. Onderzoekers verzamelen stenen van alle groottes en verdelen die volgens grootteklasse voordat determinatie plaats vindt. In werkelijkheid behoort 20% tot 30% van alle gevonden keien tot het kristallijne soort, waarvan gemiddeld slechts 10% met enige zekerheid is te herleiden tot het gebied van herkomst. Ergo, slechts een schamele 2% tot 3% van het totaal aantal stenen geeft ons enig inzicht m.b.t. het gebied in Scandinavië waar het gletsjerijs vandaan kwam!

Omdat de zwerfstenen voor en tijdens de Saalien ijstijd zijn aangevoerd, zijn ze bedekt (geweest) door post-glaciale afzettingen, met name dekzanden. We treffen daarom minder zwerfstenen aan op de bolle essen gelegen op de dekzandruggen en -kopjes. De eerste boeren hadden minder last van stenen op hun perceeltjes gelegen op de zandduinen. Op de hoge plateau's, waar weinig of geen dekzand ligt, kunnen we daarentegen wel veel zwerfstenen op het maaiveld verwachten, zoals op de Valkeniersbult, nabij de kleigroeves "De Vlijt" en "Te Siepe", en het Woolds plateau.

De voorraad zwerfstenen aan het maaiveld wordt continu aangevuld. De bodem is vaak in beweging: vorstwerking, bodemdieren, natuurlijke trillingen van de aarde, verkeer op nabij gelegen wegen en bewerkingen door akkerbouwers. Hierdoor bewegen de zwerfstenen in de ondergrond t.o.v. elkaar en de omringende fijnere grondkorrels. Het fijne materiaal zakt in de holtes tussen de stenen, waardoor uiteindelijk de stenen aan de oppervlakte komen.

Stenen zijn meer geleidend voor kou en warmte dan de bodem eromheen. Als gevolg hiervan bevriest de bodem onder een steen eerder, waardoor de steen omhoog wordt gedrukt. De ontstane ruimtes onder de steen worden opgevuld met fijner bodem materiaal. Dit proces valt onder de noemer vorstwerking.

Aan de oppervlakte worden tenslotte de fijnere bodemdeeltjes door wind en regen weggeblazen en gespoeld, zodat grind en stenen uiteindelijk bloot komen te liggen.

Enkele Winterswijkse zwerfstenen in detail

Hieronder volgt een beknopte beschrijving van de meest voorkomende soorten van zwerfstenen, die worden gevonden in het Winterswijkse. Na afborstelen met water wordt zichtbaar, dat een grote variatie aan zwerfstenen in de regio voorkomt. Aan de hand van enkele beschrijvingen wordt meer uitleg gegeven over de drie hoofdgroepen van gesteentes en waar mogelijk hoe de stenen hun weg vonden naar het Winterswijkse. Zowel macro- als microscopische foto's worden getoond en voor redenen van mineralen-determinatie zijn soms zeer dunne plakjes steen (0,03mm) met doorvallend en gepolariseerd licht bekeken. De beschrijvingen en foto's betreffen uitsluitend de meest frequent voorkomende zwerfstenen in de regio Winterswijk. De voor Nederlandse begrippen zeldzame zwerfstenen, die ook wel bij Winterswijk kunnen worden aangetroffen, zijn hieronder niet beschreven. Nagenoeg complete overzichten zijn beschikbaar via een aantal Nederlandstalige websites en boeken.



Een loep is een onmisbaar hulpmiddel bij het bestuderen van zwerfstenen. Niet een vergrootglas, zoals afgebeeld in de cartoon, goed voor postzegelverzamelaars, maar een kleine loep of handlens, die we in goed licht dicht bij het oog houden. Een loep met een vergroting van 10x is het beste.

Zandsteen (sediment- of afzettingsgesteente)

Zwerfkeien van zandsteen komen in onze regio veel voor. Zandstenen bestaan grotendeels uit korrels van het harde mineraal kwarts (kwarts krast metaal) en zijn goed bestand tegen verwerking. Zuiver kwarts is chemisch gezien gelijk aan siliciumdioxide (SiO_2). In de wetenschap wordt zandsteen aangeduid als kwartsareniet. Zandstenen komen in allerlei kleuren voor afhankelijk van de bijmenging van andere substanties dan kwarts en de opname van andere elementen in het SiO_2 kristalrooster. De zandkorrels zijn van oorsprong erosieproducten afkomstig van verweerde bodems en bergen, die zijn meegevoerd en achtergelaten door stromend water of de wind. De korrelgrootte is afhankelijk van de afstand tot het herkomstgebied van de korrels en wijze van transport. Immers een kleinere korrel kan verder door water of wind worden meegevoerd dan een grotere. Ook de mate van afronding van de korrels kan ons iets zeggen over de transportwijze.

Zwerfsteen van zandsteen met afmetingen 9x7x2,5cm. Deze steen heeft de kenmerkende platte vorm van een zandsteen. De originele sediment-gelaagdheid is nog enigszins zichtbaar. De korrelgrootte van deze steen varieert tussen 0,3 en 1mm. De kans is groot dat de zandkorrels in stromend water zijn achtergelaten.



De wetenschap betitelt stenen, die voornamelijk bestaan uit kwartskorrels met een grootte tussen 2 en 0,063mm, als zandsteen (of eigenlijk kwartsareniet). De naam areniet zonder voorvoegsel zegt iets over de korrelgrootte, maar niets over de mineralogische samenstelling van de steen. Stenen met korrelgroottes tussen 0,063 en 0,002mm worden siltstones genoemd, stenen met nog kleinere korrels worden kleistenen genoemd. Korrels tussen 2 en 63mm worden als grind beschouwd, alles groter dan 63mm zijn stenen, keien of blokken. Conglomeraat is een gesteente bestaande uit grind in een fijnere grondmassa. Kleideeltjes van kleisteen zijn oorspronkelijk in bijna stilstaand water bezonken, terwijl grote zandkorrels van zandsteen in snel stromend water zijn afgezet. Door wind meegevoerde korrels zijn zelden groter dan 0,5mm.

In zwerfkeien van zandsteen kunnen we vaak nog de originele gelaagdheid zien waarin de korrels zijn achtergelaten voordat versterking plaatsvond. Gelaagdheid kan zijn ontstaan door verschillen in sediment-korrelgrootte, -oriëntatie of -samenstelling. Versterking van het oorspronkelijk losse zand vond plaats nadat het begraven werd onder nieuw aangevoerde sedimenten, waardoor de druk en temperatuur toenamen. Water verzadigd met opgelost silicium, kalk of ijzer infiltreerde het zand en de resulterende neerslag verkleefde vervolgens de korrels met elkaar. In het Winterswijkse kunnen we dit proces nu nog aanschouwen. Dekzand kan oker- en rood-bruinkleurige lagen bevatten t.g.v. het neerslaan van in grond- en kwelwater opgeloste ijzermineralen. Deze lagen verhardten door verkleefing van de zanddeeltjes, zodat [zgn. ijzeroer](#) wordt gevormd.

Zwerfkeien van zandsteen zijn vaak gebroken langs de laagvlakken, waardoor de stenen vaak een kenmerkende platte vorm hebben. Zandstenen worden vaker aangetroffen in materiaal aangevoerd door de rivieren uit het oosten en zuiden dan in materiaal aangevoerd door het landijs. Bij Winterswijk kunnen zwerfkeien van zandsteen alleen bij uitzondering gebruikt worden als gidsgesteente met een eenduidige plaats van herkomst.

Zwerfsteen van zandsteen met afmetingen 6x5x4cm. De rood-bruine kleur wijst op een zgn. "bontzandsteen" uit de Trias periode. De steen bevat voornamelijk door ijzeroxide rood-bruin gekleurde kwartskorrels. De witte deeltjes zijn verweerde veldspaatkorrels. In tegenstelling tot de ondiep gelegen lagen van bontzandsteen in onze regio nabij grenspaal 780, wordt in veel plaatsen in Duitsland en de Franse Vogezen hoog kwalitatieve bontzandsteen aangetroffen, die gebruikt kan worden als bouw materiaal. "Onze" bontzandsteen is daarvoor te kleiig en zacht. De hierboven afgebeelde steen is mogelijk afkomstig uit het Teutoburgerwoud of de Eifel.



De foto hiernaast toont twee zandstenen (rechtsvoor en in de achtergrond) en een steen van graniet (linksvoor). De grootste zandsteen heeft afmetingen 60x50x40cm. en weegt ca. 300kg. De blokken zijn vermoedelijk uit de aangrenzende Wooldse akker verwijderd. De grootte van de blokken wijst op gletsjerijs en keileem als transportmodus, met noordoostelijke herkomst. De zgn. kriskras gelaagdheid wijst erop, dat het zand oorspronkelijk in ondiep heen en weer stromend kustwater (nabij strand) of door de wind is afgezet (duinen). Het ontbreken van kwarstaders wijst op een geologisch relatief jonge ouderdom van de zandstenen. De grijze

zandsteen toont uitgeslepen holtes, die doen vermoeden dat de zandstenen ooit in een bedding van snelstromende rivieren lagen. Uit Scandinavië zijn andere zandstenen bekend dan hier afgebeeld. Deze zandstenen komen mogelijk uit de omgeving van Bentheim of het Teutoburgerwoud, waar zandsteenrotsen uit de Krijt-Valanginien tijd dagzomen. De granietsteen komt waarschijnlijk uit Finland of Zweden.

Platte zwerfsteen van zandsteen met afmetingen 6x5x2cm. De korrelgrootte heeft verschillende afmetingen tot 2,5mm grootte. De steen bestaat grotendeels uit kwarts korrels en wordt, vanwege de aanwezigheid van korrels groter dan 2mm, een zgn. conglomeratische kwartsareniet genoemd. Deze steen is vermoedelijk als riviersediment ontstaan. De steen toont scheuren in drie richtingen, die weer zijn opgevuld met witte kwarts. De scheuren zijn ontstaan door plooïing van het gesteente ten tijde van gebergtevorming en zijn indicatief voor de hoge ouderdom (Carboon periode of ouder, minstens 300 miljoen jaar). De precieze herkomst van deze steen is niet te achterhalen: Duits middelgebergte of de Ardennen.



Kwartsiet (afzettings- of metamorf gesteente)

Stenen van kwartsiet komen in onze regio veel voor. Kwartsiet is hard, en verweerd nauwelijks. Relatief grote zwerfstenen van kwartsiet kunnen we regelmatig aantreffen op akkers en in greppels. Kwartsiet is een gesteente dat, zoals de naam al zegt, voornamelijk uit het mineraal kwarts bestaat. Kwartsiet ontstond vaak uit (sedimentair) kwartzand dat in eerste instantie werd samengeperst tot zandsteen. In zandsteen kunnen we de afzonderlijke zandkorrels nog zien, in kwartsiet is dat niet of nauwelijks het geval. De oorspronkelijke korrels van de kwartsiet zijn namelijk gerekristalliseerd door druk van bovenliggende sedimenten of door hogere temperatuur t.g.v. de nabijheid van een heet magma. Dit soort kwartsiet wordt metakwartsiet genoemd.

Kwartsiet kan ook gevormd worden door afzetting van kiezel tussen de korrels t.g.v. de infiltratie van kiezelzuur (opgelost siliciumdioxide (SiO_2) in water). De afzonderlijk korrels zijn door het neergeslagen kiezel samengebonden. Een dergelijk kwartsiet wordt orthokwartsiet genoemd.

Beide soorten kwartsiet hebben een sedimentaire oorsprong, nl. sterk kwarts houdende zandstenen (kwartsarenieten). Het is zeer moeilijk met het blote oog meta- van orthokwartsiet te onderscheiden, en hier wordt verder geen onderscheid gemaakt.

Er bestaat nog een derde type kwartsiet, namelijk kwarts afgezet uit kiezelzuur, dat door scheuren in een gesteente circuleerde (zie de witte gekleurde aders in enkele van de hier afgebeelde zandstenen). Deze soort kwartsiet heeft strikt genomen geen sedimentaire oorsprong, en wordt ook wel gangkwarts genoemd. Grind en stenen enkel bestaande uit gangkwarts komen in onze regio zeer veel voor, en worden hieronder behandeld.

Kwartsiet met afmetingen 14x12x12cm. Deze steen bestaat voornamelijk uit gerekristalliseerde kwartskorrels, die een sedimentaire oorsprong hebben. In de doorsnede (hier niet afgebeeld) is te zien, dat de donkere (niet-kwarts) mineralen enigszins geplet zijn, wat op rekristallisatie onder hoge druk wijst. De herkomst van deze kei is niet te bepalen.



Kwartsiet kan allerlei kleuren hebben, afhankelijk van de opname van andere elementen in het kwarts kristalrooster en de aanwezigheid van andere

substanties dan kwarts. De herkomst van kwartsiet zwerfstenen is slechts in enkele gevallen vast te stellen aan de kenmerken van de betreffende steen.

Deze kwartsiet (10x7x2cm) heeft de kenmerken van een Revinienkwartsiet: grijs- tot blauwzwarte kleur, witte kwartsaders en vierkante holtes aan de buitenkant, waarin kubische pyriet-mineralen hebben gezeten. Revinienkwartsiet wordt algemeen beschouwd als een Maas gidsgesteente. Ontsluitingen van Revinienkwartsiet komen voor langs de Maas op de grens van Frankrijk met België. De Revinienkwartsiet stamt uit de Cambrium periode en is ca. 500 miljoen jaar oud. Een verklaring voor het voorkomen van deze kwartsieten in het Winterswijkse is, dat ooit de Maas in de buurt van Keulen in de Rijn uitmondde en dat de Rijn deze stenen naar onze regio heeft meegevoerd.





Kwartsiet met afmetingen 12x7x2cm. Dit type dooraderde en scherphoekige kwartsiet komt als zwerfsteen veel voor in onze regio. Na versterking werd het gesteente intensief geplooid en brak het gesteente. De scheuren werden opgevuld met witte kwarts, dat uit een oplossing van kiezelzuur kristalliseerde. De kwarts in de aders wordt ook wel gangkwarts genoemd. Het gesteente laat drie richtingen (generaties) van scheuren zien, geassocieerd met meerdere gebergtevormingen. De ouderdom kan daarom geschat worden op minimaal Carboon periode (minstens 300 miljoen oud). De oorspronkelijk zandsteen, waaruit de kwartsiet is ontstaan, is nog ouder. De herkomst van het gesteente ligt vermoedelijk in de oude middelgebergtes van Duitsland of de Ardennen.

Gangkwarts (afzettingsgesteente)

Gangkwarts komt in Winterswijk zeer veel voor met name in de grindfractie van de kwartaire afzettingen, maar ook wel als grotere keien. Gangkwarts is doorgaans tijdens gebergtevorming ontstaan. Het meeste gangkwarts in onze regio is afkomstig uit het Duitse middelgebergte en heeft minstens een Carboon ouderdom (ouder dan 300 miljoen jaar). Gangkwarts is ontstaan door het neerslaan van de mineralen kwarts en chalcedoon uit kiezelzuur, dat holtes, spleten en scheuren in een gesteente infiltreerde.

Feitelijk is de halfedelsteen chalcedoon geen mineraal, maar een zeer fijne kristallijne versie van het mineraal kwarts. Noch met het blote oog, noch met een loep kunnen we kristallen in chalcedoon waarnemen. Kwarts kristallen groeien vaak op de wanden van holtes en spleten van buiten naar binnen, chalcedoon daarentegen wordt in amorfe lagen langs de wanden afgezet.

Gangkwarts is licht van kleur, variërend van wit, grijs tot bruin, afhankelijk van de aanwezigheid van sporenelementen in de kristalroosters van kwarts. Gangkwarts is zeer resistent, en komt daarom als restproduct na erosie relatief veel voor in riviergrind. Ook in het Winterswijkse kunnen we op akkers en in greppels veel witte steentjes vinden, afkomstig van kwartsaders in gesteente. Van gangkwarts als zwerfgesteente kan het gebied van herkomst niet nauwkeurig worden bepaald. Mooi afgeronde steentjes zijn vermoedelijk lang blootgesteld geweest aan een omgeving waar stenen lange tijd tegen elkaar rolden en botsten, zoals in een stenige rivierbedding of op een kiezelstrand.

De foto rechts laat kwartsgrind zien, voornamelijk bestaande uit gangkwarts, van enkele mm's tot cm's grootte, zoals geraapt op een diepte van 0,8m onder het maaiveld in een sleuf van circa één vierkante meter omvang. De bodem van de kuil bestaat uit tertiaire klei. De hoeveelheid kwartsgrind vormt bijna de helft van de totale hoeveelheid stenen op deze plek. De andere stenen (hier niet afgebeeld) bestaan voornamelijk uit zandsteen en kwartsiet. Een dergelijke verhouding wijst erop, dat het grind door een oude rivier uit het oosten of zuiden is meegevoerd.



De foto laat een stuk gangkwarts zien met afmetingen 10x7x5cm. De vlekkerige bruine kleur is vermoedelijk afkomstig van ijzeroxides. Gezien de grootte van de kei en ingesloten stukjes ander gesteente (hier niet zichtbaar), is dit handstuk afkomstig uit verkiezelde scheur, waarbij de gesteentewanden t.o.v. elkaar bewogen.



Graniet (stollingsgesteente, diep)

Zwerfstenen bestaande uit graniet komen in onze regio veel voor. Graniet is ontstaan als gestold magma tot kilometers diep onder het aardoppervlak.

Aangezien magma diep onder het aardoppervlak slechts langzaam afkoelt, is er veel tijd voor de mineralen om uit te kristalliseren. De eerst uitgekristalliseerde mineralen (de zgn. eerstelingen) hebben de ruimte om volgens hun eigen kristalvorm te groeien, later uitgekristalliseerde mineralen hebben die ruimte niet meer en vertonen geen kristalvorm, die eigen aan het mineraal is. De eerstelingen zijn groter dan de later uitgekristalliseerde mineralen. In het algemeen, bezit een graniet door de langzame stolling relatief grote mineralen (mm's tot cm's). Fijnkorrelige granieten (micro-granieten) zijn ontstaan uit sneller afgekoeld magma. Deze micro-granieten namen kleinere ruimtes in, zoals bijvoorbeeld in spleten dicht onder het aardoppervlak (ganggesteente).

Door zeer langdurige erosie komen de granieten tenslotte aan de oppervlakte en worden dan afgebroken en als sediment elders achtergelaten. Grote delen van Noorwegen, Zweden en Finland bestaan nu uit graniet, dat na opheffing van Scandinavië is bloot komen te liggen door langdurige erosie van de erboven liggende lagen.

Tijdens de laatste ijstijd was Scandinavië bedekt door een enkele duizenden meters dikke laag landijs. Het gigantische gewicht van het landijs drukte de aardkorst naar beneden. Het stroperige aardmantel materiaal gelegen onder de aardkorst stroomde naar zones rondom Scandinavië, waardoor de Scandinavische aardkorst daalde en de randzones omhoog kwamen. Bij het smelten van het landijs gebeurde het omgekeerde (dit proces wordt isostasie genoemd), Scandinavië kwam omhoog, zoals nu nog het geval is. Gedurende de Kwartair periode heeft dit proces meerdere keren plaats gevonden en voor een versnelde erosie van de Scandinavische bodem gezorgd. De ooit kilometers diep gelegen stollings- en metamorfe gesteentes zijn tot ca. 2 miljard jaren oud en waren door langdurige erosie al voor de Kwartair periode aan de oppervlakte komen te liggen.

Bijna alle grote granietkeien in het Winterswijkse zijn door landijs meegevoerd vanuit Scandinavië. Granieten bestaan voornamelijk uit de licht gekleurde kristallen van de mineralen kwarts, kaliveldspaat en plagioklaas, die met het blote oog te zien, maar moeilijk van elkaar te onderscheiden zijn. Er kunnen ook enige procenten donkere mineralen voorkomen, met name biotiet. Dit kan een granietsteen een gespikkeld uiterlijk geven. Door de aanwezigheid van veldspaten (kaliveldspaat en plagioklaas) verweert een graniet sneller dan een uit kwarts bestaande zandsteen. De verweerde en deels verdwenen veldspaten laten putten achter in het oppervlak van de steen, waardoor een ruwe buitenzijde ontstaat.

Verwerking van een granietkei leidt uiteindelijk tot het uiteenvallen in resistente kwartskorrels en klei als verweringsproduct van de veldspaten. Bovendien blijft er een kleine fractie van resistente donkere en relatief zware mineralen over, zoals toermalijn, zirkoon en granaat. Het verweerde materiaal wordt door water en wind meegevoerd en elders als sediment achtergelaten. Veel van de in Nederland aangetroffen zand- en kleisedimenten hebben verweerd graniet als oorsprong.

Zwerfsteen van roze graniet met afmetingen 10x6x3cm. De roze kaliveldspaat eerstelingen zijn tot 1cm groot. De geschatte mineralenfracties in deze graniet zijn 40% kwarts, 40% kaliveldspaat, 10% plagioklaas en 10% biotiet. Deze steen is vermoedelijk afkomstig uit Zweden of Finland, hoewel de Franse Vogezen of een Duits middelgebergte als herkomstgebied niet uit te sluiten is.



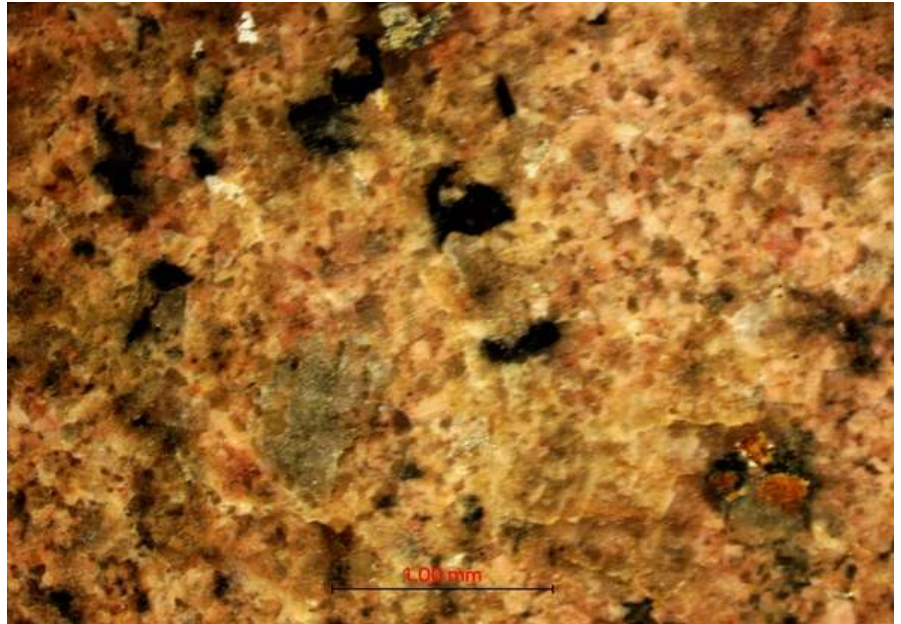
De gemêleerd

kleurrijke granieten danken hun kleuren aan de veldspaten; kaliveldspaat is vaak roze, terwijl plagioklaas dikwijls een licht groene kleur heeft. Kwarts in graniet kan zowel helder zijn, als ook grijs, roze en blauw. De kleuren zijn vooral te zien op een verse en natte of gepolijste doorsnede van een graniet. Op een verse doorsnede wordt meestal een mozaïekstructuur zichtbaar, zoals we kennen van terrazzotegels of keukenaanrechtbladen. De verweerde buitenkant heeft vaak, al dan niet donker gespikkeld, een lichtgrijze kleur. De meerderheid van de granietkeien is afkomstig uit Zweden en Finland, maar een deel van de hier gevonden keien is afkomstig uit de Vogezen en Duitsland. Alleen wanneer de steen bijzondere kenmerken bezit, zoals de aanwezigheid van zeldzame mineralen of kenmerkende mineraalvormen, kan een goed afgebakend gebied van herkomst worden bepaald.

Zwerfsteen van roze graniet met afmetingen 10x8x5cm. Het verweringsoppervlak ziet er pokdalig uit door de holtes ontstaan na het oplossen van veldspaatmineralen. De samenstelling van deze graniet wijkt niet veel af van de eerder getoonde, maar de steen heeft toch een ander uiterlijk.



Sterke vergroting (de dunne zwarte lijn is 1mm lang) van een gepolijste zaagsnede door de steen onderaan de vorige pagina. De doorsnede lijkt op sommige keukenaanrechtbladen gemaakt van graniet. We zien ook dat de kleuren verschillen van die van het verweringsoppervlak.

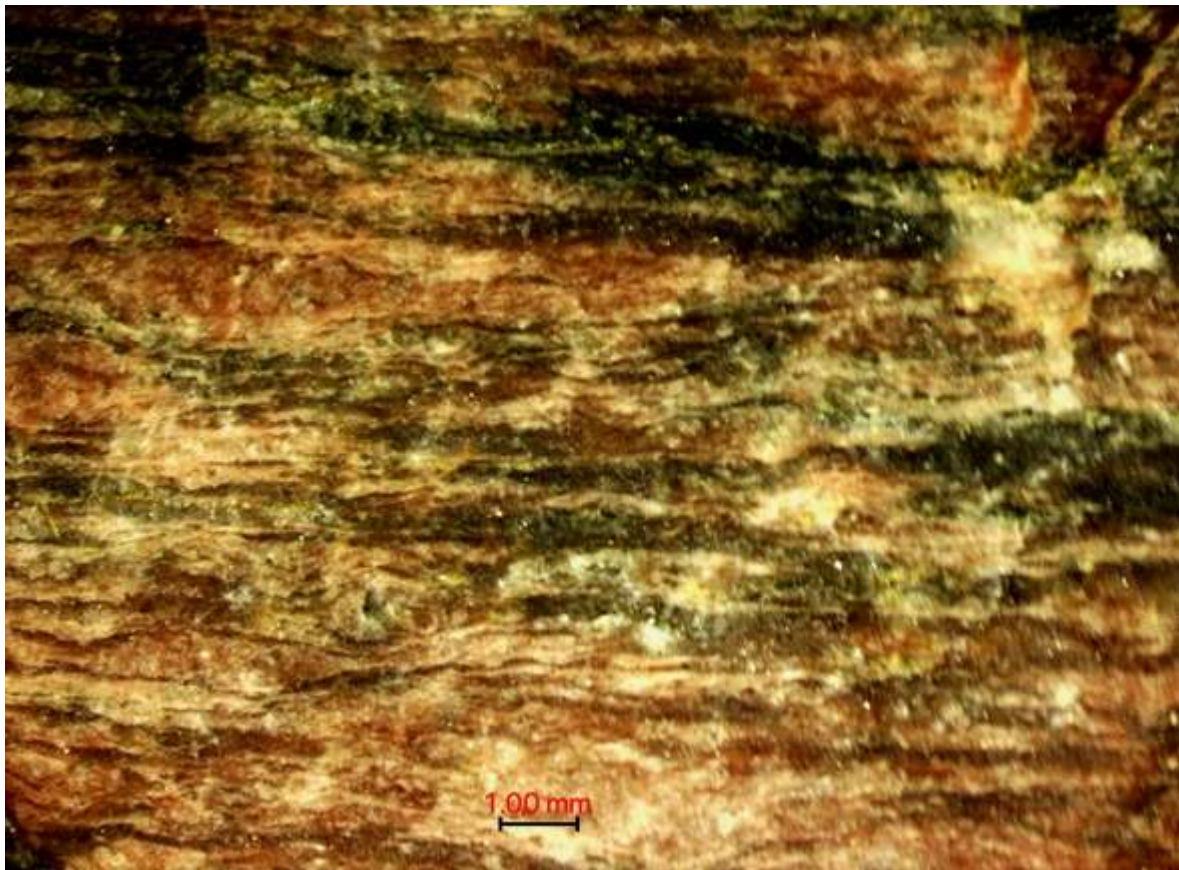


Deze twee foto's zijn van hetzelfde granietkeitje met afmetingen 7x4x3cm. De linker foto laat de sterk verweerde buitenkant zien, waardoor de steen een lichtgrijze kleur heeft gekregen. De zaagsnede op de rechter foto laat een roodroze gekleurde binnenkant zien, waarin twee verweringszones liggen; de grijze buitenrand, en daarbinnen een donkere zone veroorzaakt door infiltratie van water, waardoor reacties met de aanwezige mineralen op gang zijn gebracht. De mozaïek-achtige kern lijkt onaangetaast, maar ook in de kern zijn al reacties gestart die de minder stabiele mineralen aantasten. We zien hier een verweringsproces, dat aan alle zijden van buitenaf plaats vond. Stenen in onverstoorde keileem zijn meestal afgesloten van atmosferische invloeden. Bij deze steen lijkt het dat alle zijden zijn blootgesteld geweest aan de atmosfeer. Mocht de steen zijn meegevoerd met landijs en afgesloten hebben gelegen in keileem, dan is de steen ofwel voordien erg verweerd geweest ofwel eeuwen geleden komen bloot te liggen t.g.v. ploegen of uitspoeling.

Gneis (omzettingsgesteente)

Zwerfstenen van gneis komen in onze regio minder vaak voor dan zwerfstenen van zandsteen, kwartsiet of graniet, maar ze zijn geen zeldzaamheid. De meeste hier voorkomende zwerfstenen van gneis zijn door het landijs aangevoerd uit Scandinavië en kunnen daarom grote afmetingen hebben. Gneis is een omzettingsgesteente, dat onder hoge druk en temperatuur (hoger dan 600°C), middels rekristallisatie is gevormd uit graniet of veldspaaathoudende zandsteen (arkose). Één en ander heeft diep in de aardkorst plaatsgevonden.

Gneis heeft met het blote oog zichtbare kristallen van de mineralen kwarts, veldspaat (lichte kleuren), biotiet en amfibool (donkere kleuren). In graniet liggen de kristallen in een willekeurige richting, terwijl ze in gneis een voorkeursrichting hebben, loodrecht op de uitgeoefende druk. Met name door de voorkeursrichting van de kristallen kan gneis van graniet worden onderscheiden. Mineralogisch en chemisch zijn gneis, graniet en arkosische zandsteen echter min of meer hetzelfde, het onderscheid wordt gemaakt op basis van de gesteentetextuur.



Vergroting van een vuistgrote gneis gevonden in keileem nabij de Muschelkalk groeve. De zwarte balk is 1mm lang. De mineralen van de oorspronkelijke graniet zijn volledig gerekristalliseerd loodrecht op de toenmalige drukrichting (verticaal). De kleuren zijn zoals gevonden, dus zonder doorzagen en polijsten, slechts na afborstelen van de gneis in water. Zwerfstenen aangetroffen in keileem zijn meestal minder verweerd dan stenen gevonden op akkers.



Een gneis steen van 50x40x30cm afmetingen. Op de kopse kant is de kristalgerichtheid goed zichtbaar. Tussen de twee witte pijlen loopt een 1 tot 3cm brede oude scheur opgevuld met grotere kristallen. De scheur werd opgevuld door hete magma, die langzaam afkoelde in het omringende nog hete gneis gesteente. De kwarts en veldspaat kristallen in de scheur kregen hierdoor de tijd om te groeien. Een dergelijk (gang)gesteente wordt pegmatiet genoemd.



Detail van de kopse kant van de in de bovenste foto getoonde gneis. Zowel de lichte als donker gekleurde mineraalkristallen tonen een gerichtheid, die loodrecht op de oorspronkelijke druk richting staat. De pegmatietgang (tussen de witte pijlen) loopt er diagonaal doorheen. De mineralen in de gang zijn niet gericht. Het deel van de steen afgebeeld op de foto is ca. 40cm. breed.

Rhyoliet (stollingsgesteente, uitvloeiing)

Zwerfstenen bestaande uit rhyoliet komen in onze regio regelmatig voor. Rhyoliet is w.b. mineraalsamenstelling grotendeels hetzelfde als graniet, voornamelijk bestaand uit kwarts, kaliveldspaat en plagioklaas. De ontstaanswijze is anders. Graniet kristalliseert op grote diepte uit een heet magma, rhyoliet ontstaat uit de kristallisatie van het magma in de vulkaanpijp en bij het uitstromen van het magma aan de oppervlakte (dan lava genoemd). In de vulkaanpijp kristalliseert het magma nog langzaam en kunnen er met name relatief grote veldspaat- en kwarts kristallen als eerstelingen groeien, maar eenmaal aan de oppervlakte vindt er snelle afkoeling plaats, en blijven de kristallen klein. Het gevolg is dat in een rhyoliet gesteente (meestal kwarts) eersteling-kristallen omgeven worden door zeer fijnkorrelig, soms glasachtig, materiaal. De lava van een rhyoliet is een stroperige vloeistof, die langzaam stroomt. T.g.v. drukverlaging tijdens het opstijgen in de kraterpijp komen erupties van ontsnappende gassen voor, die gesmolten en reeds gestold materiaal kilometers hoog de lucht inwerpen. Heel anders dan de snelstromende, kwartsarme basaltstromen uit een ander type vulkaan.

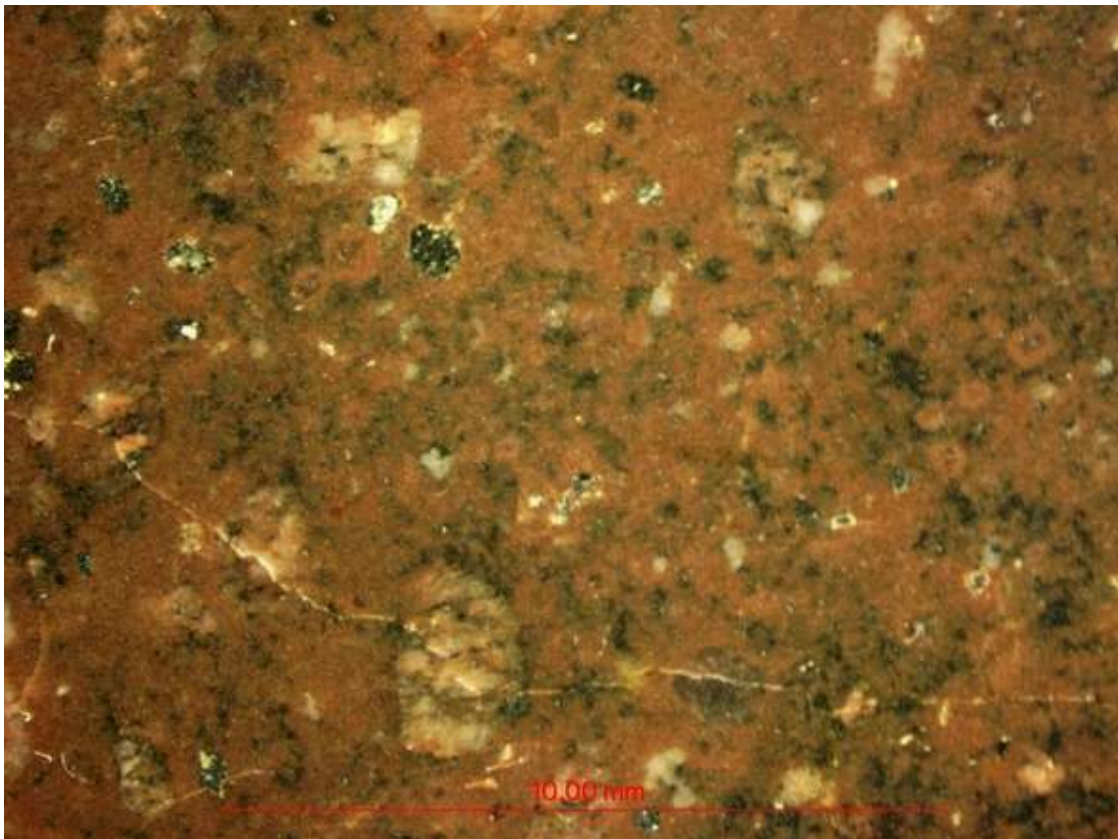
De herkomst van rhyoliet (ook wel porfiergesteente genoemd) kan zowel Scandinavië en Duitsland zijn. Veel kleine rhyolietstenen zijn al voor de Saalien ijstijd via rivieren uit het oosten naar onze streek meegevoerd.

Kei bestaande uit rhyoliet (kwartsporfier) met afmetingen 5x4x2cm. De donkere "ogen" in het gesteente zijn eerstelingen van kwarts, die al in de vulkaanpijp uit de afkoelende magma kristalliseerde. In deze steen zijn de eerstelingen tot 5mm groot. De roze kleur van de fijnkorrelige grondmassa (gestolde lava) kan zijn veroorzaakt door de mineralen kaliveldspaat of hematiet. Het herkomstgebied van deze steen is onbekend, maar zou na nauwkeurige bestudering van de mineralogische en chemische samenstelling wellicht vastgesteld kunnen worden.





Een steen van rhyoliet met afmetingen 8x3x3cm. De millimeters grote "spikkels" in het gesteenteoppervlak zijn eerstelingen van kwarts en holtes, waaruit eerstelingen van veldspaten zijn geërodeerd. De eerstelingen worden, anders dan bij graniet, omgeven door een zeer fijnkorrelige grondmassa.



De sterke vergroting rechts toont de doorsnede van de steen hierboven. De rode balk is 1cm. lang. Grijs kwarts eerstelingen zijn omgeven door een zeer fijnkorrelige rood-paarse grondmassa. Er is een duidelijk verschil met de mozaïek structuur, zoals afgebeeld in de vergroting van de granietsteen.

Rhyoliet gesteente kan in de vorm van "ignimbriet" in onze regio worden aangetroffen. Ignimbriet gesteente komt voort uit een gloedwolk, bestaande uit lava, gassen, as en vaste gesteentefragmenten (xenolieten). De gloedwolk rijst eerst als een wolk boven de vulkaan uit om dan in te storten en als een lawine de vulkaanhelling af te stromen, daarbij snelheden bereikend van honderden kilometers per uur. Gloedwolken hebben een enorme verwoestende werking en kunnen oppervlakten van tientallen vierkante kilometers bedekken. Ignimbriet ontstaat na afkoeling van de gloedwolk. Zwerfstenen van ignimbriet, afkomstig uit Zuid-Zweden en het Duitse middelgebergte worden regelmatig in onze regio aangetroffen. De Zweedse ignimbrieten zijn ongeveer 1,6 miljard jaar oud. De Duitse ignimbrieten ontstonden in de Perm en Carboon periodes, ca. 300 miljoen jaar geleden, en komen in onze regio slechts als een enkele centimeters groot rolsteentje voor.

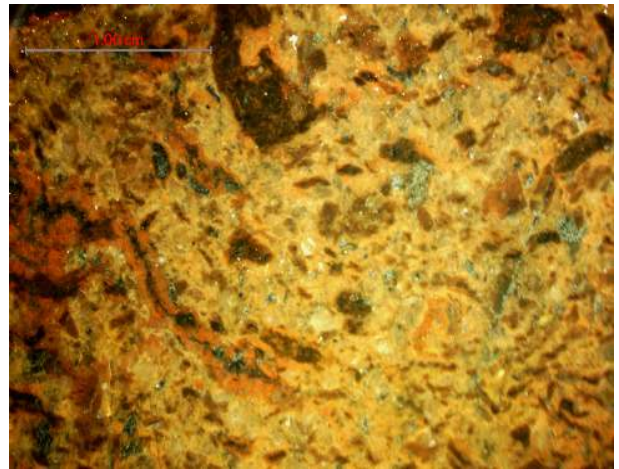


Foto van een ignimbritische zwerfkei van 28x14x12cm, aangetroffen in keileem nabij de Sibelco-groeve. De grote donkere fragmenten in de steen zijn zgn. "xenolieten", stukjes steen die niet tot de oorspronkelijke magma behoren, en door de gloedwolk werden meegesleurd. Met uitzondering van de xenolieten, is de mineralogische samenstelling van deze zwerfkei rhyolietisch. De kei, gevonden door Fred Bos, werd door gletsjerijs meegevoerd uit Zuid-Zweden

Een vergroting van een zaagsnede van de afgebeelde steen links. De grotere donkere en oranje gekleurde delen zijn xenolieten. Voorts zijn er kleine licht en grijs gekleurde "eerstelingen" te zien. Dit zijn mineralen, hier vnl. kwarts en veldspaat, die in de magma uitkristalliseerde toen de magma zich nog in de kraterpijp bevond en vloeibaar was. De eerstelingen en xenolieten liggen in een zeer fijnkorrelige tot glasachtige lichtbruine grondmassa, die ontstond door de zeer snelle afkoeling van de gloedwolk. De grijze balk is één cm. lang.

Basalt en andesiet

Tekst en foto's volgen nog.

lydiet (afzettingsgesteente)

Stenen van lydiet komen in onze regio regelmatig voor. Lydiet is een kiezelsteen herkenbaar aan de egaal zwarte kleur, dikwijls met een web van witte kwartsaders. Lydiet is keihard, heeft een zachte glans, voelt glad aan en heeft vaak een blokvorm. Lydiet is ontstaan uit slib op de bodems van diepe zeeën. Het slib bestaat uit bezonken kiezelhoudende skeletjes van microscopisch kleine gestorven zeediertjes (radiolaria). Onder de hoge druk van de toenemende sedimentlast veranderden het slib uiteindelijk in een zeer hard gesteente. De intens zwarte kleur wordt vermoedelijk veroorzaakt door de aanwezigheid van een geringe hoeveelheid kleimineralen. Echter lydiet bestaat voornamelijk uit microkristallijne kwarts (chalcedoon en opaal). De hier gevonden lydiet heeft minstens een Carboon ouderdom (minstens 325 miljoen jaar oud). Het is ooit gevormd in een oceaan, onder meer gelegen op de plek van de huidige Ardennen en enkele Duitse middelgebergtes. In de loop van het Carboon verdween de oceaan t.g.v. het tegen elkaar botsen van aardplaten, waardoor de zgn. Varistische bergen werden gevormd. In periodes na het Carboon werd het gebied opgeheven en geërodeerd, waardoor zeer oude aardlagen, waaronder de oude oceaانبodem, aan de oppervlakte kwamen.

De aanwezigheid van lydiet in onze regio vormt bewijs voor riviertransport uit het zuiden of oosten, hoewel landijs en smeltwater daarna een rol kunnen hebben gespeeld m.b.t. de uiteindelijk vindplaats van een lydietsteen.



Steen van lydiet met afmetingen 7x3x2cm. De steen is zo fijnkorrelig, dat zelfs met een loep er geen korrelstructuur waarneembaar is. De ronde uitsparingen zijn afdrukken van schelpen, die eerst werden bedekt door het diepezeeslib, en vervolgens oplossen.



De foto hierboven is van een kleine lydietsteen met afmetingen 4x3x3cm. Deze steen heeft de voor lydiet zo kenmerkende blokvorm en witte kwartsaders.

Radiolariet/kiezelgesteente (afzettingsgesteente)

Radiolarieten komen in het Winterswijkse regelmatig voor. Deze stenen worden ook wel kiezellei of kiezelsteen genoemd, en zijn in onze contreien vaak niet meer dan enige centimeters groot. De steentjes worden dikwijls gekenmerkt door een fijne gelaagdheid en een enigszins rechthoekige vorm. De kleuren variëren van grijszwart, grijs, bruin tot rood. De donkere varianten lijken sterk op lydiet, in feite is lydiet een speciaal soort radiolariet. Radiolarieten onderscheiden zich van lydiet door een fijne gelaagdheid en de afwezigheid van witte kwartsaders. De radiolaria kunnen we soms nog net met het blote oog waarnemen als kleine witte stipjes in het gesteente, maar een goede loep is eigenlijk een vereiste om zeker te stellen dat het radiolaria betreft. Dit zijn zeer kleine zeediertjes, waarvan de ronde skeletjes bestaan uit silica. De skeletjes hadden ook uitsteeksels, maar die zijn doorgaans afgebroken en verdwenen. Gelijk aan lydieten, werden radiolarieten ook op de bodem van een diepe zee gevormd. Na opheffing van de zeebodem t.g.v. gebergtevorming en daaropvolgende erosie zijn de radiolarietsteentjes uiteindelijk door rivieren vanuit het oosten en zuiden meegevoerd. Hier gevonden radiolariet werd gevormd in het paleozoïcum of mesozoïcum.



Steentjes van radiolariet, die in korte tijd zijn verzameld in een kleine en ondiepe sleuf in Woold. De enkele centimeters grote steentjes lagen tussen een decimeter dikke zandlaag en tertiaire klei. Vermoedelijk betreft het hier steentjes die door oostelijk rivieren zijn meegevoerd, mogelijk nog zijn verplaatst door ijs en smeltwater en uiteindelijk in een diepe plek zijn bezonken. Op deze locatie werden veel gangkwartsen, zandstenen en kwartsieten aangetroffen, maar geen stenen van éénduidige noordelijke en Scandinavische herkomst.

Vuursteen (afzettingsgesteente)

Vuursteen komt tamelijk veel voor in onze regio. De kleuren kunnen variëren van bijna zwart, grijs, okergeel tot bruin en soms glanzend rood. Vuursteen bestaat uit de chalcedoon variant van het mineraal kwarts, en is zeer hard. De prehistorische mens gebruikte het om werktuigen en wapens van te maken. Zuid-Limburg was één van de belangrijke winplaatsen in West-Europa. Hier kunnen we nog veel oude vuursteengroeves aantreffen. Omdat vuursteen veel harder is dan de omringende kalklagen vinden we vuursteen nog terug waar de kalksteenlagen reeds zijn geërodeerd, zoals bijvoorbeeld in het zgn. vuursteeneluvium van Zuid-Limburg. Maar ook de vuursteen zwerfstenen in onze regio zijn vast en zeker verzameld door de prehistorische mens om er werktuigen en wapens van te maken.

De ontstaanswijze van vuursteen is nog steeds onderwerp van veel veronderstellingen. De gangbare hypothese is dat vuursteen ontstond in poreuze kalksteen, die laagjes van minuscule kiezelskeletjes omsloot. De skeletjes losten op en de opgeloste silica (of kiezel) sloeg weer neer in de vorm van vuursteen. Vuursteen ontstond in zeesedimenten gedurende een lange geologische geschiedenis tot in de Tertiair periode. De vuursteen in Zuid-Limburg stamt uit het Laat-Krijt tijdvak. De verschillende kleuren van vuursteen worden veroorzaakt door de aanwezigheid van kleine hoeveelheden metaaloxiden en -sulfiden, maar kunnen aan de buitenzijde ook ontstaan zijn door verwerking.

Om vuursteen heeft zich vaak een grijswitte korst gevormd, waardoor het niet altijd duidelijk is dat de betreffende steen een vuursteen is. Door z'n hardheid en de afwezigheid van splijtvlakken, heeft vuursteen een kenmerkend schelpvormig breukvlak. Vuursteen kan uit alle windstreken naar onze regio zijn aangevoerd, zo heeft het landijs o.a. vuursteen uit Denemarken meegevoerd, terwijl het Maas-Rijn rivierenstelsel vuursteen uit Zuid-Limburg, België en Noord-Frankrijk heeft meegevoerd. De ouderdom van vuursteen kan doorgaans worden bepaald aan de hand van de ingesloten fossielen.

De foto toont een enkele centimeters grote vuursteen, geraapt op de Kulverheide met de schelpvormig breukvlakken en scherpe randen, waaraan de meeste mensen vuursteen zullen herkennen. Het is makkelijk voor te stellen, dat de prehistorische mens vuurstenen gebruikte als schraap- en snijgereedschap.



Foto van een bruine vuursteen met afmetingen 7x5x4cm. De steen is rijk aan fossielen. Vuursteen heeft geen kristalvorm en slijtvlakken, en kan allerlei grillige vormen aannemen, zowel afgerond als met scherpe hoeken. In het Winterswijkse komen de ronde vormen minder voor.



Microscopie vergroting met opvallend licht van een deel van de vuursteen afgebeeld hierboven. De rode balk is 1 mm. in lengte. We zien fragmenten van fossielen. In deze vuursteen zijn foraminiferen (ééncellige zeeorganismen), bryozoa (mosdiertjes) en fragmenten van crinoïden (zeelelies) aangetroffen. De ouderdom van deze vuursteen is vermoedelijk Krijt periode, maar alleen door een expert met zekerheid vast te stellen.

Kalksteen (afzettingsgesteente)

Eigenlijk zouden kalkstenen hier niet genoemd hoeven te worden, omdat dit type zwerfstenen zelden in het Winterswijkse wordt aangetroffen. De oude rivieren, komende uit het zuiden en oosten, vervoerden stroomopwaarts van onze regio kalkstenen, maar de afstand tot Winterswijk was te ver. De kalkstenen vielen uit elkaar en losten op voordat Winterswijk werd bereikt. De weinige exemplaren, die Winterswijk toch bereikten, overleefden de blootstelling aan de buitenlucht niet. Het heeft daarom geen zin op akkers naar kalkstenen te zoeken.

Vanwege de mogelijkheid interessante fossielen in kalkstenen aan te treffen, krijgen deze zwerfstenen hier toch een plaats. De weinige hier gevonden kalkstenen werden aangetroffen in onverstoorde keileem, die voor een goede afsluiting van de buitenlucht zorgde. Door uitspoeling en erosie voldoen weinig keileemlagen in onze regio nog aan deze voorwaarden. Zwerfsteenvondsten van kalksteen zijn gemeld bij het afgraven van de keileemlagen bovenin de groeves van Sibelco en De Vlijt. Deze zogenaamde orthocerenkalk (gevormd in het huidige Zuidwest-Zweden en het Oostzeegebied tijdens de Siluur en Ordovicium periodes, 420 - 485 miljoen jaar geleden) kan decimeters grote fossielen bevatten van voorouders van de huidige inktvis. Fossilrijke kalkstenen, gevormd in het huidige Noord-Denemarken tijdens het Laat-Krijt tijdvak (70 miljoen jaar geleden), kunnen ook sporadisch in de keileem aangetroffen worden. Bij eventuele toekomstige afgravingen van keileem worden mogelijk meer interessante kalkstenen in het Winterswijkse aangetroffen.

Het is wel mogelijk kalkhoudende zwerf- en rolstenen, die afkomstig zijn uit onze regio, aan te treffen in keileem of beken. Er is dan sprake van stenen van [Muschelkalk](#) uit de Trias periode of [Plänerkalk](#) uit de Krijt periode, die door gletsjerijs, smelt- of beekwater werden losgewerkt en over geringe afstand verplaatst. Behalve bij Winterswijk komt Plänerkalk als vast gesteente voor in het Twentse grensgebied met Duitsland.

Sommige zwerfstenen hebben aan de buitenzijde een dunne korst van kalk, maar bestaan voor de rest uit een ander materiaal. De kalk is afkomstig uit kalkrijke bodem, en sloeg, na oplossing in koolzuurhoudend regen- of grondwater, neer op de buitenzijde van de gevonden zwerfsteen. We hebben in dit geval dus niet met een echte kalksteen te maken. Voorts kunnen we zandstenen aantreffen, waarvan de kwartskorrels door kalkneerslag werden vast gekit. Er ontstond een soort van natuurlijk cement, maar ook deze stenen vallen niet onder de kalkstenen.

Voor een onervaren oog is een verweerde kalksteen moeilijk te onderscheiden van andere stenen. En zelfs bij doorslaan ziet een kalksteen er lang niet altijd wit uit. Hoe weten we nu of we met kalksteen te maken hebben? De aanwezigheid van fossielen is niet een voldoende aanduiding. Kalksteen bestaat meestal uit het mineraal calciëet (calciumcarbonaat, CaCO_3). De meest eenvoudige test is door een druppel verdunde zoutzuur oplossing (10%) op de steen aan te brengen. Wanneer de oplossing flink gaat bruisen, hebben we doorgaans met calciëtrijke kalksteen te maken. Hierbij moeten we wel opletten, dat het niet slechts een calciëtafzetting aan de buitenkant van de steen betreft.

Een interessante groep van zwerfstenen wordt gevormd door de verkieselde kalkstenen. Deze kalkstenen zijn lang geleden door circulerend kiezelzuur omgezet in kwarts en chalcedoon, die goed bestand zijn tegen verwerking. Het kiezelzuur is afkomstig van kiezelskeletjes van diepzee organismen. De verkieselde kalkstenen worden sporadisch in onze regio aangetroffen en zijn vaak rijk aan fragmenten van schelpen, zeelelies, zeeëgels, algen, foraminiferen, sponzen, koralen en andere soorten. Deze oude verkieselde stenen, waarin de fossielfragmenten vaak zijn omgezet in helder kwarts, kunnen afkomstig zijn uit de Belgische Ardennen (Carboon periode), Noord-Frankrijk (Jura periode) of het Duitse middelgebergte (Trias en Jura periodes).



De foto hierboven toont een zwerfsteen (6x4x3cm) bestaande uit verkieselde kalksteen, aangetroffen nabij de Sibelco-groeve. De steen zit vol met verkieselde fossielfragmenten.



Hierboven een afgeronde verkieselde ooïeden-kalksteen van 3,5x3,5x2cm grootte, aangetroffen nabij de Sibelco-groeve. De steen bestaat vnl. uit verkieselde ooïeden. Ooïeden zijn concentrische opgebouwde kalkbolletjes van 1 à 2mm. grootte. Ooïeden worden gevormd in ondiep warm zeewater met veel golfbewegingen. Dit steentje is mogelijk afkomstig van de noordrand van het Bekken van Parijs of de Ardennen-hoogvlakte, beide behorende tot het stroomgebied van de Maas.

Plaatseigen gesteenten

Aan de oppervlakte in Nederland worden slechts op enkele plaatsen gesteentes aangetroffen, die ter plaatste zijn gevormd, de zgn. plaatseigen of in-situ gesteentes. Bijna alle stenen die we oprapen zijn afkomstig van andere plaatsen dan waar ze nu liggen. Of het nu grindsteentjes, de hunebed keien, of stenen op akkers of de hei betreffen, meestal zijn ze afkomstig uit de ons omringende landen. Samen met Zuid-Limburg en Oost-Twente vormt Winterswijk een uitzondering in Nederland, omdat hier ook prekwartaire plaatseigen gesteentes aan de oppervlakte worden aangetroffen. De Nederlandse, en ook Winterswijkse, plaatseigen gesteentes zijn als afzettingsgesteente gevormd, nl. zandsteen, kleisteen en kalksteen. Ter plaatse gevormde stollings- en omzettingsgesteentes komen hier te lande alleen op grote diepte voor.

Een deel van de Nederlandse plaatseigen gesteentes is veranderd in een gesteente met andere mineralogie en textuur. Deze veranderingen worden veroorzaakt door blootstelling aan temperatuurschommelingen, regen en wind (verwering) en door een kleine druk- en temperatuurverhoging t.g.v. het bedekt worden onder jongere sedimenten (diagenese). Verweerde en diagenetisch veranderde stenen worden in de geologie niet tot de metamorfe- of omzettingsgesteentes gerekend. In het Winterswijkse zijn de plaatseigen stenen in de natuurlijke ontsluitingen aanzienlijk verweerd t.g.v. de lange blootstelling aan de elementen. Onder de zwerfstenen worden wel veel metamorfe, diagenetisch veranderde en verweerde stenen aangetroffen. Behalve verwering, hebben de veranderingsprocessen dan elders plaatsgevonden.

Iedereen weet wat er met het begrip gesteente wordt bedoeld. Een geoloog kan enthousiast worden wanneer er een nieuwe weg door bergen en heuvels wordt aangelegd, omdat er dan vaak doorsnedes van versteende aardlagen zichtbaar worden. Maar even goed kunnen er bij het graven door zandduinen of klei prachtige bodemprofielen zichtbaar worden, die geologen even enthousiast kunnen maken. Van de "zachte gesteentes" hebben we er voldoende in het Winterswijkse: De diverse tertiaire klei- en zandafzettingen, de kwartaire dekzanden, riviergrind en keileem, en zelfs de mesozoïsche afzettingen zijn niet altijd versteend. In de volgende beschrijvingen van vondsten ligt de nadruk echter op de versteende plaatseigen gesteentes.

Bontzandsteen (Vroeg-Trias)

De **bontzandsteen** is het oudste gesteente, dat bij Winterswijk dagzoomt. De Bontzandsteen kan, afhankelijk van de oude Trias topografie en post-Trias erosie, tot enkele honderden meters dik zijn. Bij Winterswijk ligt het bovenste deel van de Bontzandsteen, behorende tot de Röt formatie, aan het maaiveld. Omdat de bontzandsteen hier aan de oppervlakte onverhard is, is de benaming "steen" wellicht misleidend en valt de ontsluiting niet erg op. Het is met name de rode kleur van de akkers bij grenspaal 780, wanneer recent geploegd, die ons wijst op iets bijzonders. Zelfs bij boringen tot 2m onder het maaiveld is de aangetroffen bontzandsteen niet (meer) versteend. Het is opmerkelijk, dat miljoenen jaren minder oude, dichtbij ontsloten lagen in o.a. de Sibelco-groeve en Bemersbeek wel zijn verhard tot gesteente, terwijl de hier ontsloten bontzandsteen bijna op een plastische klei lijkt. Wellicht laat de afdekkende kwartaire bovenlaag van de bontzandsteen meer invloeden van buitenaf toe, zodat de verwering meters diep kan gaan.



Foto van een monster van bontzandsteen zoals aangetroffen op een diepte van 1,5 tot 2m beneden het maaiveld nabij grenspaal 780. De kleur van het monster is opvallend donkerrood, veroorzaakt door het ijzeroxide hematiet. Tevens is er kalk tussen de korrels aanwezig. Enkele plukjes grijsgroen fijn korrelig zand zijn in het monster aanwezig. Hoewel op afstand de bontzandsteen op klei lijkt, is hier sprake van een weinig verharde zandsteen.



Microscopfoto van het monster aan linkerzijde. De kwartskorrels zijn weinig afgerond en matig gesorteerd. In het monster zijn kwartskorrels van minder dan 0,1 tot 5mm grootte en kleine muscovietvlokken aangetroffen (niet zichtbaar op deze foto). Muscoviet is een doorzichtig bladmineraal, dat vroeger voor kachelraampjes werd gebruikt (mica). De samenstelling van het monster wijst op een rivierafzetting in een aride klimaat. De zwarte balk is 1mm lang.

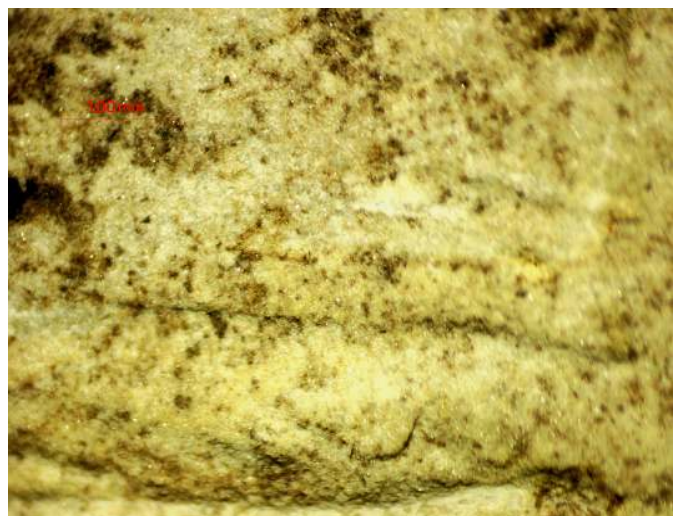
Muschelkalk (Midden-Trias)

De Muschelkalk is het gesteente, dat in de [Sibelco groeve](#) wordt gewonnen. De sedimenten, waaruit het gesteente werd gevormd, zijn bezonken en neergeslagen in de Trias periode, zo'n 245 miljoen jaar geleden. De Sibelco-groeve is de mooiste ontsluiting van mesozoïsche gesteentes in het Winterswijkse en zeker een bezoek waard. Voordat de Sibelco-groeve bestond, was al bekend dat mesozoïsche gesteenten dagzomen in het gebied van Winterswijk. O.a. de pionier van de Nederlandse geologie, W. Staring, schreef al in 1860 over kalkgesteente, dat in de [Willinkbeek](#) dagzoomt. Mogelijk heeft hij de locatie nooit bezocht, en had hij er alleen maar over gehoord, in ieder geval meende hij dat het gesteente in de Willinkbeek uit de Krijt periode stamde i.p.v. de Trias periode, zoals we nu weten.

De sedimenten van de Muschelkalk zijn ooit in een ondiepe en warme zee gevormd, wellicht zo ondiep dat de zee kon droogvallen door de getijdenwerking. Op een aantal niveau's in de tot 30m hoge ontsluiting van de Sibelco-groeve zijn namelijk pootafdrukken van sauriërs aangetroffen, maar ook afdrukken van kwallen en vissen, en golfribbels. Door de grote hoeveelheid aan gegevens over deze ontsluiting, neemt de Sibelco-groeve een unieke positie in de Nederlandse geologie in. Omdat vanaf 1932 de groeve zoveel betere mogelijkheden ter bestudering van de gesteentes biedt, bestaat nauwelijks wetenschappelijke documentatie over de Muschelkalk ontsluitingen in de Willinkbeek (mij is slechts één chemische analyse bekend, gepubliceerd in 1864, door professor in de chemie JM van Bemmelen). De onderstaande foto's en beschrijvingen zijn van monsters genomen uit de ontsluitingen in de Willinkbeek en Sibelco groeve.



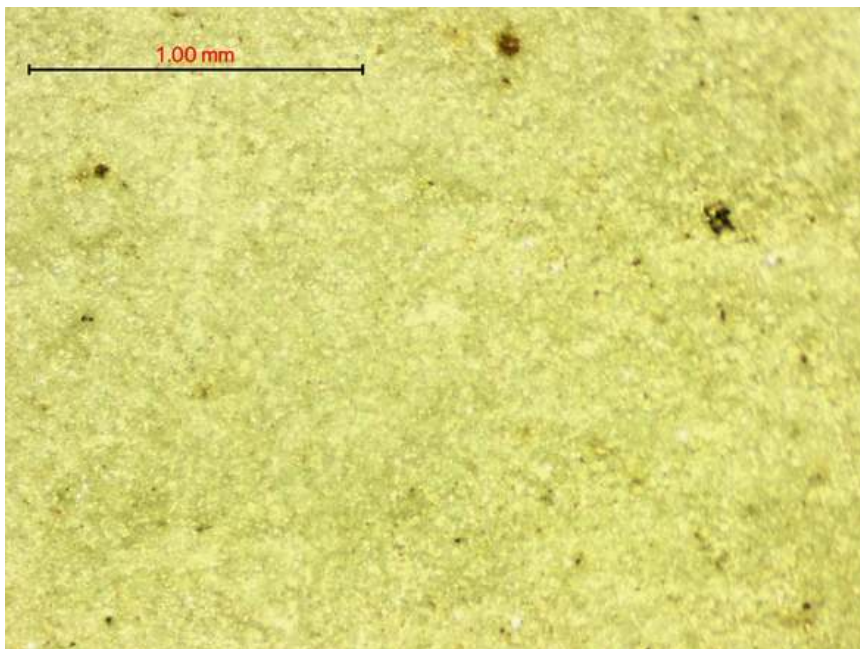
Foto van een plat handstuk met afmetingen 8x6x0,5cm afkomstig uit de Willinkbeek ontsluiting. Het oppervlak ziet er "suikerachtig" uit met ronde korreltjes van minder dan 0,1mm diameter. In dit handstuk zijn geen fossielfragmenten waargenomen. Op basis van macroscopisch uiterlijk kan men zich voorstellen, dat men enige tijd gedacht heeft dat de ontsluitingen in de Bemersbeek (zie Cenomanien kalksteen, hieronder beschreven) en die in de Willinkbeek dezelfde geologische geschiedenis hebben.



Microscopiefoto van een monster uit de Willinkbeek ontsluiting (rode schaal balk linksboven is 1 mm lang). De foto toont een zeer fijnkorrelige grondmassa van dolomitische (magnesium en calcium houdende) kalksteen. Dit is dezelfde soort steen als waaruit de Noord-Italiaanse bergketen "Dolomieten" bestaat. De vage langgerekte structuur op het midden van de foto is mogelijk een fossiel organisme (spons?).



Foto van plat handstuk (11x7x1cm) uit de bovenste Muschelkalk lagen in de Sibelco-groeve. Het handstuk is, macroscopisch gezien, niet erg verschillend van het handstuk uit de Willinkbeek. De afstand tussen Groeve en Willinkbeek is dermate klein, dat tussen de twee locaties weinig laterale variatie te verwachten is. In de groeve is een Muschelkalkprofiel van ruim 30m ontsloten, waarlangs men verschillende lagen heeft kunnen definiëren.



Detail opname van een monster in de bovenste laag van de Muschelkalk in de Sibelco-groeve. De grondmassa is zeer fijnkorrelig en lijkt op suiker. Dit is een kenmerk van een dolomitische (= magnesium rijke) kalksteen. Het monster is fossielarm. In andere lagen van de Muschelkalk worden wel met regelmaat fossielen aangetroffen. De Muschelkalk heeft een andere microscopische textuur dan de Cenomanien kalksteen uit de Bemersbeek (zie hieronder).

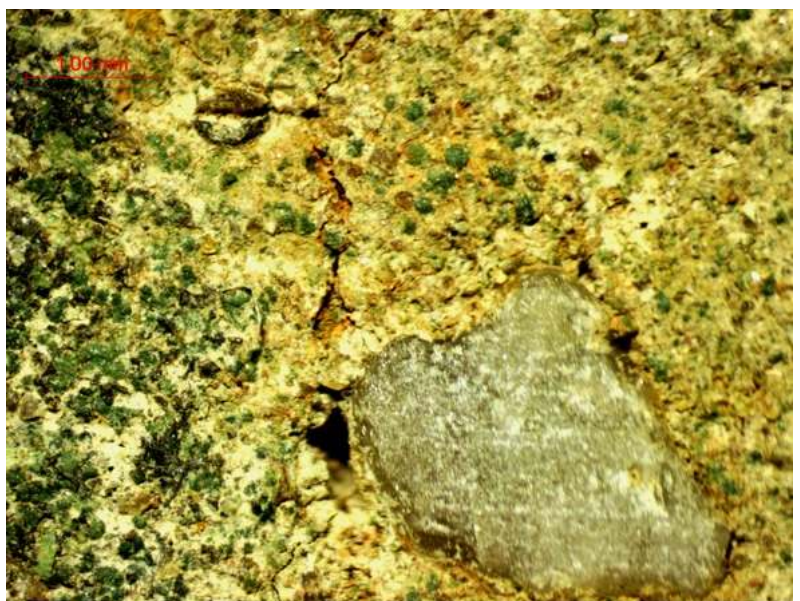
Albien/Aptien zandsteen (Vroeg-Krijt)

Zand- en kleistenen uit de Vroeg-Krijt Aptien en Albien tijdvakken zijn in een klein aantal [ontsluitingen in de Bekingbeek en Boven Slinge](#) zichtbaar. De enigszins grijsgroene zand- en kleistenen van de twee locaties lijken erg op elkaar, maar bleken bij nadere bestudering in verschillende tijdvakken te zijn ontstaan. De ontsluiting in de Bekingbeek wordt tot het Albien tijdvak (113 - 100 miljoen jaar oud) gerekend, en aan de ontsluiting in de Boven Slinge wordt op grond van microscopisch onderzoek van de zgn. *dinoflagellaten* (eencellige organismen) een Aptien ouderdom gegeven (125 - 113 miljoen jaren oud). In de betreffende tijdvakken was het Winterswijkse periodiek bedekt door een kust nabije en ondiepe zee. Het in de stenen aanwezige groene gidsmineraal glauconiet wijst op een ondiepe open zee, terwijl de aanwezigheid van verkoolde houtfragmentjes duidt op aanvoer van geërodeerd materiaal uit een nabij achterland.



Stuk fijnkorrelige zandsteen van 6x5x4cm. uit de Aptien ontsluiting in de Boven Slinge. Het handstuk is erg verweerd en heeft een roestige en zwarte kleur t.g.v. geoxideerde ijzer en mangaan.

Microscopfoto van zaagsnede door een stuk zandsteen uit de Aptien ontsluiting in de Boven Slinge. Linksboven is een schaalbalk van 1 mm. lengte (rode kleur) zichtbaar. De foto toont groene glauconiet korrels in een grondmassa van kwartskorrels verkit met kalk. De zwarte korrels bestaan vermoedelijk uit de mineralen sideriet (ijzercarbonaat) en pyriet (ijzersulfide). Voorts lijken er fragmentjes houtskool aanwezig te zijn. Rechts onder is een enige millimeters groot, kalkhoudend kleiballetje zichtbaar. Vanwege de ruime aanwezigheid van glauconiet wordt dit soort zand ook wel "groenzand" genoemd.



In de geologie wordt een afzettingsteen, zoals op de vorige pagina getoond, met een relatief groot gehalte aan niet-kwarts korrels, een grauwacke of "vuile" zandsteen genoemd. De samenstelling van de stenen in de Boven-Slinge ontsluiting wijzen er op, dat tijdens het Aptien tijdvak, de omgeving van Winterswijk werd bedekt door een kust nabije, open en ondiepe zee met tamelijk wat golfwerking.

Cenomanien kalksteen (Laat-Krijt)

Ontsluitingen van kalksteen uit het Cenomanien tijdvak kunnen we aantreffen bij laag water in de [Bemersbeek ten oosten van de brug over de beek in Kotten](#). De platige kalksteen wordt in Duitsland (Plänerkalk) o.a. aan de randen van het zgn. Bekken van Münster aangetroffen en op diverse plaatsen in het Teutoburgerwoud als grondstof voor bouwmaterialen gewonnen. We weten niet hoe lang de ontsluitingen in de Bemersbeek bekend zijn, maar tijdens aanpassingen van de beek om de afvoer van water te verbeteren, is de aanwezigheid van deze kalksteen zeker opgevallen. De Nederlandse pionier in de geologie, W. Staring, refereerde reeds in 1860 aan kalksteen in de "Kottensche Beek" en scheerde deze over één kam met de kalksteen (Muschelkalk) in de Willinkbeek. We weten nu wel beter: de kalksteen in de Willinkbeek is 150 miljoen jaar ouder dan die in de Bemersbeek (Kottensche Beek)! En toch zo dicht bij elkaar gelegen..... Hoewel de kalksteen in de Bemersbeek wel is onderzocht op mogelijkheden als grondstof voor bouwmaterialen is het (gelukkig) nooit tot winning gekomen.

De kalksteen in de Bemersbeek is gevormd in een uitgestrekte "Krijtzee", die Oost Nederland en het Bekken van Münster tijdens het Cenomanien tijdvak (100 - 94 miljoen jaar geleden) bedekte. In vergelijking tot de voorafgaande tijdvakken Albien en Aptien was de gemiddelde zeespiegel gestegen. In de Bemersbeek treffen we kwarts- en glauconiet rijke mergels (mengsel van kalk en klei) aan afgewisseld met lagen van tamelijk zuivere kalksteen. Een dergelijke afwisseling wijst op zeespiegelschommelingen, waardoor de afstand van het sedimentatiegebied tot de kust varieerde. Nadien is het gesteente geplooid, omdat de oorspronkelijk horizontale gelaagdheid van het gesteente in de beek bijna verticaal wordt aangetroffen. De aanwezigheid in de beekbedding van keien, bestaande uit gangkwarts, duidt op de nabijheid van een grote breuk in het gesteente.

Een platige steen uit de Bemersbeek met afmetingen 20x15x0,5cm. Dit handstuk is geen zuivere kalksteen, maar bevat kwarts- en glauconietkorrels in een kalkrijke grondmassa. Het handstuk bevat veel niet-verkiezelde fragmenten van microfossielen. Zwart gekleurde korrels bestaan vermoedelijk uit het mineraal sideriet (ijzercarbonaat). Dit gesteente is gevormd in een ondiepe zee in de nabijheid van de kust.





Microscopfoto (breedte is 5mm.) van een andere steen uit de Bemersbeek ontsluiting. Deze steen bevat minder kwarts en geen glauconiet, en is kalkrijker in vergelijking met de steen op de linker foto. We zien hier, vaak langwerpige, maar ook ronde en gebogen fragmenten van microfossielen (bioclasten). Een dergelijk, door fossiel(fragmenten) gevormd, gesteente wordt wel een packstone genoemd. Het gesteentemateriaal werd afgezet in een warme en voedselrijke, tamelijk ondiepe zee, verder van de kust gelegen dan het gesteente op de linker foto.

De twee foto's zijn van stenen uit dezelfde ontsluiting in de Bemersbeek. Toch zijn de stenen zeer verschillend en wijzen op verschillende afzettingmilieu's. De sedimenten, waaruit de stenen werden gevormd, zijn dus niet op hetzelfde tijdstip bezonken.

Oligocene klei (Midden-Tertiair)

Op veel plaatsen rond Winterswijk komen bodemlagen uit de **Tertiair periode** tot vlak onder het maaiveld voor. Door onder meer menselijke activiteiten is de top van de niet versteende tertiaire lagen dikwijls vermengd met de bovenliggende kwartaire bodemlaag. De bodemlagen uit het Tertiair bestaan voornamelijk uit klei, al dan niet afgewisseld met dunne zandige laagjes. Een enkele meters dikke, watervoerende zandlaag uit de Vroeg-Oligoceen tijd wordt bij Winterswijk vaak aan de basis van het tertiaire lagenpakket aangetroffen (laag van Ratum). Tot voor kort waren tertiaire kleilagen uit het Oligoceen tijdvak (ca. 30 miljoen jaar oud) prachtig ontsloten in de kleigroeve "De Vlijt". Deze zgn. **Rupel klei** is in een zee afgezet en bevat relatief veel smectiet, een kleimineraal, dat veel water kan opnemen en de klei een hoge mate van plasticiteit geeft. Fossiele schelpen van weekdieren en ééncellige organismen worden regelmatig in de Rupel Klei aangetroffen en hebben geleid tot een onderverdeling van de kleilagen, zodat correlaties met oligocene kleilagen in België en Duitsland mogelijk bleken.

Rupelklei / Laatseigen / Gesteente / Meer weten

Bij Winterswijk komen ook jongere miocene kleilagen tot dichtbij het maaiveld (hier niet afgebeeld). Deze lagen kunnen zeer rijk aan fossielen zijn en hebben onder paleontologen bekendheid gekregen als o.a. "de laag van Miste".



De foto toont de terrasvormige winning van de Rupel Klei in groeve "De Vlijt". De onderste drie terrassen liggen in de donkergrijze klei, het bovenste terras ligt in de kwartaire bodemlaag, die uit een mengsel van keileem, zand en humus bestaat.



De foto toont een scherpe overgang tussen de pleistocene keileem en de oligocene Rupel Klei. De overgang overbrugt hier een tijdspanne van zo'n 30 miljoen jaren! De keileemlaag (groenig lichtgrijs van kleur) is verstoord t.g.v. vorstwerking (kryoturbatie), dierlijke en plantaardige activiteiten en inspoeling van zand.



De foto toont een wand van ongeveer 2m. hoog bestaande uit Rupel Klei in de kleigroeve "De Vlijt". De klei in de wand blijkt onder droge omstandigheden verrassend hard te zijn.



De foto toont een kluit Rupel Klei van 9cm lengte uit de groeve "De Vlijt". De natte kluit heeft veel water opgezogen en is taai en vetzig geworden. De klei is een goede grondstof voor het vormen en bakken van bakstenen en dakpannen. Behalve kleimineralen bevat de kluit relatief veel kwartzand (met korrelgrootte minder dan 0,1mm.), kalk, glauconiet en resten van planten, hetgeen duidt op vorming nabij een kust.

IJzeroer (Kwartair)

IJzeroer is in onze regio voornamelijk als plaatseigen gesteente ontstaan, maar komt ook wel voor als afgeronde zwerfstenen in afzettingen van Rijn en Maas en bij uitzondering in keileem. IJzeroer is tamelijk zacht en dus zijn zwerfstenen van ijzeroer, die Winterswijk hebben bereikt, slechts over kleine afstanden vervoerd.

IJzeroer is een roestkleurig sedimentair gesteente (afzettingsgesteente) dat is ontstaan door het neerslaan van ijzerverbindingen uit water. Het bevat ijzerhydroxides (meestal de ijzermineralen limoniet en goethiet), vermengd met vnl. zand, silt en klei. De neergeslagen ijzerhydroxides hebben ervoor gezorgd dat de zand-, silt- en kleideeltjes met elkaar verkit raakten. IJzeroer kan uiteenlopende grillige vormen hebben en zelfs uitgestrekte samenhangende platen vormen met een maximale dikte van vijftig centimeter, de zgn. oerbanken.



De foto toont, door ijzerhoudend kwelwater, roestbruin gekleurd slootwater op het Vosseveld. Het kwelwater heeft ijzerverbindingen opgenomen, die o.a. afkomstig zijn uit de nabij gelegen Bontzandsteenlagen uit de Trias periode.

IJzeroer aangetroffen in onze bodem is ontstaan in de Kwartair periode (2,5 miljoen jaar geleden tot heden). Dit gebeurde vooral tijdens het vochtige klimaat van de warme interglacialen, maar de vorming van ijzeroer vindt nog tot op de dag van vandaag plaats. De droge Winterswijkse **dekzanden** in combinatie met doorsijpelend ijzerhoudend kwelwater afkomstig uit oude, ijzermineralen bevattende, mesozoïsche en tertiaire bodemlagen en regenwater uit jongere humuslagen, vormen ideale locaties voor het ontstaan van ijzeroer. In dekzand profielen langs de Winterswijkse beken kunnen we bruin gekleurde oerbanken aantreffen.



De foto hierboven toont een zone met een roestbruine verkleuring (zgn. gleyzone), in een dekzandwand langs de Ratumse beek in het Tenkinkbos. De verkleuring geeft de schommeling tussen zomer- en wintergrondwaterstand aan, voordat de beek door het zandduin werd gegraven. De verkleuring is veroorzaakt door uit grondwater neergeslagen ijzerhydroxides, uiteindelijk leidend tot de vorming van een met ijzer verkitte zandlaag (oerbank). Onder de bruine verkleuring is het zand blauwgrijs, dit is de zgn. gereduceerde zone waar het gehele jaar grondwater stond. De afgebeelde wand is ca. 2,5m hoog.

Naast het gebruik van ijzeroer als bouw materiaal, is het vooral als ijzererts van economisch belang geweest in Nederland. De productie van ijzer uit ijzeroer beleefde een hoogtepunt in de Middeleeuwen, toen Nederland de grootste producent en exporteur van ijzer in Europa was. Het is aannemelijk (maar niet aangetoond) dat in de 19e eeuw kalksteen, gewonnen in Winterswijk, gebruikt werd om de verontreinigingen in het ijzeroer, tijdens het productieproces van vloeibaar gietijzer, te binden tot slak. Kalksteen werd voor dit doel namelijk ook gewonnen tussen Borken en Raesfeld, dichtbij de landsgrens. Na 1880, door verbetering van infrastructuur en transportmogelijkheden, werd het efficiënter om hoogwaardiger ijzererts uit het buitenland te importeren, waardoor de kleine plaatselijke ijzergieterijen failliet gingen.



De foto hierboven toont een brok zand- of ijzeroer van 8x5x2cm groot afkomstig uit de Ratumse Beek in het Tenkinkbos. Het brok is ter plaatse ontstaan in de dekzandrug, die de beek doorsnijdt, en is nog niet erg verhard. De bruine kleur is veroorzaakt door ijzerhydroxides, waarschijnlijk de mineralen limoniet en goethiet. De ijzerhydroxides hebben de zandkorrels aan elkaar gekit. De zwarte aanslag is mogelijk gevormd door mangaanoxide, pyrolusiet, dat veel op keien in de Winterswijkse beken wordt aangetroffen.

De foto hierboven toont een harde steen (7x5x4cm), bestaande uit moerasijzererts. De steen heeft een hoger ijzergehalte dan de steen op de linkerfoto en is aangetroffen op de Kulverheide. Moerasijzererts ontstaat in gebieden met een stagnerende waterafvoer, zoals veen- en moerasgebieden, en op andere plaatsen waar de grondwaterstand hoog is en waar de bodem een hoog ijzergehalte heeft. Dit soort stenen werd als bouwsteen gebruikt en wordt in onze regio, behalve als plaatseigen-, ook als zwerfsteen aangetroffen.

Bodembewegingen

Nergens in Nederland komen gesteenten met ouderdomsverschillen, zoals te zien bij Winterswijk, zo dicht aan het oppervlak. De Winterswijkse bodemlagen aan het maaiveld bestrijken een periode van 250 miljoen jaar geleden tot heden. Zonder **toelichting** zijn deze verschillen niet eenvoudig in het landschap te herkennen. De eerder gegeven uitleg is slechts een vereenvoudigde afspiegeling van de ontstaansgeschiedenis en doet geen recht aan de enorme complexiteit van de ondergrond, die ontstond tijdens een onbevattelijk lange tijdspanne, waarin de aardkorst beefde, scheurde en samensmolt. Onze regio beslaat slechts een heel klein deeltje van een veel grotere geologische geschiedenis, die de wetenschap heeft weten te reconstrueren aan de hand van gedetailleerd gesteente- en fossielenonderzoek, seismologische interpretaties en resultaten van diepboringen.

Het gebied rond Winterswijk kent een ingewikkelde geschiedenis wat betreft bodembewegingen, maar deze is niet ingewikkelder dan van andere delen van Nederland. Winterswijk onderscheidt zich, omdat we bij Winterswijk de **complexiteit van de ondergrond aan de oppervlakte** enigszins kunnen waarnemen, terwijl in andere delen van Nederland die complexiteit aan het zicht is onttrokken door honderden meters dikke lagen van zand en klei afgezet tijdens de Kwartair periode. Gegevens van diepboringen en seismologische onderzoeken tonen echter aan dat de gesteentelagen, die bij Winterswijk aan het oppervlakte komen, ook dieper in de ondergrond van Nederland voorkomen en door bodembewegingen zijn verstoord.

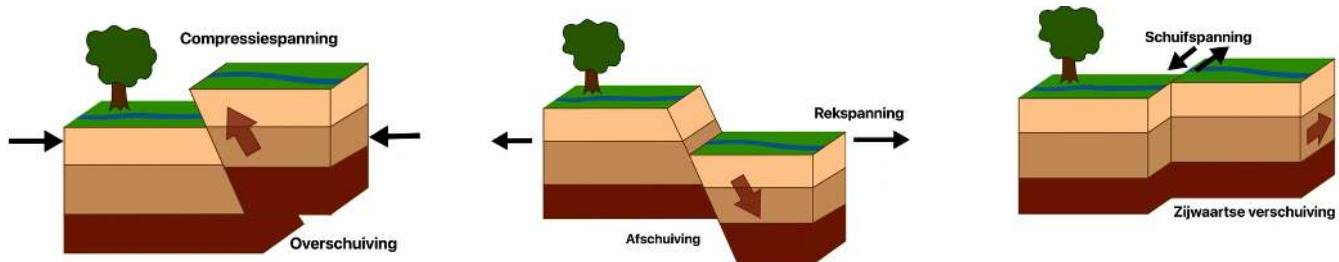
Hieronder wordt onze regio in een breder, maar wel vereenvoudigd geologisch verhaal geplaatst, waarin tektonische bewegingen van de aardkorst de meeste geologische processen hebben aangestuurd.

Tektoniek

Tektoniek is het geologische proces van beweging en deformatie van de aardkorst. Hieronder vallen onder andere de vorming van breuken, plooien, bekkens en gebergten. De drijvende kracht van tektoniek ligt in het binnenste van de aarde (de zgn. aardkern) waar veel hitte wordt geproduceerd en waardoor het materiaal onder de relatief dunne aardkorst, gelegen in de zgn. aardmantel, een hete gesmolten steenmassa is. De warmte, komende vanuit de aardkern, creëert convectiestromen van gesmolten steenmassa's (magma), die na afkoeling kunnen dalen, maar opstijgend tot vulkanische erupties kunnen leiden. Door verschuivingen van de convectiestromen varieerden de temperaturen in de aardmantel gedurende de geologische geschiedenis. Bij dalende temperatuur in de aardmantel zal de bovenliggende aardkorst dalen en kan een bekken ontstaan. Bij stijgende temperatuur kan een opheffingsgebied ontstaan. Deze processen hebben grote invloed gehad op sedimentatie en erosie aan het aardoppervlak. De convectiestromen duwen de aardplaten langzaam voort over het aardoppervlak in een proces genaamd "platentektoniek". Bovendien leiden de bewegingen en temperatuurverschillen in de aardmantel tot mechanische spanningen, die deformatie en breuken in de aardkorst veroorzaken. Onder hoge druk en temperatuur van het gesteente in de aardkorst wordt de vervorming plastisch en plooien anders harde gesteenten zonder te breken (= deformatie). Bij lage druk en temperatuur wordt de vervorming bros en ontstaan er breuken in het gesteente.

We onderscheiden drie soorten van mechanische spanning:

- compressie is de oorzaak voor geplooid en gebroken gesteente, waarvan de delen over elkaar heen zijn geschoven (overschuiving)
- rekspanning is de oorzaak voor gedaalde gebieden (bekkens), slenken (een ingedaald stuk aardkorst langs twee min of meer parallelle breuken) en gebroken gesteente, dat van elkaar is afgeschoven (afschuiving)
- schuifspanning, waarbij stukken aardkorst zijdelings langs elkaar schuiven, en langs de breuk een verzwakking kan optreden met gebiedsdaling als gevolg.

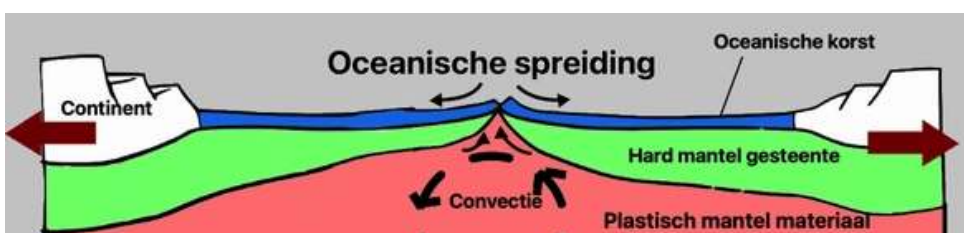


De tekeningen tonen verschillende vormen van gesteentebreuken t.g.v. van boven naar beneden 1. compressie, 2. rekspanning, en 3. schuifspanning. Zou er in het voorbeeld van de overschuiving (compressiespanning) nog een tweede naar de andere zijde hellende breuk aan rechter zijde van de tekening aanwezig zijn, dan spreken we van een horst. Het horstblok zou als het ware omhoog geperst zijn. Bewerkingen van commons.wikipedia.org.

De aardplaten bewegen met snelheden van maximaal enige centimeters per jaar over de aardbol. Aardplaten kunnen aangroeien, bijvoorbeeld in de Mid-Atlantische rug zorgt een voortdurend opwellen en uitstromen van magma voor een oceanische spreiding (d.w.z. uit elkaar bewegen van de aangrenzende en aangroeiende aardplaten).

Omdat de aardbol niet uitzet, zou de aangroei en spreiding van de platen tot ruimtegebrek elders leiden. Echter in zgn. subductiezones schuiven zware en relatief dunne oceanische platen in de diepte onder andere oceanische platen of dikkere continentale platen. Dit gaat gepaard met vulkanisme langs de subductiezones. Op plekken waar subductie van een oceanische plaat plaatsvindt is vaak een diepe trog aanwezig.

Wanneer twee dikke continentale platen tegen elkaar worden geduwd leidt dit tot een enorme compressiespanning en treedt er gebergtevorming op (= orogenese). In het geologische verleden zijn continenten meerdere keren tegen elkaar geduwd en "samengesmolten", waardoor gebergtes ontstonden en o.a. de supercontinenten Gondwana en Pangea werden gevormd. De supercontinenten braken vervolgens weer op in andere aardplaten.



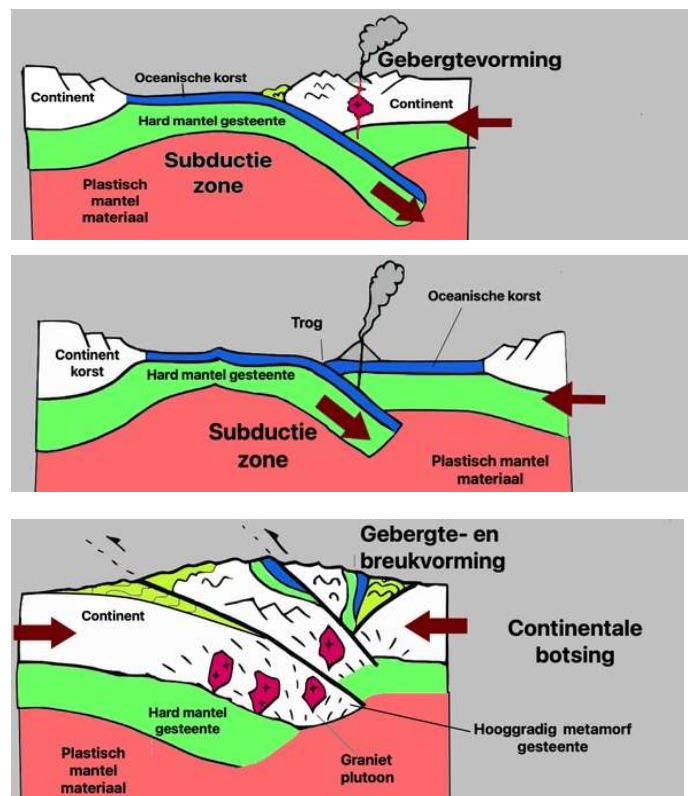
Links een schetsmatige voorstelling van een oceanische spreidingszone, waarbij twee oceanische platen van elkaar af bewegen en een oceanische rug wordt gevormd bestaande uit basaltische lava.



Linksboven: Bij bingvellir splitst de Mid-Atlantische rug IJsland in twee delen: de Noord-Amerikaanse aardplaat (rechts) en de Euraziatische aardplaat (links), met de waterrijke vlakte zelf als scheiding. Op deze plaats beweegt IJsland door tektonische bewegingen schoksgewijs met een gemiddelde snelheid van 1 à 2 cm per jaar uit elkaar.

Rechtsboven: Een geplooiide structuur (anticline) van Devoon gesteente van ca. 375 miljoen jaar oud (Durbuy, Belgische Ardennen). De plooiing vond plaats toen het gesteente nog weinig verhard was (of op grote diepte bij hoge temperatuur plastisch was geworden). Het gesteente bestaat uit kalksteen afgewisseld door dunne kleilagen. De plooiing dateert van de Varistische gebergte vorming, zo'n 350 miljoen jaar geleden (zie Carboon periode hieronder). Door opheffing van de Ardennen (vanaf 5 miljoen jaar geleden) en erosie door de rivier de Ourthe kwam deze structuur aan de oppervlakte.

De tekeningen rechts laten van boven naar beneden drie fasen van subductie zien: 1. subductie van een oceanische plaat onder een andere oceanische plaat, 2. subductie van een oceanische plaat onder een continentale plaat met gebergtevorming en vulkanisme zoals bijvoorbeeld nu het geval is langs het Andesgebergte in Zuid-Amerika, 3. botsing van twee continentale platen, zoals bijvoorbeeld nu het geval is met de botsing van het Indiase subcontinent met de Aziatische continentale plaat, die het Himalaya gebergte heeft gevormd. De hier getoonde drie fasen kunnen achter elkaar plaats vinden in één grote langdurige tektonische gebeurtenis. De Alpiene gebergtevorming, die breuken bij Winterswijk heeft gereactiveerd, begon in fase 2 tijdens het Boven-Krijt tijdvak met de botsing van de Afrikaanse plaat tegen de Euraziatische plaat. Na de subductie van de oceanische korst van de Tethys oceaan (ongeveer gelegen in het gebied van huidige Middellandse, Zwarte en Kaspische Zee), kwam het tot een continentale botsing (fase 3), die de Alpiene gebergtegordel vormde (o.a. Pyreneeën, Alpen, Karpaten).



Invloed van tektoniek op de Winterswijkse bodem

Het ontbreken van gesteenten uit bepaalde geologische tijdperken, zowel als de aanwezigheid van oude en jonge bodemlagen naast elkaar aan het Winterswijkse maaiveld, wijzen op een complexe tektonische geschiedenis. In de het hoofdstuk [geologie](#) is beschreven dat Winterswijk zowel op land als in zee heeft gelegen, m.a.w. de positie van Winterswijk t.o.v. de zeespiegel varieerde nogal. Dit heeft te maken met bodembewegingen, maar ook met de activiteit van aardplaten en de eventueel aanwezige hoeveelheid landijs. Een versnelde aangroei en hoogtevorming van de oceanische verspreidingszones (zoals bijvoorbeeld de huidige Mid-Atlantische rug) verkleinde de inhoud van de oceanen en deed de globale zeespiegel stijgen. Bovendien door verschuivingen van aardplaten wijzigden de oppervlakteverhoudingen tussen ondiepe zeeën en diepe oceanen en veranderde de globale zeespiegel. Het is dus niet zo, dat het wisselen van land en zee rondom Winterswijk alleen met plaatselijke bodembewegingen te maken heeft. Overigens speelde in de Tertiair periode ook de aangroei en het smelten van landijs in Arctische streken een grote rol bij het gejojo van onze kustlijn.

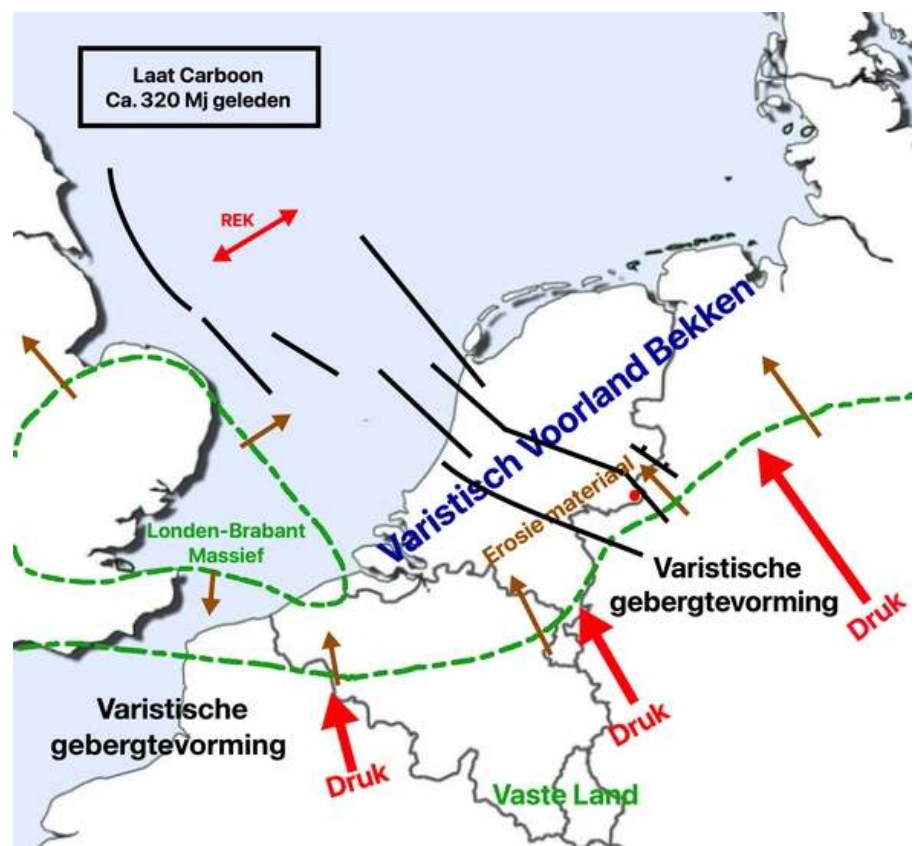
In de volgende pagina's wordt in chronologische volgorde de geologische geschiedenis van onze regio op bredere en vereenvoudigde wijze beschreven. Gebeurtenissen die zich buiten de regio afspeelden hadden een grote invloed op de vorming van de ondergrond rond Winterswijk. De bijgevoegde kaarten zijn slechts momentopnames van een geologisch periode en onderbelichten de dynamiek van de geologische processen gedurende de geologisch periode.

We beginnen de beschrijving in de Carboon periode, waarvan de gesteenten prominent aanwezig zijn in de Winterswijkse aardkorst. In 1977 werden hier Carboon gesteentelagen met een totale dikte van maar liefst 3170m (!) aangetroffen (NAM boring Winterswijk-1). De in het Boven-Carboon voorkomende steenkoollagen zijn in onze regio relatief ondiep op 700 tot 1000m -NAP aangetroffen en werden zelfs voor economisch winbaar gehouden. De enorme dikte van het Carboon heeft met plaattektoniek en bodembewegingen te maken.

Carboon periode

Het supercontinent Pangea ontstond in het Laat-Carboon door het samensmelten van de continenten Gondwana (huidige Afrika en Zuid-Amerika) en Laurazië (huidige Europa, Noord-Amerika en Azië). Dit samensmelten vond plaats tijdens een krachtige en langdurige botsing, die compressiekrachten teweegbracht, die in Europa het Varistische (ook wel Hercynische genoemd) gebergte vormden. De restanten van dit oude gebergte worden in latere geologische periodes o.a. als Rhenish (Rijns) Massief aangeduid en manifesteren zich in de deformatie van ontsloten Carboon en oudere gesteenten in o.a. Ardennen, Eifel, Sauerland en Taunus. Het toeval wil, dat het huidige Winterswijk slechts luttele kilometers ten noorden van de uiterste grens van de deformatiezone (en daarom dicht bij het gebergte) lag. Ten gevolge van het enorme gewicht van het Varistische gebergte werd de aardkorst dieper in de aardmantel gedrukt en ontstond er een gedaalde randzone ten noorden van het gebergte, het zgn. voorlandbekken, waarin ook de locatie van het huidige Winterswijk lag. Het voorlandbekken lag ongeveer op zeeniveau en overspoelde regelmatig Het Laat-Carboon was namelijk een relatief koude periode met glacialen en interglacialen, waardoor de zeespiegel varieerde t.g.v. het aangroeien of smelten van enorme landijsmassa's rond de zuidpool. Door de hoge grondwaterstand ontstonden moerassen en venen in het voorlandbekken, die uiteindelijk later in de geologische tijd, in steenkool veranderden. Door het gewicht van de toegevoerde Varistische afbraakproducten daalde het voorlandbekken nog verder. De daling werd gecompenseerd door de opstapeling van afbraakproducten, waardoor een evenwicht tussen bekkendaling en -opvulling ontstond en een enorm dik pakket aan Carboon-sedimenten bij Winterswijk werd afgezet.

Kaart van de tektonische en paleografische situatie ten tijde van het Boven-Carboon. De zwarte lijnen representeren grote breuken in de aardkorst. De uiterste rand van het Varistische gebergte bevond zich juist ten zuidoosten van Winterswijk. Het Londen-Brabant massief dateert van de eerdere Caledonische gebergtevorming en vormde een soort van buffer tegen de druk uit het zuidoosten. Rivieren namen erosiemateriaal mee naar het vlakke voorlandbekken, waarin Winterswijk lag. Er vormden zich rivierdelta's, moerassen en venen. Doordat het gewicht van de gedeponeerde Varistische afbraakproducten het voorlandbekken steeds dieper in de aardmantel wegdrukte, bleef er ruimte voor nieuw aangevoerde afbraakproducten en accumuleerde een duizenden meters dikke laag van Carboon-sedimenten bij Winterswijk.



Perm periode

De compressiedruk vanuit het zuidoosten t.g.v. de botsende continenten Gondwana en Laurentia hield aan en leidde uiteindelijk tot het omhoog komen en plooiën van het voorbekken gebied in onze regio, zodanig dat de toevoer van Varistisch afbraakmateriaal in ons gebied stopte en het bovenste deel van de Carboonafzettingen werd geërodeerd. Het erosiemateriaal werd nu verder naar het noorden in het nieuw gevormde "Zuidelijk Perm Bekken" afgezet, en vormde een zandsteen, die als "Rotliegendes" bekend staat en waarin later veel gasvelden ontstonden. Dit "Rotliegendes" komt bij Winterswijk niet voor. Nadat het supercontinent Pangea in het Onder-Perm was geconsolideerd, toonde Pangea de eerste tekenen van instabiliteit in het Laat-Perm. Buiten onze regio ontstonden spanningen in de aardkorst, die leidden tot breuken en vulkanisme.

De vorming van het Zuidelijk Perm Bekken werd als volgt veroorzaakt. Het toenemende gewicht van de erosieproducten, afkomstig van het Varistisch gebergte, deed de aardkorst dieper in de plastische aardmantel zinken. Het mantelmateriaal verplaatste zich in de richting van het gebergte, dat door afbraak lichter van gewicht was geworden en minder in de onderliggende plastische aardmantel drukte. Bovendien hadden convectiestromen in de aardmantel breuken en vulkanisme in het huidige Noord-Duitsland veroorzaakt. Na een verplaatsing van de convectiestromen volgde afkoeling van mantel- en aardkorstgesteenten en daalde dat gebied in. Hierdoor zou uiteindelijk ook het voorlandbekken weer gaan dalen en deel worden van het Zuidelijk Perm Bekken, en onder water lopen.

T.g.v. relatieve zeespiegelvariaties kon de verbinding van deze ondiepe Permzee met de oceaan tijdelijk worden verbroken. Tijdens enkele afsluitingen dampte de zeewaterkolom in en bleven er dikke lagen steenzout in Noordoost-Nederland (het zgn. Zechstein zout), ook bij Winterswijk, achter. Het Zechstein zout wordt op een aantal plaatsen in Nederland gewonnen en veroorzaakte, door het relatief lichte gewicht en de plastische eigenschappen, hier en daar welvingen in het huidige landschap.

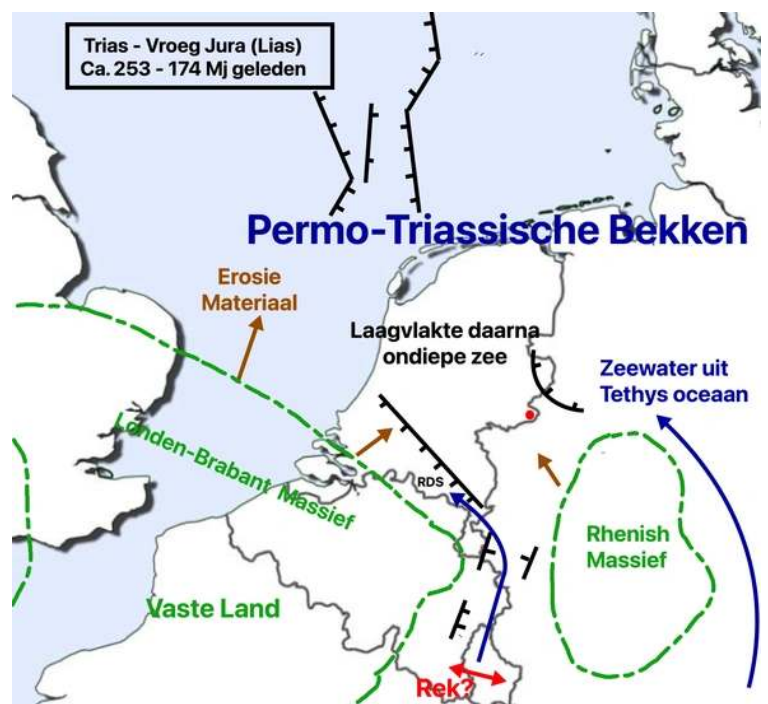
Kaart van de tektonische en paleografische situatie in de Perm periode. De uiterste rand van het Varistische gebergte bevond zich juist ten zuidoosten van Winterswijk, maar door voortdurende druk vanuit het zuidoosten werd het voorlandbekken geplooid en opgeheven. Erosie materiaal werd via rivieren verder naar het noorden in het Zuidelijk Perm Bekken getransporteerd en vormde daar in het aride klimaat de zgn. Rotliegendes zandlagen, die o.a. de reservoirgesteenten zouden gaan worden van het reusachtige Groningen/Slochteren gasveld. Na de vorming van de Rotliegendes zandlagen daalde het gehele gebied en werd het overspoeld door een ondiepe zee, waaruit de Zechstein zoutlagen neersloegen.



Trias periode

De oudste gesteenten, die aan het Winterswijkse maaiveld voorkomen, stammen uit de Trias periode: De Bontzandsteen en de Muschelkalk. Het supercontinent Pangea was in een gevorderde staat van instabiliteit geraakt en begon scheuren te vertonen ten gevolge van rekspanningen, die zich als bekkens, afschuivingsbreuken en slenken manifesteerden. Het relatief dalen van de aardkorst in NW-Europa was een gevolg van de rekspanningen en het wereldwijd stijgen van de zeespiegel. Het laatste ontstond t.g.v. de grotere activiteit van de oceanische spreidingszones, en de vorming van nieuwe ondiepe zeeën ten koste van diepe oceanen. Mogelijk speelde het smelten van enorme hoeveelheden landijs tegen het einde van de Perm periode nog een rol bij de wereldwijde zeespiegel stijging. Het resultaat was dat het Zuidelijk Perm Bekken zich samen voegde met een aantal andere bekkens, en zo het grootste deel van NW-Europa besloeg, het zgn. Permo-Triassische Bekken. Het bekken was eerst nog droog en bevatte rivierendelta's en binnenmeren, die afbraakproducten van het zuidelijk gelegen Rhenish Massief, een afgesleten nazaat van het Varistische gebergte, aanvoerden en opvingen. Deze afbraakproducten vormden de Bontzandsteen. Door de verder stijgende zeespiegel werd het bekken uiteindelijk gevuld met zeewater. Ten gevolge van regionale zeespiegelvariëaties sloten en openden de zeestraten naar de oceanen enkele malen. In het bekken, waarin Winterswijk in een ondiepe kustzone aan de zuidrand lag, werd de Muschelkalk afgezet, die nu wordt gewonnen in de Sibelco-groeve. Na het ontstaan van de Muschelkalk brak er een tektonisch actieve periode aan met het verder breken van het supercontinent Pangea. De Atlantische oceaan begon te openen. Hiermee startte een tijdperk van grootschalige rekspanningen in de aardkorst, die resulteerden in vier tektonische fasen, de zgn. Kimmerische fasen. Door een wereldwijde zeespiegel daling t.g.v. het openen van de Atlantische oceaan in combinatie met regionale breukbewegingen t.g.v. de eerste Kimmerische fase, ontstond een relatief hoog gebied in onze regio. Sedimentatie in het Winterswijkse gebied stopte en het bovenste deel van de Muschelkalk werd geërodeerd. Aan het einde van het Perm begon een belangrijke zeespiegel stijging, waardoor het Permo-Triassische bekken volliep en de Rhaetien zeelei werd afgezet, waarvan in de Sibelco-groeve nog een dunne laag is aangetroffen.

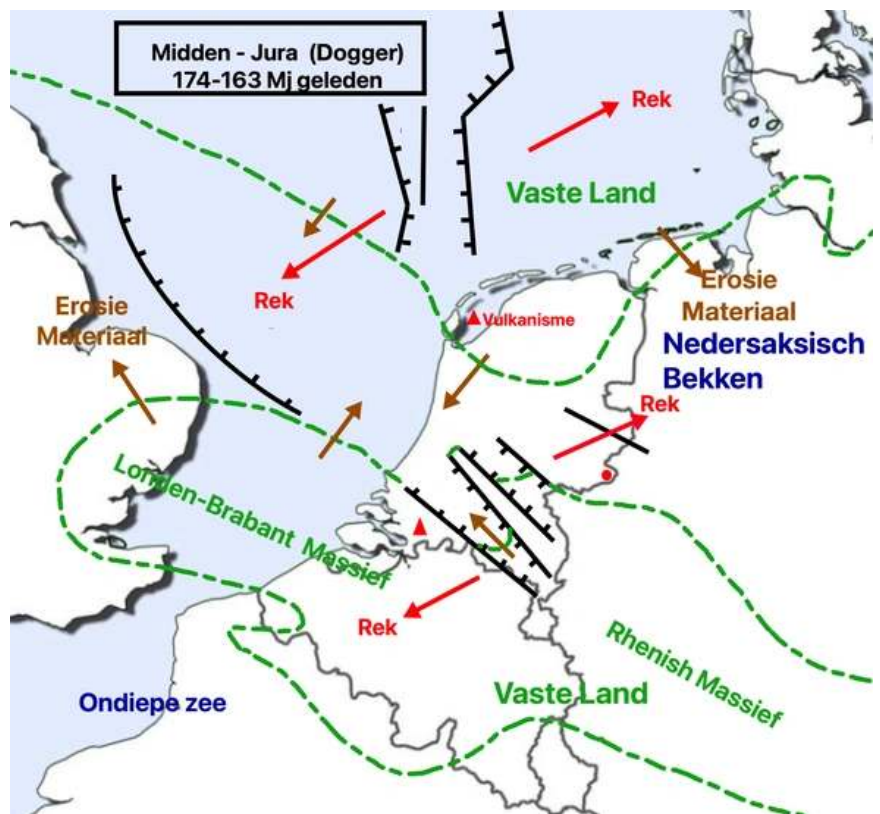
Kaart van de tektonische en paleografische situatie in de Trias periode tot Vroeg-Jura tijdvak. De zwarte lijnen representeren grote breuken in de aardkorst, de tanding zit aan de zijde van het afgeschoven, lagere gedeelte. Door de stijging van de zeespiegel t.g.v. een herschikking van de aardplaten werden de Zuidelijk en Noordelijke Perm Bekkens samengevoegd tot één groot bekken: het Permo-Triassische Bekken. Er ontstonden zeeopeningen in het Varistische gebergte, waarschijnlijk t.g.v. rekspanningen tijdens een Kimmerische fase waardoor slenkvorming optrad. De Roerdal slenk (RDS), tot op de dag van vandaag nog actief, begon zich te ontwikkelen en werd een verzamelplaats voor sedimenten. De regio Winterswijk lag in een laag gebied, zodanig dat zeespiegelvariëaties afwisselend periodes van erosie en sedimentatie veroorzaakten. Hierdoor werd het bovenste deel van de Muschelkalk geërodeerd, en werden de Rhaetien en Lias kleien direct op de nog resterende Muschelkalk afgezet.



Jura periode

Na het midden van de Jura periode viel Pangea uiteen door het ontstaan van grote rekspanningen in de aardkorst. De rekspanningen beperkten zich niet tot het huidige NW-Europa, maar besloegen grote delen van Pangea. Vulkanische activiteit piekte op de overgang van de Trias naar Jura periode o.a. rond breuksystemen in de huidige Golf van Biskaje, NW-Afrika en Newfoundland. De enorme tektonische activiteit laat zich moeilijk ontrafelen, maar het is zeker dat het Winterswijkse gebied vanaf de Trias periode tot in het Vroeg-Jura (Lias) tijdvak in een groter bekken lag, waar i.c.m. de stijgende zeespiegel, Lias kleien over een groot gebied in Europa werden afgezet. De oudste Lias kleien worden in de Ratumse beek aangetroffen, jongere Lias kleien liggen hier en daar in de Winterswijkse ondergrond. In volgende Kimmerische fasen werd het gebied rond Winterswijk opgeheven en voltrok zich een periode van erosie en geen sedimentatie, waardoor veel Jura afzettingen zijn verdwenen. Aan het einde van de Jura periode trad in onze regio door rekspanningen differentiële re-activatie van al bestaande breuken op, waardoor de erosie van de Jura afzettingen over een korte afstand sterk kon variëren.

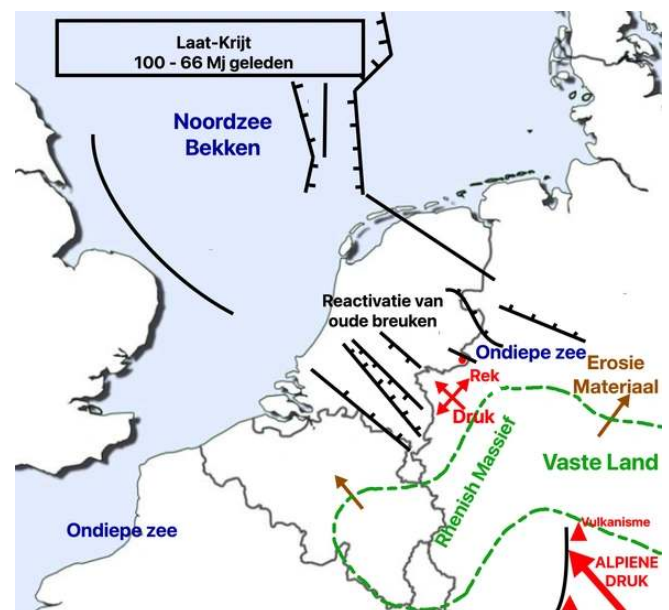
Kaart van de tektonische en paleografische situatie in het Midden-Jura tijdvak. De zwarte lijnen representeren grote breuken in de aardkorst, de tanding zit aan de zijde van het afgeschoven, lagere gedeelte. De configuratie van NW-Europa was erg veranderd t.o.v. de Trias/Vroeg-Jura t.g.v. het uiteenvallen van het Pangea supercontinent.



Krijt periode

Tijdens de aanvang van het Vroeg-Krijt trad in onze regio nog erosie op en werden er geen afzettingen gevormd. Echter na enige miljoenen jaren zette een zeespiegelstijging in als respons op de toegenomen spreiding en volume vergroting van de mid-oceanische ruggen: De aardplaten die eens Pangea vormden, dreven verder uiteen. Eerst werden in onze regio nog sedimenten in een landomgeving afgezet, zoals de Bentheimer en Gildehauser zandstenen, maar na een tiental miljoenen jaren, in het Aptien/Albien, werden klei- en zandsedimenten in een ondiepe zee nabij de kust achtergelaten. De zeespiegel steeg verder en nagenoeg heel Noordwest-Europa kwam in het Laat-Krijt onder water te staan: In dieper water werd de Cenomanien kalksteen afgezet, die bij Winterswijk in de Bemersbeek dagzoomt. De tektonische activiteit was in NW-Europa sinds het begin van de Krijt periode sterk afgenomen. Aan die periode van relatieve tektonische rust kwam een einde zo'n 90 miljoen jaren geleden. Terwijl de Atlantische oceaan zich verder opende, kwam het tot een botsing tussen de Afrikaanse en Europese aardplaten. Deze botsing bracht enorme veranderingen in de spanningsvelden in de Europese aardkorst teweeg: Rekspanningen veranderden in compressiespanningen, vergelijkbaar met de compressiespanningen ten tijde van de Varistische gebergtevorming aan het einde van het Carboon. Het gevolg was, dat Krijt en oudere gesteentelagen werden geplooid, nieuwe breuken ontstonden (in onze regio de Oeding-Winterswijk overschuiving), tal van oude breuken werden gereactiveerd en van bewegingsrichting veranderden (geïnverteerd), en ingedaalde bekkens weer omhoog kwamen. Kortom de Alpiene gebergtevorming was geboren, die o.a. de Alpen en Pyreneeën oprichtten, maar ook breuken in het Winterswijkse reactiveren tijdens het Laat-Krijt tijdvak en vooral tijdens het navolgende Kenozoïcum era. In onze regio werd in het opgeheven bekken het bovenste deel van de Krijtafzettingen geërodeerd. Wegens de verschillende mate van breuk-reactivatie konden in onze regio Krijtafzettingen in gedaalde breukblokken aan erosie ontsnappen. Tegen het einde van de Krijt periode nam de tektonische instabiliteit af en nam de snelheid van oceanische spreiding en daaraan gekoppelde opbouw van oceanische ruggen toe, waardoor een wereldwijde zeespiegel stijging van ruim 100m optrad. Het vermoeden is, dat destijds in het Winterswijkse weliswaar mooie kalkstenen werden afgezet, vergelijkbaar met de dagzomende Krijtgesteenten in Zuid-Limburg, maar dat die ten prooi vielen aan erosie door opheffing van onze regio tijdens een flinke stoot van Alpiene compressiedruk tijdens de overgang van Krijt naar Tertiair periode.

Kaart van de tektonische en paleogeografische situatie in het Boven-Krijt. De zwarte lijnen representeren grote breuken in de aardkorst, de tanding zit aan de zijde van het lagere gedeelte. Na een periode van relatieve tektonische rust in het Onder-Krijt, traden in het Boven-Krijt enorme compressie spanningen in de aardkorst op t.g.v. de botsing tussen de Afrikaanse en Europese platen. De bewegingsrichting van bestaande breuken keerden om, nieuwe breuken o.a. bij Winterswijk ontstonden en bekkens kwamen omhoog. Een groot deel van de Krijt afzettingen bij Winterswijk werd geërodeerd.

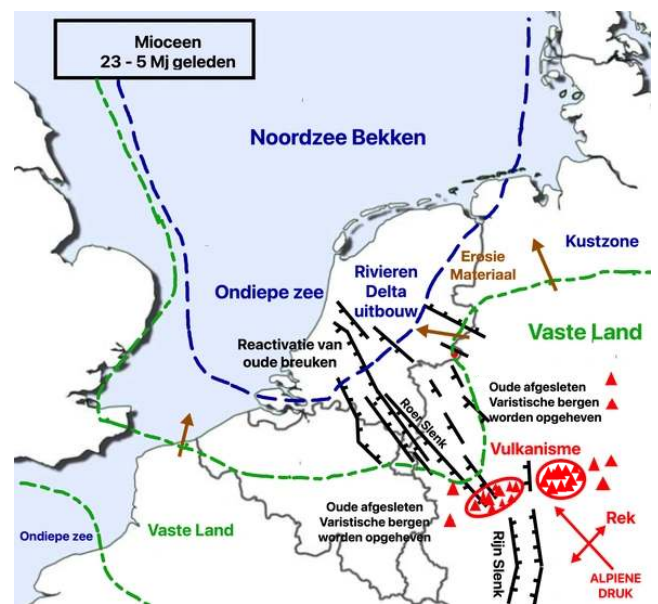


Tertiair periode

De Tertiair en Kwartair periodes worden tektonisch gekenmerkt door de ontwikkeling van het Noordzee bekken, dat tot heden daalt en waarin afbraakmateriaal, afkomstig van de omliggende gebieden, accumuleert. De dikte van de kenozoïsche sedimenten in het centrale deel van het Noordzee bekken bedraagt maar liefst 3500m! Het ontstaan van het Noordzee bekken is gerelateerd aan afkoelend mantelmateriaal in combinatie met het toenemende gewicht van de groeiende laag van afbraakproducten, die het bekken steeds dieper in het onderliggende plastische mantelmateriaal drukken. In onze regio, aan de oostrand van het Noordzee bekken, is er van bodemdaling in het Kenozoïcum nauwelijks sprake geweest. In feite bevindt Winterswijk zich op een scharnierpunt: het gebied ten westen daalt en het gebied ten oosten stijgt. Gedurende de Tertiair periode werd de sedimentatie in onze regio beïnvloed door de Alpiene compressiefasen, waardoor onze regio geleidelijk omhoog werd gedrukt en in de tweede helft van het Tertiair, door zeespiegel schommelingen t.g.v. het aangroeien en smelten van landijs. Gedurende het Tertiair lag Winterswijk in een vlakke kustzone en kleine hoogtevariaties in de zeespiegel verplaatsten de kustlijn in korte tijd tientallen kilometers landinwaarts of -afwaarts. Met als resultaat, dat tertiaire sedimenten, indien afgezet, vaak nadien weer werden geërodeerd. Het erosiemateriaal werd vervolgens door rivieren afgevoerd en hoopte zich op in het Noordzee bekken. Tijdens het Plioceen en Kwartair (vanaf 5 miljoen jaar geleden) steeg ons gebied sneller, en geholpen door de uitbouw van de rivierdelta's van vooral de Eridanos en Rijn, trok de zee zich definitief terug naar het noordwesten. Sindsdien werden bij Winterswijk geen zeesedimenten meer afgezet.

Tijdens de Tertiair periode heerste er een relatieve tektonische rust. In ons gebied vonden echter wel reactivaties van oudere breuken plaats t.g.v. alpiene compressie en eventueel daarop volgende rekkrachten (de-compressie), waardoor er differentiële erosie van de dagzomende tertiaire en mesozoïsche lagen optrad en een mozaïekpatroon van dagzomende geologische formaties ontstond.

Kaart van de tektonische en paleogeografische situatie in het Mioceen. De zwarte lijnen representeren grote breuken in de aardkorst, de tanding zit aan de zijde van het lagere gedeelte. Ook in het Kenozoïcum traden er nog compressie spanningen in de aardkorst op t.g.v. de botsing tussen de Afrikaanse en Europese platen. De reactivatie van bestaande breuken, begonnen in het Laat-Krijt, duurde nog voort. Met name vanaf het Plioceen (5 miljoen jaar geleden) worden de Ardennen, Zuid-Limburg, Eifel, Sauerland, andere Duitse gebieden en ook de regio Winterswijk opgeheven. Hierdoor werden de eventueel nog op het Oost-Nederlands Plateau resterende tertiaire sedimenten afgebroken en door rivieren naar het Noordzee bekken afgevoerd. In Zuid-Limburg werd door de opheffing de loop van de Maas naar het westen verlegd en verloor de Maas de verbinding met de Rijn. Uitgebreid vulkanisme deed zich tot 11.000 jaar geleden voor in de Duitse middelgebergtes.



Tijdens de Kwartair periode waren er nog bewegingen langs bestaande breuken, o.a. de breuken bij de Roer slenk zijn tot de dag van vandaag nog actief. Maar het zijn vooral de ijstijden, die buiten het bestek van de tektoniek vallen, en daarna menselijke activiteiten die van grote invloed zijn geweest op de verdere landschapsvorming bij Winterswijk.

Massa-extincties

Een massa-extinctie, of massa-uitsterving, is het wereldwijd uitsterven van vele soorten dieren en planten in een, op de geologische tijdschaal gezien, korte tijd. Geologen hebben de massa-extincties vastgesteld op grond van plotselinge veranderingen in fossiele resten van de soorten dieren en planten in opeenvolgende gesteentelagen.

De opeenvolging van gesteenten in het Winterswijkse vertoont te veel hiaten om hieruit massa-extincties te kunnen afleiden. De

data van geïdentificeerde fossiele resten uit de Winterswijkse gesteentelagen hebben echter wel bijgedragen aan de globale biostratigrafie, waaruit men de grote klimaatomslagen en massa-extincties in het geologisch verleden heeft afgeleid. Naast de vijf massa-extincties zijn ook kleinere globale en lokale extincties voorgekomen.

Vijf wereldwijde massa-extincties worden onderscheiden:

447-444 miljoen jaar geleden: Overgang van Ordovicium naar Siluur (50% van in zee levende soorten stierven uit, er bestond toen nog nauwelijks leven op land)

374-359 miljoen jaar geleden: Boven Devoon (50% van alle soorten)

253 miljoen jaar geleden: Overgang Perm naar Trias (95% (!) van soorten zeeleven en 75% van de landdieren). De eerste in Winterswijk aan het maaiveld zichtbare lagen (**bontzandsteen**) zijn dus direct na deze massa-extinctie gevormd.

202 miljoen jaar geleden: Overgang Trias naar Jura (35% van soorten).

66 miljoen jaar geleden: Overgang Krijt naar Tertiair (75% van all soorten, waaronder de dinosaurïërs). Deze overgang vormt een hiaat in de opeenvolging van aangetroffen gesteenten in het Winterswijkse.

De gegevens van fossiele resten van voor de overgang van Ordovicium naar Siluur zijn te beperkt om eerdere massa-extincties te kunnen onderscheiden.

Wat zijn nu de mogelijk oorzaken voor deze massa-extincties? Het is zeker, dat ze werden veroorzaakt door **plotselinge** veranderingen in de aardse atmosfeer ten gevolge zowel externe (planetoïde inslag) als interne gebeurtenissen (vulkanisme op zeer grote schaal).

Een planetoïde inslag brengt enorme branden, puin-, stof- en roetwolken en tsunami's teweeg. De omgeving van de inslag wordt gefrituurd, laag liggend land wordt wereldwijd overspoeld door enorme vloedgolven, waarna een jarenlange zonsverduistering optreedt. Het proces van foto-synthese stopt en vegetatie verdwijnt, dierlijk leven wordt uitgehongerd of anders wel bevroren. Waarlijk geen prettig vooruitzicht.



Vulkanisme op grote schaal hangt samen met plaattektoniek; het opbreken en uit elkaar bewegen van continent- en oceaanelaten. Zulk vulkanisme pompt gedurende vele jaren zeer grote hoeveelheden broeikasgassen (CO₂ en CH₄) en zwaveldioxide (SO₂) in de atmosfeer, veel meer dan de aarde tegelijkertijd kan compenseren in oceanen, sedimenten en middels andere processen van koolstofopname. De gemiddelde temperaturen van zowel zeewater als op land lopen zodanig snel op, dat vele soorten van leven het niet meer redden. De zure regen t.g.v. de hoge concentratie van zwavel in de atmosfeer doet er nog een schepje bovenop in het vernietigen van de leefomgeving voor plant en dier. Het vulkanisme uit de recente geschiedenis is daarbij vergeleken totaal onbetekenend.

Inmiddels weten we de oorzaken van een aantal massa-extincties. Emiritus professor Jan Smit (VU Amsterdam) heeft decennia geleden aangetoond, dat hoge concentraties van het zeldzame element iridium wereldwijd in aardlagen op de grens Krijt - Tertiair, de meest recente van de massa-extincties, worden aangetroffen. Iridium is een element, dat in hemellichamen veel voorkomt, maar niet in de aardkorst. Zijn redenatie is, dat iridium is neergedwarreld uit een grote stofwolk, die de wereld omtrok na de inslag van een planetoïde. Sindsdien hebben seismologische gegevens een enorme krater van 180 km (!) doorsnee onder het Mexicaanse schiereiland Yucatán aangetoond. Boringen in de inmiddels opgevulde krater hebben relatief hoge concentraties van iridium aangetoond. Ten gevolge van de enorme stofwolk werd de aarde voor enkele jaren in duisternis gehuld, daalde de temperatuur kortstondig, stopte het proces van fotosynthese, verdween vegetatie en stierven de meeste diersoorten uit. Het duurde vervolgens duizenden jaren voordat het ecosysteem zich herstelde, en de temperaturen gedurende de eerste miljoenen jaren van het Tertiair weer op de voorheen "normale" tropische waarden kwamen. Alsof dat nog niet genoeg was, voltrok zich rond dezelfde tijd, aan de andere kant van de aarde, nog een enorme catastrofe. Gedurende enkele miljoenen jaren vloeide er in het huidige India een half miljoen km³ aan basalt uit over de aardoppervlakte, waardoor de zogenaamde "Deccan Traps" werden gevormd. De Deccan Traps bedekten een aardoppervlak van zo'n 1,5 miljoen km² en behoren tot de grootste vulkanische fenomenen uit de geologische geschiedenis, niet vergelijkbaar met hedendaags vulkanisme. Als mogelijk "trigger" voor het extreme vulkanisme wordt een planetoïde inslag met een krater van 40km doorsnee nabij de Deccan Traps genoemd. Deze misère zou er voor gezorgd kunnen hebben dat de zon nog een beetje langer werd verduisterd.

De meest omvattende massa-extinctie, nl. het uitsterven van soorten op de Perm/Trias overgang (253 miljoen jaar geleden) valt samen met de vorming, binnen een tijdsbestek van 1 miljoen jaar, van de zogenaamde "Siberian Traps". Deze zijn met een geschat magma- en lavavolume van 1,7 miljoen km³ nog catastrofaler geweest dan de Deccan Traps. De Siberian Traps veroorzaakte een enorme uitstoot van broeikasgassen, niet zo zeer door de ontgassing van lava en magma, maar vooral door verhitting en ontgassing van de enorme volumes aan omringend koolstofhoudend gesteenten. De gemiddelde atmosferische temperatuur op aarde zou in korte tijd tot boven de 28°C zijn opgelopen, en de kritische grens voor de meeste soorten hebben overstegen. Hier geen afkoeling, maar juist opwarming als mogelijke boosdoener!

Ook in het geval van de Siberian Traps wordt rekening gehouden met de mogelijkheid van een planetoïde inslag als "trigger" voor het opstijgen, vanuit de aardmantel, van de enorme hoeveelheid magma.

Het mag duidelijk zijn, dat een complex aan factoren ten grondslag ligt aan klimaatomslagen en het periodiek massale uitsterven van dieren- en plantensoorten in het geologisch verleden. Veel is nog niet duidelijk, maar wat wel duidelijk is dat die klimaatomslagen heel andere oorzaken hebben dan de huidige klimaatverandering, die in samenhang met de beperkter en vervuilde leefomgevingen, wel tot een zesde massa-extinctie zouden kunnen gaan leiden.

Klimaatverandering

Het simpele bevinding, dat gedurende de laatste 2,5 miljoen jaar (Kwartair periode), de atmosferische CO₂-concentraties continu tussen 180 en 280 ppm schommelde, en dat sinds 1950 de CO₂-concentratie naar 420 ppm is gestegen, zou de alarmbellen bij iedereen moeten doen rinkelen. Deze snelle toename gaat gepaard met een globale temperatuur stijging, die echter wel een natuurlijke component heeft. Deze natuurlijke component van de temperatuurstijging is gerelateerd aan de wereldwijde opwarming sinds de aanvang van het Holoceen, 11.000 jaar geleden, en sinds het einde van "de kleine ijstijd", die liep van 1430 tot 1850. In onderstaande, geschreven in 2019, wordt e.e.a. nader beschouwd.

In de pagina's "geologie" staat beschreven, dat Winterswijk sinds de **Trias periode** voornamelijk in een warm klimaat heeft gelegen. Dit kwam ten dele door de geografische ligging, ons gebied schoof immers van een ligging op de **breedte van de huidige Sahara naar de huidige meer noordelijke breedte**, maar vooral ook door een volledig andere configuratie van land en zee, zeestromingen en atmosfeer.

Zogenaamde "klimaatsceptici" gebruiken zeer selectief incomplete of gefilterde geologische kennis en data om de huidige klimaatverandering te ontkennen of bagatelliseren. Er wordt dan gewezen op de klimaatveranderingen, die in het verre geologische verleden hebben plaats gevonden, of de meer recente koude en warme klimaatperiodes gedurende de laatste eeuwen. Gemakshalve wordt vergeten, dat klimaten in het geologische verleden samenhangen met een andere atmosferische samenstelling dan tegenwoordig en met plaattektoniek, waardoor de verdeling van land en zee, verhouding tussen diepzee en ondiepe zee en de oceaanstromingen heel veel verschilden van de huidige. Bovendien veroorzaakte plaattektoniek lange scheuren in de aardkorst, waarlangs gedurende duizenden jaren lava uitstroomde. Gebeurtenissen veel catastrofaler van omvang dan de vulkaanuitbarstingen van tegenwoordig. Ook vegetatie, die immers CO₂ opneemt, varieerde enorm tussen de geologische periodes. De aarde was heel anders georganiseerd dan nu, en op het geologisch verleden wijzen om de huidige klimaatsituatie te verklaren is appels met peren vergelijken.

Aardwetenschappers hebben op grond van oude ijskapinsluitsels kunnen reconstrueren, dat de atmosferische CO₂-concentratie gedurende de laatste 2,5 mln jaar (Kwartaire periode) fluctueerde tussen 180ppm en 280ppm (Fig. 1).

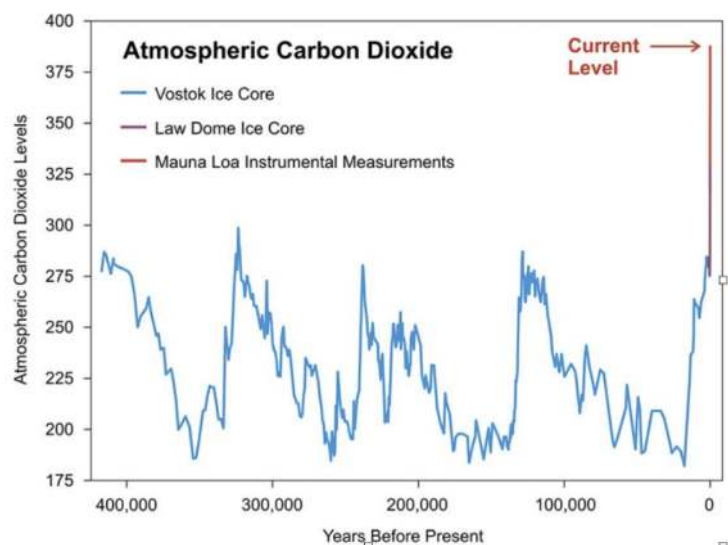


Fig. 1

Deze fluctuaties, in het bijzonder de toenames, verliepen in een geologisch gezien zeer kort tijdsbestek. Sinds 1800 (aanvang van de industriële revolutie) is de CO₂-concentratie naar momenteel ongeveer 400ppm gestegen. Hierbij moet worden vermeld, dat pas sinds 1958 de CO₂-concentraties in de atmosfeer direct worden gemeten, de pre-1958 waarden zijn gebaseerd op ijskapinsluitels. Een dergelijke snelle stijging van CO₂-concentratie naar ruim 400ppm heeft geen precedent in de "recente" geologische geschiedenis en het is zeer aannemelijk dat de "extra" 100ppm CO₂-concentratie veroorzaakt is door menselijk toedoen (antropogeen). Onderzoek aan isotopenratios heeft inderdaad aangetoond, dat de verhoogde CO₂-concentratie deels van fossiele brandstoffen afkomstig is. Alleen al deze bevinding zou ons moeten waarschuwen voor een mogelijke verstoring van de CO₂-balans en de eventuele (klimaat)consequenties. Het is namelijk zeker dat er een verband bestaat tussen CO₂-concentratie (en dat van andere broeikasgassen zoals CH₄) en gemiddelde klimaattemperatuur, want variaties in CO₂-concentraties zonder daaraan gepaard gaande variaties in temperatuur zijn op relevante tijdschalen niet waargenomen.

Grafieken (bijv. Fig. 2) in talloze wetenschappelijke publicaties tonen aan dat de temperatuurverandering en CO₂-concentratieverandering elkaar volgen (o.a. zuurstof en waterstof isotopenratio's in ijskap- en diepzeesediment monsters maken een goede benadering van de temperatuurgeschiedenis mogelijk). Maar wat is nu het oorzakelijk verband?

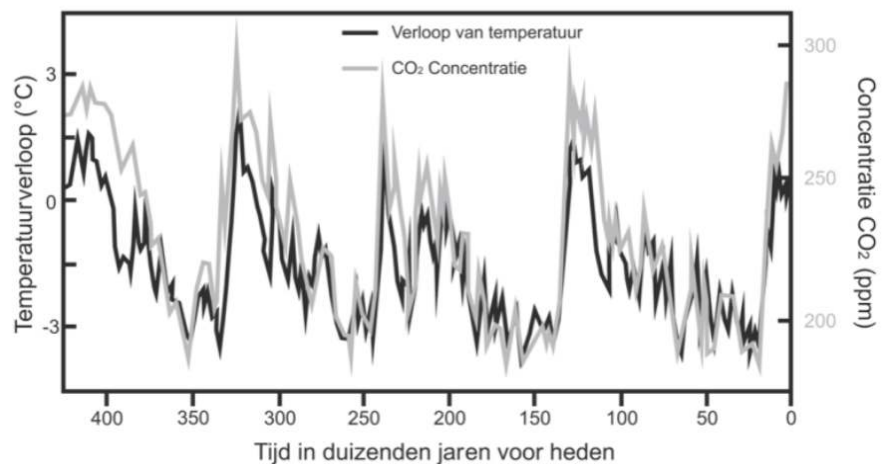


Fig. 2 Bron: Hansen e.a., *The Open Atmospheric Science Journal* (2008)

Niet ten onrechte wordt wel beweerd, dat de temperatuurverandering altijd aan de CO₂ concentratieverandering **voorafging**. Hoewel de tijdnaauwkeurigheid van de reconstructies uit het geologische verleden beperkt is, bestaat in wetenschappelijke kringen inmiddels nagenoeg consensus dat temperatuur leidend is geweest. In het tamelijke "recente" verleden vormden natuurlijke gebeurtenissen, zoals o.a. periodieke veranderingen in de baan van de aarde en activiteit van de zon, de "trigger" voor kortstondige temperatuurveranderingen. Wanneer het op aarde ontvangen stralingsniveau van de zon steeg, leidde dit tot een in eerste instantie kleine temperatuurstijging, die daarna versterkt werd door onder meer een stijging van hoeveelheden ontsnappend broeikasgas uit opgewarmd oceaanoefwater- en bodem (CO₂ en CH₄) en uit rottende vegetatieresten (CH₄ en CO₂) onder zich terugtrekkend permafrost. Deze interactie wordt een "positieve terugkoppeling" genoemd; de in eerste instantie kleine temperatuurveranderingen werden tot de warme interglacialen zoals we die kennen uit de **geologische geschiedenis**. Dit effect was significant groter op het noordelijk halfrond door de grotere landmassa dan op het zuidelijk halfrond.

De situatie is nu tegenovergesteld: De "extra" antropogene broeikasgassen vormen de trigger voor een eerst kleine temperatuurstijging, die dan door positieve terugkoppelingen, zoals hierboven beschreven, tot verdere temperatuurstijging zullen leiden totdat een volgende CO₂-uitwisselingsbalans is bereikt. Veranderende atmosferische CO₂ (en CH₄)-concentraties kunnen dus zowel oorzaak als gevolg zijn van klimaatverandering.

Momenteel is de CO₂-concentratie aanzienlijk hoger dan in het "recente" geologisch verleden (Fig. 1). In het pre-industriële tijdperk van het Kwartair was temperatuur de oorzaak voor de verandering van CO₂-concentratie, maar sinds aanvang van het industriële tijdperk is de anomale CO₂-concentratie minstens ten dele de oorzaak voor temperatuurverandering. Deze temperatuurverandering komt bovenop de natuurlijke temperatuurverandering. De laatste ijstijd dateert immers van "slechts" 11.000 jaar geleden (einde Jonge Dryas), maar belangrijker is de bijdrage van de natuurlijke opwarming sinds de laatste "kleine ijstijd" tussen 1430 en 1850 (samenvallend met een periode van lage zonneactiviteit). Het einde van deze "kleine ijstijd" valt min of meer samen met de aanvang van significante antropogene CO₂ uitstoot (Fig. 5), maar het is ook aannemelijk dat de Aarde sinds 1850 in een fase van natuurlijke klimaatopwarming verkeert.

Hoe groot is nu het effect van de antropogene broeikasgassen in verhouding tot klimaatverandering veroorzaakt door natuurlijke processen? Hoe effectief kan men bijsturen door het nemen van "klimaatmaatregelen"? Het IPCC houdt in de projecties geen rekening met de natuurlijke bijdrages en lijkt daardoor de menselijke bijdrage aan de klimaatgevoeligheid voor CO₂-concentratie te overschatten.

Een simpel rekenvoorbeeld kan bovenstaande verhelderen. Wanneer we aannemen dat een CO₂-concentratie van 300ppm (Fig. 1) als een natuurlijk maximum is te beschouwen, dan is sinds 1910 de CO₂-concentratie "hoger dan natuurlijk" (>300ppm, Fig. 3).

De gemiddelde **natuurlijke** temperatuurstijging tussen begin 1850 (einde van de "kleine ijstijd") en 1910 bedraagt ongeveer 0,4 °C **per eeuw** (Fig. 4).

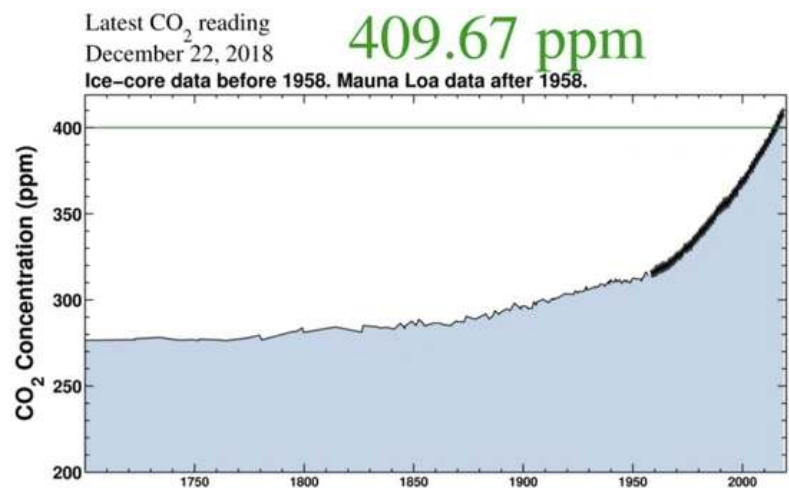


Fig.3

Sinds 1910 bedraagt de temperatuur stijging ongeveer 1,2 °C **per eeuw**, waarvan dus mogelijk 0,4 °C (~35%) ten gevolge van natuurlijke factoren en 0,8 °C ten gevolge van de anomaal hoge CO₂-concentratie en daarmee gerelateerde positieve terugkoppelingen.

Een iets ander rekenvoorbeeld: Na de tweede wereldoorlog, rond 1950, begon een zeer sterke toename van globale CO₂ uitstoot (Fig. 5). Het lijkt dan ook redelijk om de door menselijk toedoen veroorzaakte, relevante CO₂-concentratie stijging pas in 1950 (bij 310ppm CO₂, Fig.3) te veronderstellen. In dit geval bedraagt de **natuurlijke** temperatuur stijging 0,7 °C **per eeuw** (Fig. 4, periode 1850 – 1950) en is de temperatuurstijging van 0,9 °C sinds 1950 (met name sinds 1970) voor ongeveer 50% toe te schrijven aan menselijk toedoen. Zoals we hier zien kan klimaatstatistiek door (niet-)klimaatwetenschappers op velerlei wijzen worden bedreven.

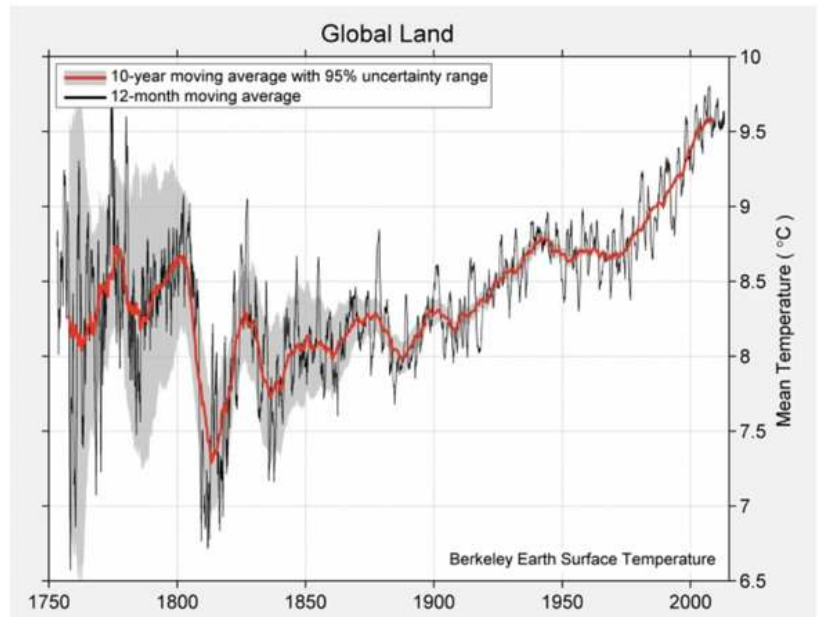


Fig.4

Bovenstaand cijferwerk is gebaseerd op allerlei benaderingen. De werkelijkheid is veel gecompliceerder. Er zijn onzekerheden in temperatuurmetingen, waarvan locaties en methodes onderling verschillen. De terugkoppelingen tussen klimaatverandering en o.a. ijsbedekking, wolkenbedekking, waterdampconcentratie, oceaan- en luchtstromen, vegetatie en broeikasgassen zijn extreem moeilijk te modelleren en deels onbekend. Bovendien zijn o.a. vulkanisme, luchtvervuiling, verstedelijking, oceaanstromingen, rotatie en baan van de aarde van invloed op het weer, en dus op temperatuurmetingen gedurende een tijdsinterval van enkele jaren.

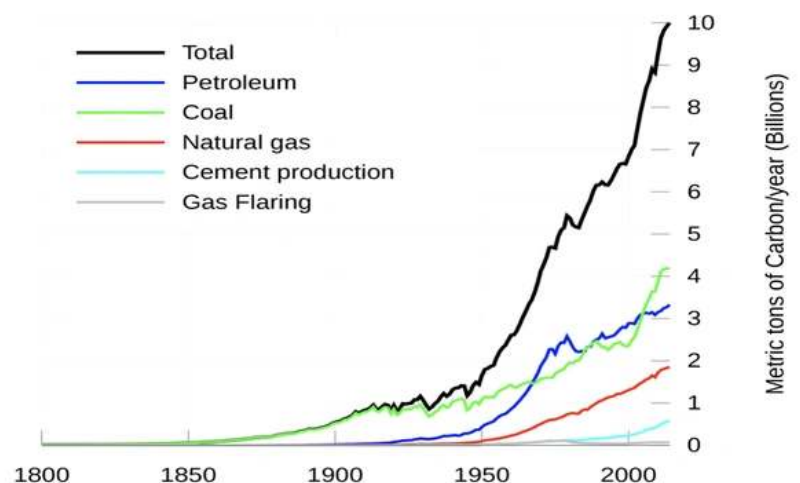
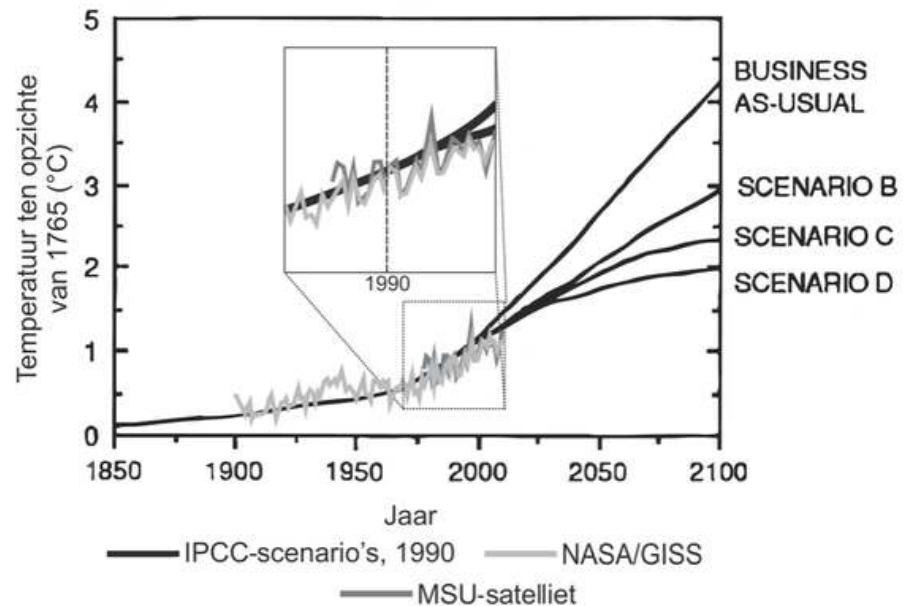


Fig. 5

Men kan zich afvragen welk tijdsinterval voldoende lang is om statistisch relevante klimaatrends af te leiden. Klimaatsceptici gebruiken grafieken, die zouden aantonen dat de IPCC scenario's klimaatopwarming ten gevolge van verhoogde CO₂-concentratie overschatten. Figuur 6 lijkt het tegendeel te bewijzen: Zelfs de verouderde (?) 1990 IPCC modellen lijken zo slecht nog niet. Te weinig tijd is verstreken om een 100% accurate relatie tussen gemeten broeikasgas-concentraties en temperaturen vast te stellen; klimaatschommelingen met een cyclus van enkele tientallen jaren zijn welbekend uit de geschiedenis. Er is erg veel over klimaatverandering gepubliceerd en afhankelijk van het standpunt dat men inneemt kan men de informatie naar behoefte filteren. Feit blijft dat de gemiddelde globale temperatuur toeneemt, zo ook de atmosferische CO₂-concentratie, met een snelheid die niet door alleen natuurlijke processen kan worden verklaard.

Fig.6. De onderliggende, zwarte lijnen zijn de projecties van IPCC temperatuurscenario's uit 1990, met daaroverheen (in grijs) de metingen van temperatuur vanaf 1860 tot nu. In het kader is duidelijk te zien hoe de gemeten temperatuur met nagenoeg dezelfde snelheid stijgt als aangegeven in het IPCC-rapport van 1990. [Bronnen: IPCC en KNMI20]



Samenvattend: De mens kan door reductie van CO₂ uitstoot slechts in beperkte mate de geprojecteerde

klimaatopwarming bijsturen. De huidige opwarming lijkt deels een natuurlijk oorzak te hebben en de reeds aanwezige verhoging van atmosferische CO₂-concentratie zal, middels positieve terugkoppelingen, nog decennia lang klimaatverandering beïnvloeden totdat een nieuwe balans is gevonden. Hoewel de IPCC de rol van mens met betrekking tot klimaatverandering mogelijk overschat, feit is dat het klimaat verandert. De IPCC temperatuurprojecties zijn een goede benadering van de opwarming ten gevolge van het totaal aan menselijke en natuurlijke bijdrages.

Op een matigend temperatuur effect ten gevolge van het passeren van het maximum van het huidige interglaciaal moeten we maar niet hopen. Het komen en gaan van ijstijden speelt zich af over periodes van tienduizenden jaren. Het is niet realistisch te rekenen op een volgende ijstijd ter compensatie van de toekomstige opwarming.

Het beperken van het verbruik van fossiele grondstoffen is zonder meer zeer verstandig, maar het effect op klimaatverandering is mogelijk beperkter dan we zouden willen. De relatieve grootte van de natuurlijke component van de klimaatverandering valt niet goed in te schatten, maar die natuurlijke component is zeker aanwezig. Omdat klimaatopwarming onvermijdelijk nog decennia lang zal doorgaan, zullen we ons sowieso moeten wapenen tegen de gevolgen daarvan.