

Bodemdalingsmonitor 2022 **Kustfundament en getijdenbekkens**

Bodemdaling en GNSS-stations



Bodemdalingsmonitor 2022 Kustfundament en getijdenbekkens
Bodemdaling en GNSS-stations

Auteur(s)

Laura Nougues

Bodemdalingsmonitor 2022 Kustfundament en getijdenbekkens

Bodemdaling en GNSS-stations

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	mevrouw M. Rommel
Referenties	n.v.t.
Trefwoorden	Bodemdaling, GNSS, NETPOS, AGRS, funderingen

Documentgegevens

Versie	0.2
Datum	19-12-2022
Projectnummer	11208035-003
Document ID	11208035-003-ZKS-0004
Pagina's	76
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Laura Nougès	

Samenvatting

In het gehele kustfundament en in de getijdenbekkens vindt bodemdaling plaats en deze draagt bij aan relatieve zeespiegelstijging (de som van absolute zeespiegel- en bodembewegingen). Relatieve zeespiegelstijging leidt tot verhoogde overstromingsrisico's en het is daarom van nationaal belang om relatieve zeespiegelstijging te monitoren en de bijdrage van bodemdaling aan deze stijging te kwantificeren. Bodemdaling binnen het kustfundament en de getijdenbekkens wordt veroorzaakt door geologische bodembewegingen en door menselijk ingrepen, met name door het winnen van gas. In eerdere Deltares rapporten zijn de verschillende componenten van beide typen bodemdaling benoemd en hun bijdragen, inclusief onzekerheden, gekwantificeerd (Hijma & Kooi, 2018a (11200538-008-ZKS-0001); 2018b (11202190-001-ZKS-0001_v1.0).; Hijma & Van Onselen, 2019 (11203683-002-ZKS-0017); 2020 (11205236-002-ZKS-0004); Hijma, 2021 (11206794-003-ZKS-0002); 2022 (11208035-003-ZKS-0003)). Dit onderzoek wordt uitgevoerd binnen de *Bodemdalingsmonitor* van het KPP-project 'Beheer en onderhoud van de Nederlandse kust' (BenO Kust).

Onderliggend rapport gaat in op het belang van Global Navigation Satellite System (GNSS) stations voor het vaststellen van geologische bodemdaling. In dit onderzoek is er alleen gekeken naar de stations die deel uitmaken van het Actief GNSS-Referentie-Systeem (AGRS) of het *Netherlands Positioning Service* (NETPOS) netwerk. Deze twee netwerken bestaan uit 50 stations (December 2022). Van deze stations is veel bekend en ze zijn eerder gebruikt binnen de *Bodemdalingsmonitor*, maar het is niet bekend hoe diep ze gefundeerd staan, wat de lokale geologische opbouw is en dus ook niet welk type bodemdaling ze exact meten. Een station dat bijvoorbeeld niet gefundeerd is in het Pleistoceen, zal ook beïnvloed worden door compactie en wellicht veenoxidatie in het Holocene pakket en zal dus niet alleen geologische bodemdaling meten maar ook ondiepe bodemdaling. Om stations met elkaar te kunnen vergelijken en te weten of ze geologische bodemdaling meten is het dus nodig om de funderingsdiepte en lokale geologie goed in beeld te hebben. Onzekerheden in funderingsdieptes kunnen tot forse verschillen leiden in gemeten verticale bodembewegingssnelheid tussen de stations, omdat verschillende bodembewegingen dan met elkaar worden vergeleken.

Het hoofddoel van dit onderzoek is om beter begrip te krijgen over welke bodembewegingen de stations werkelijk meten. Zo kan GNSS-data beter gebruikt worden voor een vergelijking met gemodelleerde geologische bodemdaling. Dit kan behaald worden door beter vast te leggen wat de funderingsdiepte is van deze stations en de bijbehorende geologische opbouw. Een tweede doel van dit dataverzamelingsproject is het samenvoegen van alle beschikbare AGRS en NETPOS informatie in één database, met voor alle stations een identiek formaat.

Tijdens de data-inventarisatie is gebleken dat veel informatie niet direct beschikbaar is. De funderingsdieptes van bijna alle stations zijn bijvoorbeeld onbekend. Dit heeft als achtergrond dat de aanleg van AGRS en NETPOS stations nooit bedoeld is om bodemdalingsonderzoek mee uit te voeren en deze informatie daarom destijds niet is vastgelegd. Vanwege het ontbreken van de funderingsdiepte is het vooralsnog niet mogelijk om vast te stellen of de verschillen tussen de gemeten en gemodelleerde bodembewegingsreeksen veroorzaakt worden door verschillen in funderingsdieptes. In het vervolgonderzoek zullen funderingsdieptes gegevens verzameld worden door ofwel contact op te nemen met het gebouwbeheer van alle gebouwen waar stations aan bevestigd zijn, of door in de archieven de bouwplannen op te zoeken.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	6
2	Methodologie	9
2.1	Locatiekarakteristieken	9
2.2	Funderingskarakteristieken	9
2.3	Geologische karakteristieken	10
2.4	Kwaliteitsbeoordeling	11
2.5	Vaststelling van bodembeweging	11
3	Resultaten	13
4	Discussie	15
5	Vervolgstappen	18
	Literatuurlijst	20
A	Verzamelde data	21
B	Geologische samenstelling	23

1 Inleiding

De zeespiegel langs de gehele Nederlandse kust stijgt en een deel van die stijging wordt veroorzaakt door bodemdaling. De bijdrage van bodemdaling wordt al decennia onderzocht (zie bijvoorbeeld Jelgersma, 1961; Lorenz et al., 1991; Barends et al., 2008), maar sinds 2017 ook binnen het KPP Programma B&O Kust van RWS-WVL¹ waarbij specifiek de bodemdaling van het kustfundament en de getijdenbekkens geanalyseerd wordt (Hijma & Kooi, 2018a (11200538-008-ZKS-0001); 2018b (11202190-001-ZKS-0001_v1.0); Hijma & Van Onselen, 2019 (11203683-002-ZKS-0017); 2020 (11205236-002-ZKS-0004); Hijma, 2021 (11206794-003-ZKS-0002)). Het achterliggende hoofddoel is om onderbouwde berekeningen van het volumeverlies door bodemdaling in deze gebieden te kunnen maken, zodat de hoeveelheden sediment in deze gebieden beter beheerd kunnen worden. Bij het onderzoek naar bodemdaling wordt onderscheid gemaakt tussen geologische bodemdaling (gemiddeld 25% van de totale relatieve zeespiegelstijging) en daling door delfstofwinning.

In 2019 is voor het eerst gepubliceerd over bodemdaling van het kustfundament en de getijdenbekkens onder de noemer van de *Bodemdalingsmonitor*, in analogie met de reeds bestaande *Zeespiegelmonitor* (Baart et al., 2018; in 2023 verschijnt een update van de Zeespiegelmonitor) die zich richt op de actuele zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust. Tot de jaarlijkse werkzaamheden voor de Bodemdalingsmonitor behoren het integreren van nieuwe ontwikkelingen omtrent dit onderwerp en regelmatig overleg met experts van instituten en universiteiten. Daarnaast worden alle of - afhankelijk van prioriteiten - een aantal van de aanbevelingen uit het voorgaande rapport uitgevoerd.

Eén van de aanbevelingen is om de ontwikkelde modellen voor bodemdaling te vergelijken en te verbeteren met data van Global Navigation Satellite System (GNSS) stations. In Nederland staan veel van deze stations en ze kunnen gebruikt worden voor het meten van bodembeweging. Om een vergelijking te kunnen maken met de bodembeweging uit de modellen is het hierbij wel noodzakelijk om heel goed te weten welke bodembeweging de GNSS-stations meten, aangezien dit afhankelijk is van zowel de diepte als het type fundering, als van lokale geologische en hydrologische omstandigheden. Voor vrijwel alle stations is deze informatie niet beschikbaar.

Dit rapport is een eerste aanzet om al deze informatie bij elkaar te brengen voor een deel van de GNSS-stations. Het betreft de stations die onderdeel zijn van het Actief GNSS Referentie Systeem (AGRS) van het Kadaster en RWS-CIV en de stations die vallen onder de Netherlands Positioning Service (NETPOS) en beheerd worden door de Nederlandse Samenwerking Geodetische Infrastructuur (NSGI). AGRS is de schakel tussen het Rijksdriehoeksstelsel (RD), het Normaal Amsterdams Peil (NAP) en internationale systemen zoals ETRS89 en ITRS/WGS84. NETPOS stations worden primair gebruikt voor real-time positiebepaling. Beide netwerken bestaan uit permanente GNSS-stations uitgerust met GNSS-antennes en -ontvangers (NSGI, z.d.). De locaties van de Nederlandse AGRS en NETPOS stations zijn in Figuur 1.1 te zien.

¹ Kennis Primaire Processen Programma Beheer & Onderhoud Kust van Rijkswaterstaat-Water, verkeer en leefomgeving. Dit programma wordt in een samenwerking tussen RWS-WVL en Deltares uitgevoerd.



Figuur 1.1: 50 AGRS en NETPOS stations in Nederland.

De GNSS-stations meten niet direct verticale bodembewegingen, maar de afstand tussen het station en de satelliet. Deze wordt onder andere beïnvloed door horizontale bewegingen als gevolg van met name platentektoniek. Om te komen tot een betrouwbare verticale bodembeweging van het station moeten complexe berekeningen worden uitgevoerd (zie bijvoorbeeld Blewitt et al., 2016), waarbij ook seizoensinvloeden en meetiaten meegenomen moeten worden. Afhankelijk van de berekening, de lengte van de meetreeks en het referentiesysteem waarmee gewerkt wordt kunnen behoorlijk grote verschillen optreden tussen de berekende verticale bodembewegingen (Hijma et al., 2020).

Een ander probleem bij sommige GNSS-datasets is dat het vaak niet bekend is hoe diep het station gefundeerd staat. De meeste stations in Nederland zitten vast aan gebouwen die gefundeerd zullen zijn tot in het Pleistocene zand, maar tot welke diepte is niet bekend. Sommige stations zijn op losstaande palen geïnstalleerd waarvan onduidelijk is waar de fundering uit bestaat en hoe diep deze reikt (Hijma et al., 2020).

Verschillende funderingsdieptes kunnen tot forse verschillen leiden in gemeten verticale bodembewegingssnelheid tussen de stations, ook die dicht bij elkaar gelegen zijn (binnen een straal van 25 km), omdat verschillende bodembewegingen met elkaar worden vergeleken. Dit is terug te zien bij bijvoorbeeld de volgende stations:

- Assen en de twee Westerbork stations (14.95 cm in 7 km)
- Delft en Rotterdam (9.41 cm in 12 km)

Een station dat bijvoorbeeld niet gefundeerd is in het Pleistoceen, zal ook beïnvloed worden door compactie en wellicht veenoxidatie in het Holocene pakket. Met informatie over de funderingsdiepte kan beter gefilterd worden op stations die de diepere, geologische, bodemdaling meten. En deze stations kunnen vervolgens gebruikt worden om de modellen voor geologische bodemdaling, die gebruikt worden binnen de *Bodemdalingsmonitor*, te valideren en eventueel te kalibreren. Hierbij is het noodzakelijk om GNSS-stations voor heel Nederland te gebruiken en niet alleen van het kustgebied. De geologische bodemdalingsprocessen variëren op regionale/nationale schaal en de modellen zijn ook voor dergelijke schalen opgesteld. Om deze modellen te verbeteren is daarom ook monitoringsdata op deze schaal nodig.

Naast het ontbreken van funderingsdieptes is ook niet goed bekend, en zeker niet goed geadmireerd, wat de geologische opbouw ter plaatse van de GNSS-stations is. Dit is problematisch, omdat alleen een funderingsdiepte niet genoeg is om te begrijpen van welke laag de bodemdaling gemeten wordt. Hiervoor is het noodzakelijk om de funderingsdiepte te koppelen aan de geologische opbouw.

Het hoofdoel van dit onderzoek is daarom om beter vast te leggen wat de funderingsdiepte en geologische opbouw is. Alleen op deze manier kan beter begrepen worden welke bodembewegingen de AGRS en NETPOS stations werkelijk meten en kan de GNSS-data gebruikt worden voor een vergelijking met gemodelleerde geologische bodemdaling.

Bovenstaande informatie zal toegevoegd worden aan de bestaande metadata-tabellen voor de GNSS-station. Deze worden momenteel bijgehouden in een samenwerking van het Kadaster, RWS-CIV en de TU Delft. Deze metadata is momenteel echter verspreid over meerdere platforms. Een tweede doel van dit dataverzamelingsproject is het samenvoegen van alle beschikbare AGRS en NETPOS informatie in één database, met voor alle stations een identiek formaat.

2 Methodologie

De basis van de dataverzameling zijn gegevens die verzameld zijn via de sites van:

- TU Delft (TU Delft, z.d.)
- NSGI (NSGI, z.d.)

In het vervolg van dit rapport worden deze sites aangeduid als de *basissites*.

Vanuit de beschikbare gegevens is er een initiële lijst gemaakt met alle benodigde stationparameters om de doelen van deze studie te bereiken: beter begrip krijgen over de gemeten bodembewegingen. Vervolgens is de lijst uitgebreid met parameters die in samenspraak met Bas Alberts van RWS-CIV, Hans van der Marel van TU Delft en Lennard Huisman van het Kadaster zijn gekozen. Alle parameters zijn onderverdeeld in vijf categorieën: 1) locatiekarakteristieken, 2) funderingskarakteristieken, 3) geologische karakteristieken, 4) kwaliteitsbeoordeling en 5) vaststelling van bodembeweging. Hieronder wordt per categorie beschreven welke parameters verzameld zijn en waar en hoe deze gevonden zijn.

2.1 Locatiekarakteristieken

- Station locatie: plaats waar het station zich bevindt. Verzameld via de basissites.
- Marker ID: unieke station ID. Verzameld via de basissites.
- X-coördinaat (EPSG: 7930): station x-coördinaat. Verzameld via de basissites.
- Y-coördinaat (EPSG: 7930): station y-coördinaat. Verzameld via de basissites.
- Z-coördinaat (EPSG: 7930): station z-coördinaat. Verzameld via de basissites.
- Startdatum: datum waarop het station is begonnen met meten. Verzameld via de basissites.
- Modificatielogboek: alle wijzigingen die aan het station zijn aangebracht.
- Fotodirectory: foto's die laten zien waar en hoe de stations geïnstalleerd zijn. Verzameld via de basissites.
- NAP-peilmerken: NAP-peilmerken waar de stations aan gelinkt worden. In deze studie zijn deze gekozen als de dichtstbijzijnde diepe ondergrondse merken die verzameld zijn via NAPinfo (Rijkswaterstaat, z.d.). In de praktijk zijn niet alle stations aangesloten op de dichtstbijzijnde diepe ondergrondse merken, soms zijn het enkel twee of meer gewone peilmerken. In het vervolgonderzoek zullen de peilmerken gecontroleerd worden met beschikbare kadaster data.

2.2 Funderingskarakteristieken

- Funderingssoort en -diepte: beschrijving van de funderingssoort. Dit is deels verzameld via de basissites, maar daar ontbreekt een groot deel van deze informatie. Voor alle stations waar de funderingsdieptes ontbreken, is de funderingsdiepte momenteel leeg gelaten om dit in het vervolgonderzoek verder aan te vullen.
- Constructiesoort en hoogte: beschrijving van het gebouw waar het station aan bevestigd is en de hoogte van het gebouw. Als het station niet aan een gebouw bevestigd is, zijn deze cellen leeg gelaten. De informatie is deels verzameld via de basissites. Voor de stations waar deze informatie ontbrak, zijn de foto's uit de fotodirectory gebruikt om de constructiesoort te bepalen. De constructiehoogten zijn verzameld uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) (AHN, z.d.).
- Monumentsoort en hoogte: beschrijving van de verbinding tussen de constructie en de station antenne. In deze studie zijn dit of stalen masten, RVS palen of Integrated Geodetic Reference Stations (IGRS). In Figuur 2.1 zijn deze verschillende

monumentensoorten terug te zien. Dit is deels verzameld via de basissites. Voor de monumenthoogtes waar geen informatie beschikbaar was, is er een schatting gemaakt op basis van de beschikbare foto's in de fotodirectory. Als dit op de foto's niet duidelijk was, zijn deze waarden leeg gelaten om dit in het vervolg onderzoek verder uit te zoeken.



Figuur 2.1: Verschillende mogelijke monumenten. Van links naar rechts: stalen mast (Terschelling), RVS paal (Hoek van Holland), IGRS (Zegveld).

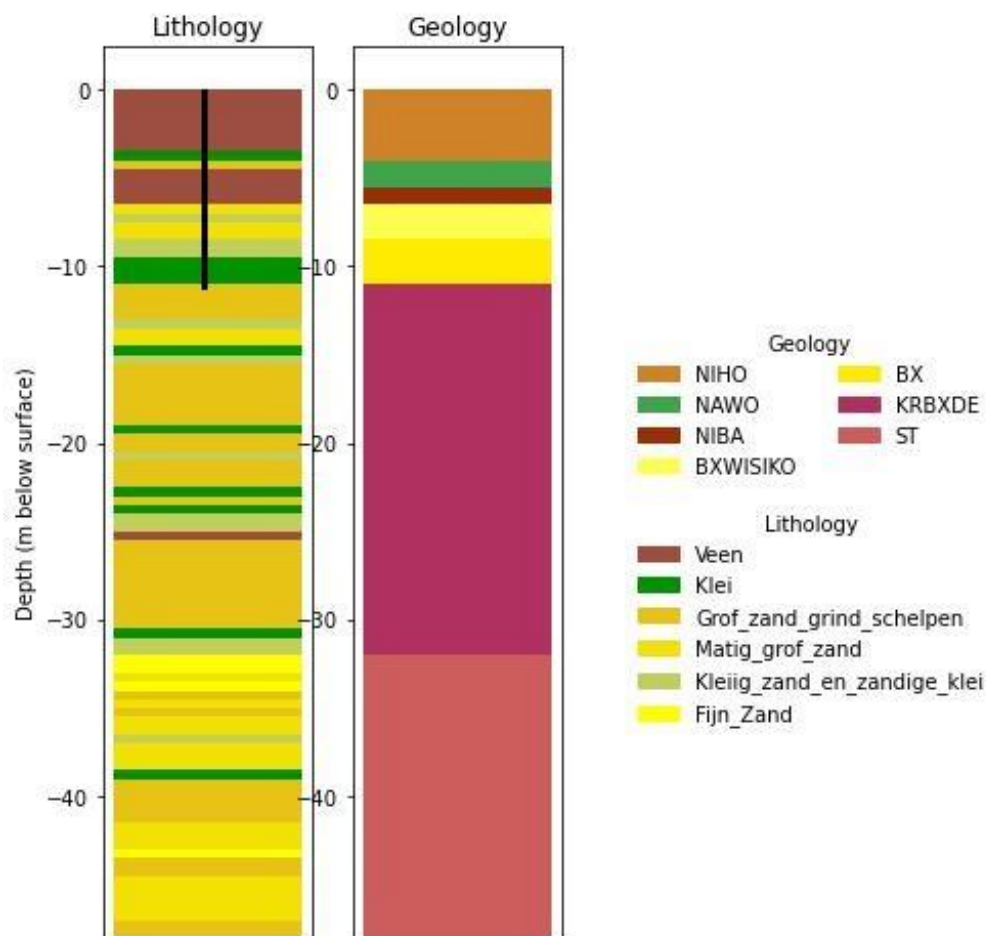
- Antenne-interface: beschrijving van hoe de station antennes bevestigd zijn. Dit is deels verzameld via de basissites. Voor de stations waar deze informatie ontbrak, is er een schatting gemaakt op basis van de beschikbare foto's. Als de verbindingen niet zichtbaar waren, zijn deze cellen leeg gelaten om dit in het vervolg onderzoek verder uit te zoeken.

2.3 Geologische karakteristieken

- Geologische samenstelling van de bovenste 50 m: voor de stations die binnen de GeoTOP begrenzing vallen, is de lithologie en geologie van de bovenste 50 m van de ondergrond verzameld uit het GeoTOP model (DINOloket, z.d.). Voor de locaties die buiten de begrenzing vallen, is de lithologie en geologie verzameld uit het REGIS model (DINOloket, z.d.). In het geval dat er een boormonsterprofiel beschikbaar was op de locatie van het station (momenteel alleen Rouveen en Zegveld), is dit profiel gebruikt tot de boormonsterprofiel einddiepte en verder aangevuld met informatie uit GeoTOP of REGIS.
- Bron geologische samenstelling: beschrijving van waar de geologische samenstelling verzameld is.
- Geologische laag aan de onderkant van de fundering: de lithologie en geologie van de laag waar de onderkant van de fundering in staat.

Voor alle stations is er figuur gemaakt van de geologische samenstelling. Als de funderingsdiepte bekend is, is deze in de figuur ook uitgezet. In Figuur 2.2 is voor het station in Zegveld hier een voorbeeld van te zien. Voor alle stations is er een vergelijkbaar figuur gemaakt, zie bijlage B, afhankelijk van of de funderingsdiepte bekend is of niet.

Zegveld, ZEGV 0 0 NLD



Figuur 2.2: Geologische samenstelling van bovenste 50 m bij het station in Zegveld. De fundering reikt tot een diepte van 11,5 m. Zie bijlage B voor een legenda van de geologie.

2.4 Kwaliteitsbeoordeling

- Kwaliteitsbeoordeling in relatie tot de geologische karakteristieken (1,2 of 3):
 1. Lage kwaliteit: REGIS data is gebruikt.
 2. Gemiddelde kwaliteit: GeoTOP data is gebruikt.
 3. Hoge kwaliteit: boormonsterprofiel is gebruikt. *Alleen geldig als boormonsterprofiel de funderingsdiepte bereikt.*
- Kwaliteitsbeoordeling in relatie tot de funderingskarakteristieken (laag of hoog):
 - Lage kwaliteit: vuistregel gehanteerd om funderingsdiepte te bepalen.
 - Hoge kwaliteit: archief data gebruikt om funderingsdiepte te bepalen.

2.5 Vaststelling van bodembeweging

- Gemodelleerde geologische bodembeweging: gemodelleerde geologische bodemdaling verkregen uit het geologische bodemdalingsmodel in cm/eeuw van de Bodemdalingsmonitor (Hijma et al., 2022).
- Gemodelleerde bodembeweging door winning: deze kolom viel buiten de scope van het huidige onderzoek en zal in het vervolgonderzoek mee worden genomen.
- Gemeten bodembeweging: de door de GNSS-stations gemeten bodemdalingsgegevens in cm/eeuw. Verzameld via Nevada Geodetic Laboratory

(z.d.). De metingen van de vier stations die in 2022 geïnstalleerd zijn (Den Helder, Epen, Harlingen en Delfzijl), zijn nog niet beschikbaar.

- Verschil gemodelleerde en gemeten waarden: het verschil in snelheid (cm/eeuw) tussen de gemodelleerde en de gemeten bodembewegingen. Momenteel wordt er voor de gemodelleerde waarden alleen naar geologische bodembewegingen gekeken.

Alle bovengenoemde gegevens zijn voor de 50 NETPOS- en ARGS-stations verzameld en ingevuld in een Excel-document. Zoals al eerder vermeld, is een doel van dit onderzoek om alle gegevens in één database te plaatsen, waarbij alle stationgegevens hetzelfde formaat hebben. Inzet is om deze database de centrale database te laten worden die dan beheerd kan worden door het consortium van TU Delft, het Kadaster, RWS-CIV en Deltares. De verzamelde gegevens, exclusief de *kwaliteitsbeoordeling*, zijn vervolgens vanuit het Excel-document omgeschreven naar een XML-bestand om alle informatie in de database te zetten.

3 Resultaten

In Bijlage A kan de Excel tabel met alle verzamelde gegevens van de NETPOS en AGRS stations gevonden worden. In Tabel 3.1 zijn, per stations, de gemodelleerde en gemeten bodembewegingswaardes te vinden en het verschil tussen de twee.

Tabel 3.3.1: Gemodelleerde en gemeten bodembewegingswaardes per station en het verschil tussen de waardes.

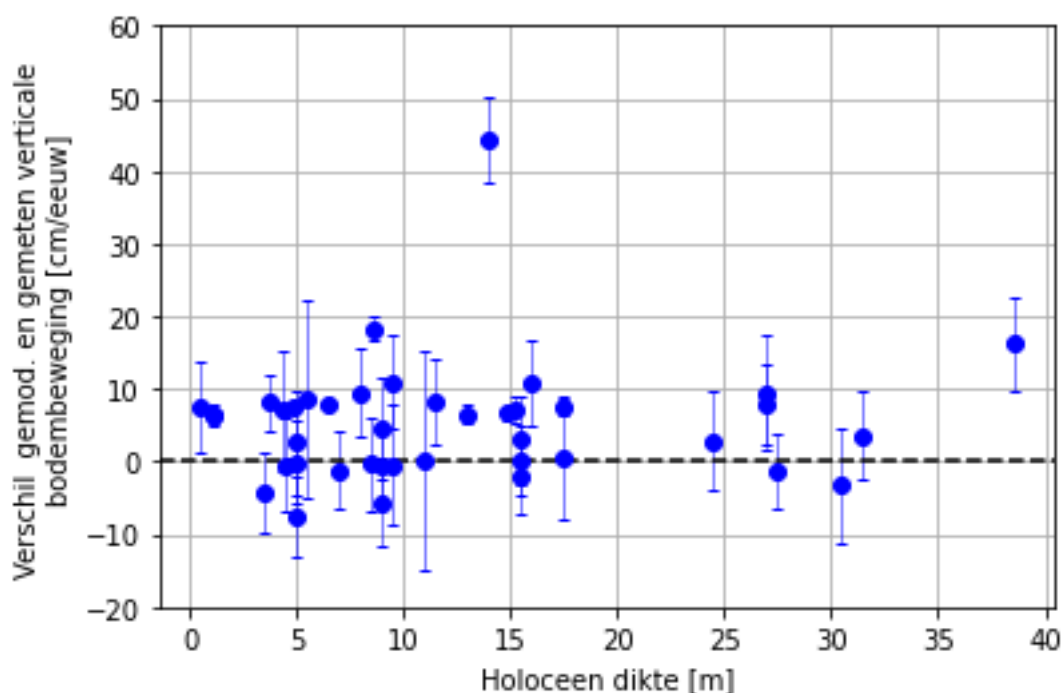
Station locatie	Station ID	Begin datum station metingen	Gemodelleerde snelheid van geologische verticale landbeweging (cm/eeuw (Bodemdalingsmonitor (Hijma, 2022)))	Gemeten snelheid van verticale landbeweging (cm/eeuw) (NGL, geraadpleegd op 08/12/22)	Vershil in snelheid tussen gemodelleerde en gemeten verticale landbeweging (cm/eeuw)
Ameland	AMEL 0 0 NLD	15-6-2014	-5.90 ± 2.95	-2.58 ± 7.45	-3.32 ± 8.01
Amsterdam	AMST 0 0 NLD	10-8-2005	-4.83 ± 2.42	-15.71 ± 5.51	10.88 ± 6.02
Apeldoorn	APEL 0 0 NLD	3-8-2000	-3.92 ± 1.96	-4.79 ± 4.65	0.87 ± 5.05
Apeldoorn	ADR2 0 0 NLD	17-5-2006	-3.85 ± 1.93	-5.65 ± 5.35	1.80 ± 5.69
Arnhem	ARNH 0 0 NLD	2-8-2005	-3.27 ± 1.64	0.96 ± 5.38	-4.23 ± 5.62
Assen	ASS2 0 0 NLD	10-1-2010	-4.50 ± 2.25	-18.10 ± 6.23	13.60 ± 6.62
Boxmeer	BOXM 0 0 NLD	25-8-2005	-2.48 ± 1.24	1.81 ± 6.09	-4.29 ± 6.21
Breda	BRD2 0 0 NLD	15-4-2009	-2.85 ± 1.43	3.40 ± 6.09	-6.25 ± 6.26
Cabauw	CBW1 0 0 NLD	16-5-2019	-3.79 ± 1.90	-3.17 ± 4.59	-0.62 ± 4.97
Delft	DEL 0 0 NLD	30-12-1994	-3.92 ± 1.96	-4.05 ± 4.21	0.13 ± 4.64
Delft	DLF1 0 0 NLD	15-4-2011	-3.92 ± 1.96	-6.85 ± 5.75	2.93 ± 6.07
Delfzijl	DZYL 0 0 NLD	20-9-2005	-4.75 ± 2.38	-49.04 ± 5.26	44.29 ± 5.77
Delfzijl	DELZ 0 0 NLD	18-8-2022	-4.77 ± 2.39	<i>Nog Niet beschikbaar</i>	
Den Helder	DHEL 0 0 NLD	6-9-2022	-5.34 ± 2.67	<i>Nog niet beschikbaar</i>	
Eibergen	EBRG 0 0 NLD	5-9-2005	-3.03 ± 1.52	-11.31 ± 5.58	8.28 ± 5.78
Eijsden	EIJS 0 0 NLD	27-8-1996	<i>Valt buiten kaart</i>	6.24 ± 4.05	
Eindhoven	EHVN 0 0 NLD	2-8-2005	-2.64 ± 1.32	-0.99 ± 4.92	-1.65 ± 5.09
Epen	EPEN 0 0 NLD	24-6-2022	<i>Valt buiten kaart</i>	<i>Nog niet beschikbaar</i>	
Harlingen	HARL 0 0 NLD	6-9-2022	-6.00 ± 3.00	<i>Nog niet beschikbaar</i>	
Hoek van Holland	HHOL 0 0 NLD	25-7-2006	-3.67 ± 1.84	-11.47 ± 5.16	7.80 ± 5.48

Hoogeveen	HOOG 0 0 NLD	3-10-2005	-4.32 ± 2.16	-4.34 ± 5.27	0.02 ± 5.70
IJmuiden	IJMU 0 0 NLD	29-12-2004	-4.94 ± 2.47	-13.18 ± 5.21	8.24 ± 5.77
Joure	JOUR 0 0 NLD	20-9-2005	-5.20 ± 2.60	-5.12 ± 5.21	-0.08 ± 5.82
Kerkrade	KERK 0 0 NLD	13-10-2006	<i>Valt buiten kaart</i>	20.99 ± 5.38	
Leeuwarden	LWRD 0 0 NLD	20-9-2009	-5.62 ± 2.81	-16.63 ± 5.91	11.01 ± 6.54
Lelystad	LELY 0 0 NLD	2-8-2005	-4.96 ± 2.48	-3.75 ± 5.18	-1.21 ± 5.74
Lith	LITH 0 0 NLD	25-8-2005	-3.10 ± 1.55	4.54 ± 5.26	-7.64 ± 5.48
Maastricht	MSTR 0 0 NLD	8-8-2005	<i>Valt buiten kaart</i>	9.67 ± 5.31	
Oldenzaal	OLDE 0 0 NLD	28-9-2005	-3.31 ± 1.66	-1.95 ± 4.89	-1.36 ± 5.16
Radio Kootwijk	KOS1 0 0 NLD	23-5-2013	-4.02 ± 2.01	-6.66 ± 6.91	2.64 ± 7.20
Rilland	RIL2 0 0 NLD	18-7-2012	-2.45 ± 1.23	-2.85 ± 8.10	0.40 ± 8.19
Roermond	ROE2 0 0 NLD	29-8-2011	-2.13 ± 1.07	-6.65 ± 6.92	4.52 ± 7.00
Rotterdam	RDAM 0 0 NLD	10-11-2008	-3.74 ± 1.87	-13.28 ± 5.72	9.54 ± 6.02
Rouveen	ROVN 0 0 NLD	28-2-2020	-4.24 ± 2.12	-2.66 ± 16.21	-1.58 ± 16.35
Sas van Gent	SASG 0 0 NLD	7-10-2005	-2.05 ± 1.03	0.01 ± 5.20	-2.06 ± 5.30
Scharendijke	SDYK 0 0 NLD	10-8-2005	-2.93 ± 1.47	-19.24 ± 6.23	16.31 ± 6.40
Schiermonnikoog	SCHI 0 0 NLD	29-9-2005	-5.56 ± 2.78	-9.20 ± 5.31	3.64 ± 5.99
Stavoren	STAV 0 0 NLD	5-8-2005	-5.41 ± 2.71	-4.96 ± 5.73	-0.45 ± 6.34
Ter Apel	TAPL 0 0 NLD	10-12-2009	-4.07 ± 2.04	-0.07 ± 6.05	-4.00 ± 6.38
Terschelling	TERS 0 0 NLD	30-10-1996	-6.34 ± 3.17	-5.17 ± 4.04	-1.17 ± 5.14
Texel	TXE2 0 0 NLD	15-6-2014	-5.55 ± 2.78	-5.05 ± 7.72	-0.50 ± 8.21
Utrecht	UTR2 0 0 NLD	3-11-2008	-3.95 ± 1.98	1.67 ± 5.81	-5.62 ± 6.14
Vlieland	VLIE 0 0 NLD	3-8-2000	-6.18 ± 3.09	-9.01 ± 6.16	2.83 ± 6.89
Vlissingen	VLIS 0 0 NLD	22-11-2006	-2.40 ± 1.20	-1.17 ± 5.15	-1.23 ± 5.29
Warmenhuizen	WARM 0 0 NLD	29-10-2014	-5.33 ± 2.67	-14.75 ± 7.43	9.42 ± 7.90
Westerbork	WRST 0 0 NLD	23-5-1997	-4.38 ± 2.19	-3.03 ± 4.17	-1.35 ± 4.71
Westerbork	WSRA 0 0 NLD	16-5-1997	-4.38 ± 2.19	-3.51 ± 4.17	-0.87 ± 4.71
Willemstad	WIL2 0 0 NLD	2-12-2010	-3.09 ± 1.55	-2.77 ± 6.25	-0.32 ± 6.44
Zegveld	ZEGV 0 0 NLD	22-1-2020	-4.08 ± 2.04	-3.18 ± 14.91	-0.90 ± 15.05
Zwolle	ZWO2 0 0 NLD	24-11-2008	-4.17 ± 2.09	-4.21 ± 5.77	0.04 ± 6.14

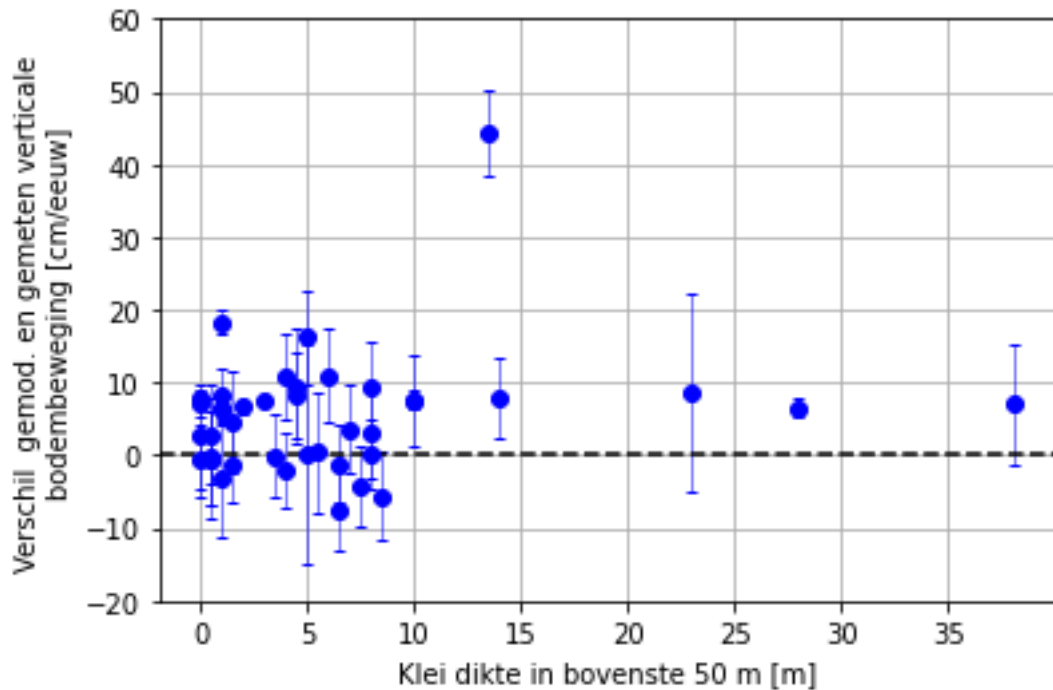
4 Discussie

Tijdens de data-inventarisatie is gebleken dat veel informatie niet gemakkelijk beschikbaar is. De funderingsdieptes van bijna alle stations is bijvoorbeeld onbekend. Dit heeft als achtergrond dat de aanleg van AGRS/NETPOS stations nooit bedoeld is om bodemdalingsonderzoek mee uit te voeren en deze informatie daarom destijds niet relevant was. Vanwege het ontbreken van de funderingsdiepte is het vooralsnog niet mogelijk om vast te stellen of de verschillen tussen de gemeten en gemodelleerde bodembewegingsreeksen veroorzaakt worden door verschillen in funderingsdieptes.

Een ander verklaring voor de gevonden verschillen is de aanwezigheid van een dik Holoceen pakket of van veel klei (slappe bodem) in de bovengrond. Hierdoor zouden de stations zowel door ondiepe als geologische bodembewegingen beïnvloed worden, grotendeels beïnvloed zijn door ondiepe bodembewegingen terwijl de gemodelleerde data waardes zijn voor diepe, geologische bodembewegingen. In Figuur 4.1 zijn de verschillen tussen de gemodelleerde- en gemetenbodembewegingen uitgezet tegen de diktes van de Holoceen-pakketten en in Figuur 4.2 zijn de verschillen uitgezet tegen de cumulatieve diktes van de kleilagen in de bovenste 50 m van de ondergrond. Uit de twee figuren is echter geen duidelijke relatie te zien tussen de gevonden verschillen en de diktes van de Holoceen pakketten of de kleilagen. Het is belangrijk om op te merken dat de onzekerheden in Figuur 4.1 en Figuur 4.2 erg groot zijn, waardoor het nog moeilijker is om een duidelijk verband te vinden tussen de parameters. Veel van de verschillen tussen de gemeten en gemodelleerde waardes vallen dan binnen de onzekerheidsgrenzen van de meet- en modelreeksen.



Figuur 4.1: Grafiek waarin de verschillen tussen de gemodelleerde- en gemetenbodembeweging uitgezet zijn tegen de diktes van de Holoceen pakketten voor alle 43 stations die een waarde hebben voor het verschil in snelheid tussen gemodelleerde en gemeten verticale landbeweging.



Figuur 3.2: Grafiek waarin de verschillen tussen de gemodelleerde- en gemeten bodembeweging uitgezet zijn tegen de diktes van alle klei pakketten in de bovenste 50 m van de ondergrond voor alle 43 stations die een waarde hebben voor het verschil in snelheid tussen gemodelleerde en gemeten verticale landbeweging.

Voor de meeste stations is de gemodelleerde bodembeweging kleiner dan de gemeten beweging. Dit kan duiden op een systematische onderschatting van de bodembeweging in de modellen, maar kan ook veroorzaakt worden doordat een flink aantal stations niet tot in het Pleistoceen gefundeerd zijn. Daarnaast houdt de geologische bodemdaling geen rekening met bodemdaling door winning. Voor stations die in gaswinningsgebieden liggen, kan hier voor gecorrigeerd worden door gebruik te maken van de gemodelleerde bodemdaling door gaswinning die binnen de gaswinprojecten beschikbaar komen. Deze modellen worden gekalibreerd met monitoringsdata en maken onderscheid tussen geologische bodemdaling en daling door winning. Maar kleinere effecten zoals bodemdaling voor verdroging en grondwaterwinning zijn lastiger te kwantificeren, maar spelen mogelijk wel een rol. Er komt steeds meer InSAR-data openbaar beschikbaar (bijvoorbeeld via <https://egms.land.copernicus.eu/>) en deze data biedt mogelijkheden om ook de bijdrage van deze kleinere effecten te bepalen.

Om alsnog conclusies te maken over de relatie tussen de gemeten bodembewegingen en de funderingsdieptes, kan vooralsnog alleen met een vuistregel gewerkt worden. Deze vuistregel stelt de funderingsdiepte gelijk aan $2/3^e$ van de gebouwhoogte. Bij het toepassen van de vuistregel, zijn een aantal van de geschatte funderingsdieptes vrij ondiep (bij lage gebouwen) en als deze gelegen zijn in gebieden met een dik Holocene pakket zou dit kunnen betekenen dat ze in het Holocene pakket gefundeerd staan. Dit zou dus kunnen betekenen dat er op die locaties ondiepe bodembewegingen worden gemeten in plaats van diepe geologische bodembewegingen. In het oosten van Nederland ligt het Pleistoceen echter vaak aan het oppervlak en betekent een ondiepe fundering dus niet dat een gebouw niet gefundeerd staat in het Pleistoceen. Uiteraard moet de invloed van eventuele winning hier ook bij betrokken worden.

Dit zou de verschillen kunnen verklaren bij de stations in Roermond en Scharendijke waar de bodemdalingsverschillen respectievelijk 4,52 cm/eeuw en 16,31 cm/eeuw zijn. Deze vuistregel zal echter zeker niet overal van toepassing zijn en het is niet waarschijnlijk dat hoge gebouwen niet in het Pleistoceen gefundeerd zijn. Er is momenteel echter geen data aanwezig om de vuistregel te valideren. Hiervoor zijn er archiefgegevens nodig die in een vervolgonderzoek opgevraagd zullen moeten worden.

Verder, is het belangrijk om rekening te houden met de lengte van de beschikbare gemeten verticale bodembeweging tijdreeks. Hoe langer de gemeten tijdreeks, hoe nauwkeuriger de waarde voor de gemeten bodemdaling. De snelheden van beweging zijn laag en er zijn daarom lange en nauwkeurige meetreeksen nodig (minimaal 10-20 jaar) om die bewegingen te meten (Hijma et al., 2019). Rouveen en Zegveld zijn twee stations met hoge onzekerheden in de gemeten verticale landbeweging snelheden, 16,35 cm/eeuw en 15,05 cm/eeuw respectievelijk. Van beide stations is de funderingsdiepte bekend (reikt tot onder het Holoceen pakket), maar beide stations zijn pas in 2020 geïnstalleerd, wat de grote onzekerheidsmarges verklaart.

Het is op dit moment lastig om beter te begrepen welke bodembewegingen de AGRS en NETPOS stations werkelijk meten. Om met zekerheid te kunnen concluderen dat de gevonden verschillen veroorzaakt zijn doordat stations in het Holoceen pakket gefundeerd staan, moeten bouwtekeningen geraadpleegd worden. Verder is het belangrijk om de gemodelleerde waarden alleen te vergelijken met gemeten waarden van stations die minimaal 10 jaar hebben gemeten.

5 Vervolgstappen

De aanbevelingen voor het vervolg van dit project zijn:

- Gedetailleerde informatie verzamelen over funderingsdieptes

Gedetailleerde informatie over de funderingsdieptes is essentieel om de verschillen tussen de gemodelleerde en de gemeten bodemdalingsgegevens te kunnen begrijpen. Deze gegevens kunnen verzameld worden door ofwel contact op te nemen met de gebouwbeheer van alle gebouwen waar stations aan bevestigd zijn, of door in de archieven de bouwplannen op te zoeken. Een ander mogelijkheid om achter de missende funderingsdieptes te komen, is door aanvullende metingen te doen van de funderingsdiepte.

- Onzekerheden van de geologische samenstelling verbeteren

In deze studie is de geologische bodemopbouw grotendeels gebaseerd op gemodelleerde data uit GeoTOP en REGIS. Deze modellen zijn ontwikkeld voor ruimtelijke schalen die veel groter zijn dan een gebouw en lokaal kunnen grote afwijkingen mogelijk zijn ten opzichte van het model. GeoTOP voegt meer detail toe aan de top van onder anderen het REGIS model. Dit geldt specifiek voor gebieden waar weinig boringen aanwezig zijn om het model te sturen, maar ook voor gebieden waar veel variatie aanwezig is in de opbouw over korte afstanden. Om meer zekerheid te krijgen over de geologische opbouw, zouden sonderinggegevens meegenomen worden. Vaak zijn deze gegevens tijdens de bouw van een gebouw, of installatie van een station, verzameld. De geologische opbouw is sterk bepalend voor de lokale bodemdaling en het is daarom belangrijk om deze sondeergegevens te verzamelen, ook al is deze informatie vaak niet gemakkelijk beschikbaar. Uiteraard is het altijd mogelijk om, indien noodzakelijk geacht, de ondergrondopbouw te onderzoeken middels nieuwe boringen en/of sonderingen.

- Gemodelleerde bodemdaling door winning toevoegen

Zoals eerder vermeld is er bij de gemodelleerde bodemdaling alleen gekeken naar geologische bodemdaling, en niet naar bodemdaling veroorzaakt door winning. Om de bodemdalingsverschillen tussen de gemodelleerde en gemeten waarden goed te kunnen verklaren, is het belangrijk om dit onderdeel mee te nemen.

- Zorgen voor geschikte station rapportage

Om er zeker van te zijn dat alle stations die in de toekomst geïnstalleerd worden op een geschikte manier gerapporteerd worden, wordt er in 2023 een duidelijke handleiding gemaakt met alle informatie die genoteerd moet worden tijdens de installatie van een GNSS station. Hierin zal bijvoorbeeld een aanbeveling worden opgenomen dat de fundering dieper moet reiken dan het Holoceen pakket en dat alle parameters die nu in het XML-bestand verzameld zijn genoteerd en gedeeld moeten worden met de database beheerder.

Deze handleiding zal door Deltares worden opgezet, in samenspraak met het Kadaster, RWS-CIS en TU Delft en zal vervolgens gedeeld worden met alle instanties die nieuwe GNSS stations zullen installeren.

- GNSS werkgroep opzetten

Tijdens dit onderzoek is het idee van het opzetten van een werkgroep met het Kadaster, RWS-CIV, TU Delft en Deltares aanbod gekomen. In 2023 zal de werkgroep opgezet worden. Deze werkgroep zal 1 of 2 keer per jaar samenkomen om te bespreken hoe data van nieuwe of bestaande GNSS-stations zo danig ontsloten of verzameld kan worden dat de waarde van deze data voor alle werkgroepleden zo groot mogelijk is.

Literatuurlijst

AHN, z.d. *AHN-viewer*. Geraadpleegd van <https://www.ahn.nl/ahn-viewer>

Baart, F. et al., 2018. *Zeespiegemonitor 2018 - De stand van zaken rond de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust*, Deltares report 11202193-000-ZKS-0004.

Barends, F.B.J., Dillingh, D., Hanssen, R., Van Onselen, K. (Eds.), 2008. *Bodemdaling langs de Nederlandse kust: Case Hondsbossche en Pettemer zeekering*. Delft University Press.

Blewitt, G., Kreemer, C., Hammond, W.C., Gazeaux, J., 2016. *MIDAS robust trend estimator for accurate GPS station velocities without step detection*. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 121 (3), 2054-2068. 10.1002/2015jb012552.

DINOloket, z.d. *Ondergrondmodellen*. Geraadpleegd van <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>

Hijma, M.P., Kooi, H., 2018a. *Bodemdaling in het kustfundament en de getijdenbekkens*, Deltares report 11200538-008-ZKS-0001.

Hijma, M.P., Kooi, H., 2018b. *Bodemdaling in het kustfundament en de getijdenbekkens (deel 2) - Een update, case IJmuiden en kwantificering onzekerheden*, Deltares report 11202190-001-ZKS-0001_v1.0.

Hijma, M.P., Van Onselen, E., 2019. *Bodemdalingsmonitor 2019 - Kustfundament en de getijdenbekkens*. Deltares report 11203683-002-ZKS-0017.

Hijma, M.P., Van Onselen, E., 2020. *Bodemdalingsmonitor 2020 - Kustfundament en de getijdenbekkens*. Deltares report 11205236-002-ZKS-0004.

Hijma, M.P., 2021. *Bodemdalingsmonitor 2021 - Kustfundament en de getijdenbekkens - Actualisatie bodemdalingsvolumes*, Deltares report 11206794-003-ZKS-0002.

Hijma, M.P., 2022. *Bodemdalingsmonitor 2022 - Kustfundament en de getijdenbekkens - Overzicht onderzoek 2018-2021*, Deltares report 11208035-003-ZKS-0003.

Lorenz, G.K. et al., 1991. *Heden en Verleden — Nederland naar Beneden??? - Interim rapport over het onderzoek naar bodembeweging in Nederland*, Rijkswaterstaat, Delft/Rijswijk en Rijks Geologische Dienst, Haarlem.

Nevada Geodetic Laboratory, z.d. Geraadpleegd van <http://geodesy.unr.edu/>

NSGI, z.d. *GNSS-datacentrum*. Geraadpleegd van <https://www.nsgi.nl/web/nsgi/gnss-datacentrum>

Rijkswaterstaat, z.d. *NAPinfo*. Geraadpleegd van <https://maps.rijkswaterstaat.nl/geoweb55/index.html?viewer=NAPinfo>

TU Delft, z.d. *Dutch Permanent GNSS Array (DPGA)*. Geraadpleegd van <http://gnss1.tudelft.nl/dpga/>

Site location	Location characteristics										Foundation characteristics				Geological characteristics			Quality assessment			Subsidence determination		
	Marker ID	X coord EPG5:7930	Y coord EPG5:7930	Z coord EPG5:7930	Station start date	Modification logbook	Photo directory	MAR benchmark	Underground foundation	Structure	Monument	Antenna	Strata composition top 50cm	Source of strata composition	Geological layer/bottom of foundation	Quality assessment in composition (1 low - 3 characteristics (low or high))	Quality assessment in composition (1 low - 3 characteristics (low or high))	Modelled rate of geological vertical land motion (cm/century)	Modelled rate of geological vertical land motion due to mining (cm/century)	Measured rate of vertical land motion (cm/century)	Difference in rate between modelled and measured vertical land motion (cm/century)	Error margin	
Reermond	RE2.0.0 NLD	3195005.143	419775.5645	864522.889	29-8-2011	See table	See table	A264		Building	7.5	Ree pole on roof of building	Geo TOP	Geo TOP		2	-2.13	-6.65	-6.65	4.52	7.99		
Reierden	RE4A.0.0 NLD	3192864.346	311215.367	899333.071	10-11-2008	See table	See table	A200	Building	40	Short ree pole on side of building	Geo TOP	Geo TOP		2	3.74	-13.28	-13.28	9.94	7.99			
Rouwen	ROV.0.0 NLD	3189971.807	413007.675	904691.473	28-2-2000	See table	See table	A2784	NA	NA	2.5	Seco mount	0-2m silt/claystone, boulder/claystone, rest REGIS	Medium coarse sand	2	High	-4.24	-2.46	-1.98	18.33			
Sa. van Gent	SA5.0.0 NLD	3193837.364	269868.0244	494962.021	7-10-2005	See table	See table	A4017	Building	18	Ree pole on side of building	Geo TOP	Geo TOP		2	-2.05	0.01	0.01	-2.06	6.32			
Schaerdelike	SOYK.0.0 NLD	3194040.386	264945.901	498531.425	10-8-2005	See table	See table	A2490	Building	4	Ree pole on roof of building	Geo TOP	Geo TOP		2	-2.93	-19.24	-19.24	16.31	7.7			
Schermonnikoog	SOHO.0.0 NLD	3192171.428	408545.786	510276.933	29-9-2005	See table	See table	A2394	Building	6	Ree pole on side of building	Geo TOP	Geo TOP		2	-5.56	-9.2	-9.2	3.84	8.09			
Stooren	STAV.0.0 NLD	3188678.285	30751.8301	903546.533	5-8-2005	See table	See table	A1013	NA	NA	1	Center of hole in steel plate	Geo TOP	Geo TOP		2	-5.41	-4.96	-4.96	0.45	8.42		
Ter Aapel	TAR.0.0 NLD	3192895.464	476691.8804	856278.151	10-12-2009	See table	See table	A2040	Building	6.5	Ree pole on side of building	REGIS	REGIS		1	4.07	0.07	0.07	-4	8.00			
Terschelling	TERS.0.0 NLD	3198300.875	346993.8452	5047820.81	30-10-1996	See table	See table	A2372	Concrete block founded on 4 concrete pillars	15	NA	Steel mast	Geo TOP	Sandy clay	2		-6.34	-5.17	-1.17	7.21			
Tessel	TREZ.0.0 NLD	3182932.872	320993.2444	907333.238	15-6-2014	See table	See table	A1131	Building	3	Ree pole on side of building	Geo TOP	Geo TOP		2	-5.55	-5.05	-5.05	-0.5	10.5			
Utrecht	UTRE.0.0 NLD	3193900.883	348838.7076	5007138.529	3-11-2008	See table	See table	A2400	Building	16.5	Ree pole on side of building	Geo TOP	Geo TOP		2	-3.95	-1.67	-1.67	-5.62	7.79			
Vlieland	VHE.0.0 NLD	31805256.149	319064.934	9090357.907	3-8-2006	See table	See table	A2732	Building	5.5	Ree pole on side of building	Geo TOP	Geo TOP		2	-6.18	-9.01	-9.01	2.83	9.35			
Vlissingen	VUS.0.0 NLD	3192805.224	249950.0825	864446.088	22-11-2006	See table	See table	A4088	Steel deep foundation pile	7	Ree pole attached to side gauge building	Geo TOP	Geo TOP		2	-2.4	-1.17	-1.17	-1.23	6.36			
Warmenhuisen	WARW.0.0 NLD	3186015.555	319818.4225	900095.866	29-10-2014	See table	See table	A2899	Building	3.5	Ree pole on side of building	Geo TOP	Geo TOP		2	-5.33	-1.475	-1.475	9.42	10.1			
Westerbork	WEST.0.0 NLD	3182789	448305	5064887	23-5-1997	See table	See table	A2672	Platform embedded on concrete and steel reinforcement	NA	Steel mast w/ inner wire/spring height	REGIS	REGIS		1	-4.38	-3.03	-3.03	-1.35	6.36			
Westerbork	WSPA.0.0 NLD	3182786.138	448304.7367	5064884.511	16-5-1997	See table	See table	A2672	Concrete block	NA	Steel mast with inner wire	REGIS	REGIS		1	-4.38	-3.51	-3.51	-0.87	6.36			
Willemsdijk	WILZ.0.0 NLD	3191110.386	309812.2094	4981014.561	2-12-2010	See table	See table	A2622	Building	3	Ree pole on side of building	Geo TOP	Geo TOP		2	-3.09	-2.77	-2.77	-0.32	7.8			
Zagwed	ZESV.0.0 NLD	3190810.386	309327.74	501282.579	23-1-2006	See table	See table	A2786	Piles	11.5	NA	Seco mount	0-2m borigen, NOB, rest GEOTOP land	Medium coarse sand	2	High	-4.08	-3.18	-3.18	-0.9	16.06		
Zoelke	ZOZO.0.0 NLD	3188781.429	413000.0129	897105.894	24-11-2008	See table	See table	A1071	Building	19.5	Ree pole on roof of building	REGIS	REGIS		1	-4.17	-4.21	-4.21	0.04	7.86			

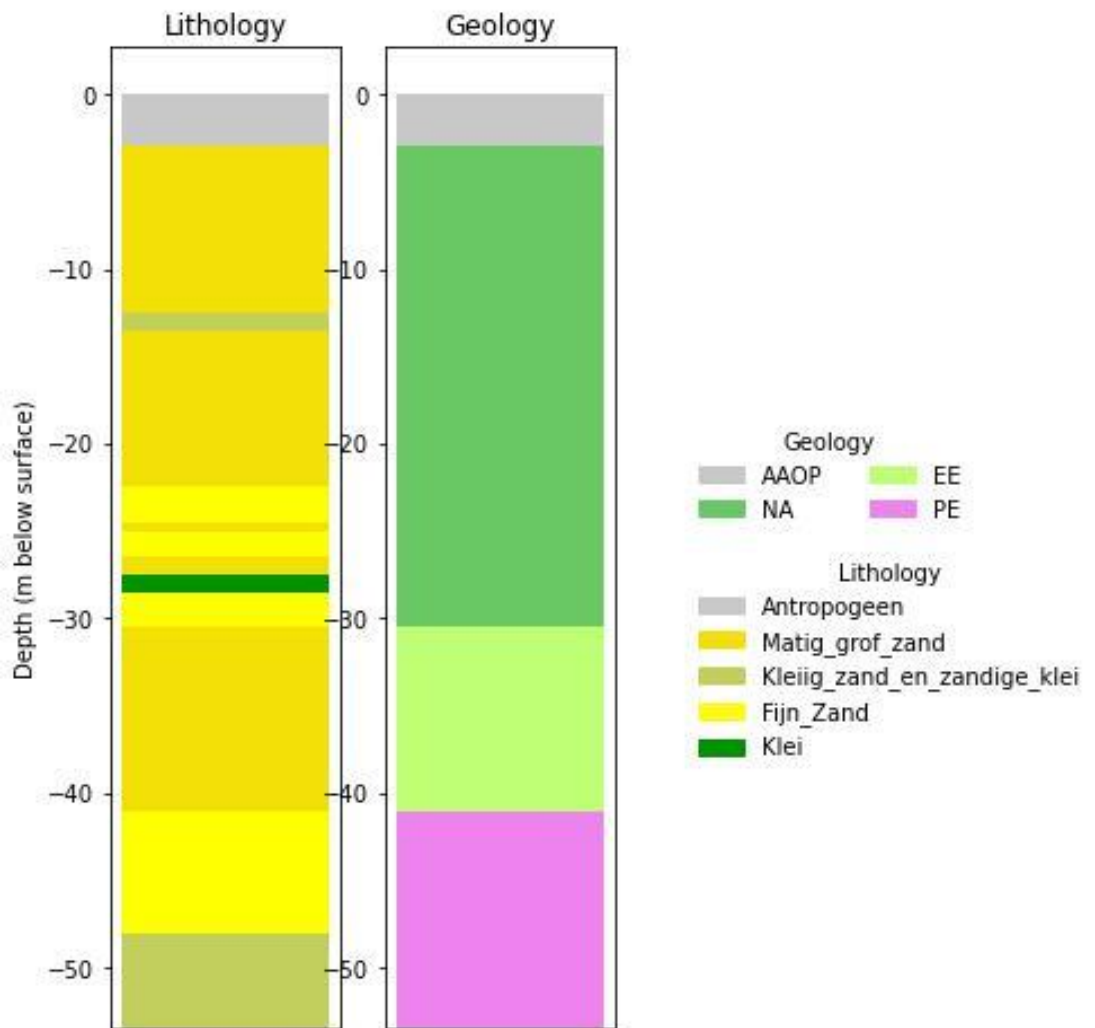
B Geologische samenstelling

In de onderstaande figuren zijn afkortingen gebruikt om de lithostratigrafische eenheden te beschrijven. In Tabel B.1 worden de afkortingen toegelicht. Gedetailleerde informatie over de verschillende eenheden kunnen in DinoLokket terug gevonden worden (<https://www.dinoloket.nl/stratigrafische-nomenclator>).

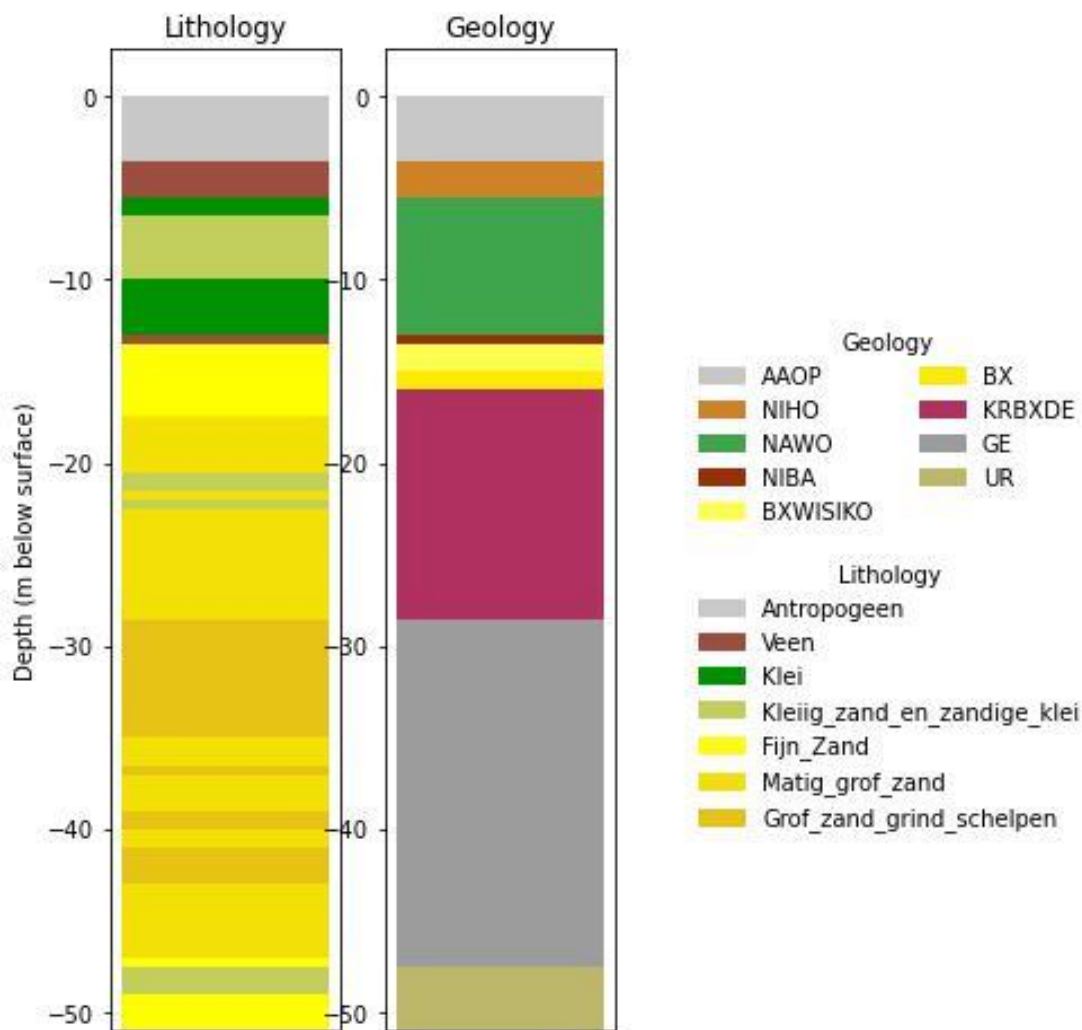
Tabel B.1: Legenda van de lithostratigrafische eenheden.

Afkorting	Toelichting
AAOP	Antropogene afzettingen
GE	Door landijs gestuwde afzettingen
EE	Eem Formatie
AP	Formatie van Appelscha
BE	Formatie van Beegden
BX	Formatie van Boxtel
BXSI1	Formatie van Boxtel Laagpakket van Singraven (bovenste deel)
BXWI	Formatie van Boxtel, Laagpakket van Wierden
BXWISIKO	Formatie van Boxtel, laagpakketten van Wierden, Singraven en Kootwijk
BR	Formatie van Breda
DO	Formatie van Dongen
DN	Formatie van Drachten
DR	Formatie van Drachten
DRGI	Formatie van Drente, Laagpakket van Gieten
EC	Formatie van Echteld
AEC	Formatie van Echteld (geulafzettingen generatie A)
EEC	Formatie van Echteld (geulafzettingen generatie E)
GU	Formatie van Gulpen
KR	Formatie van Kreftenheye
KRBXDE	Formatie van Kreftenheye en Formatie van Boxtel, Laagpakket van Delwijnen
KRWY	Formatie van Kreftenheye, Laag van Wijchen
KRTW	Formatie van Kreftenheye, Laagpakket van Twello
MT	Formatie van Maastricht
NA	Formatie van Naaldwijk
NASC	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Schoorl
ANAWA	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren (geulafzettingen generatie A)
NAWA	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Walcheren, gelegen onder Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Zandvoort
NAWO	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer
NAWOBE	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Wormer, Laag van Bergen
NAZA	Formatie van Naaldwijk, Laagpakket van Zandvoort
NWNZ	Formatie van Naaldwijk, laagpakketten van Wormer en Zandvoort
NIBA	Formatie van Nieuwkoop, Basisveen Laag
NIHO	Formatie van Nieuwkoop, Hollandveen Laagpakket
OO	Formatie van Oosterhout
PE	Formatie van Peelo
PZWA	Formatie van Peize en Formatie van Waalre
ST	Formatie van Sterksel
SY	Formatie van Stramproy
TO	Formatie van Tongeren
UR	Formatie van Urk
URTY	Formatie van Urk, Laagpakket van Tijnje
VA	Formatie van Vaals
WA	Formatie van Waalre
KI	Kiezeloöliet Formatie
NN	Niet formeel ingedeelde afzettingen of onbekend
RU	Rupel Formatie

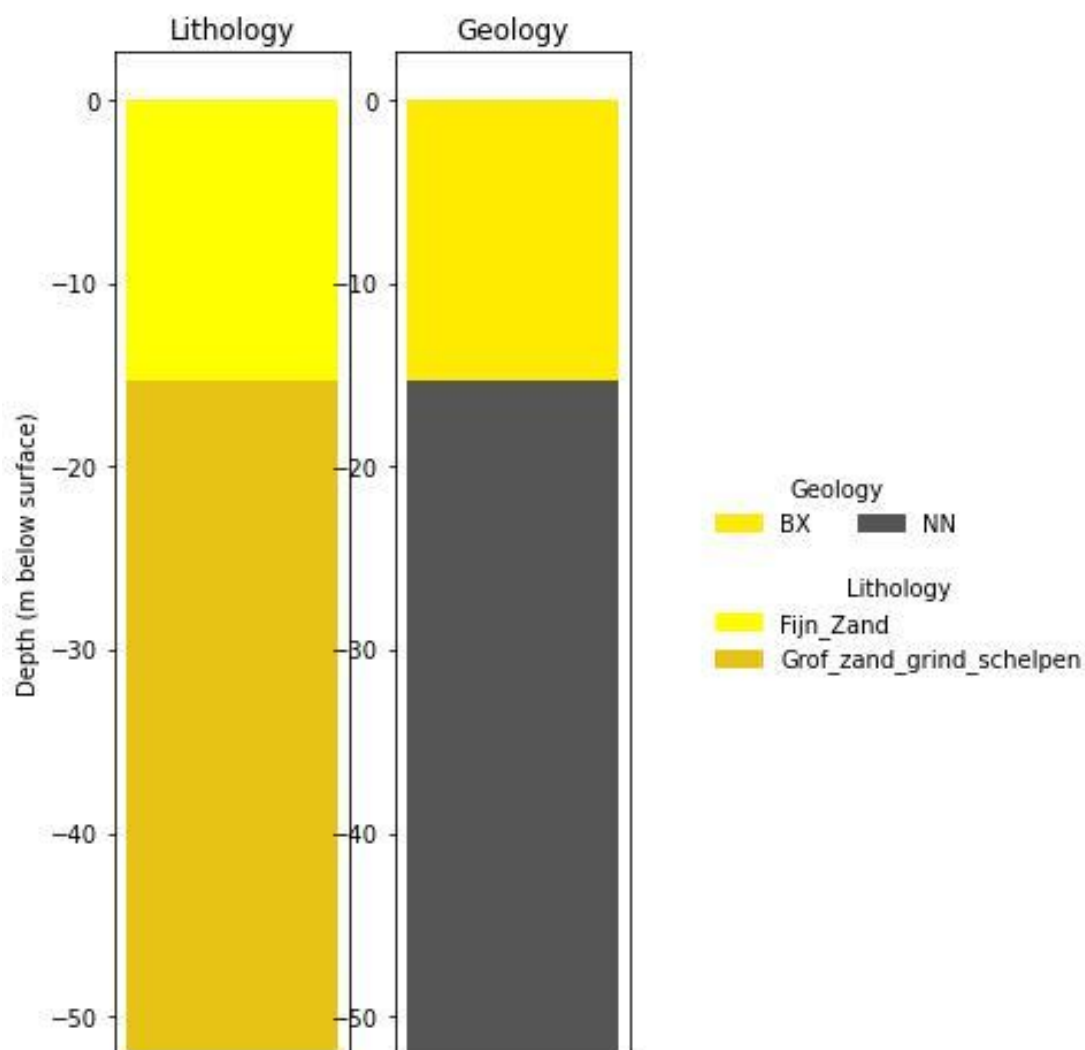
Ameland, AMEL 0 0 NLD



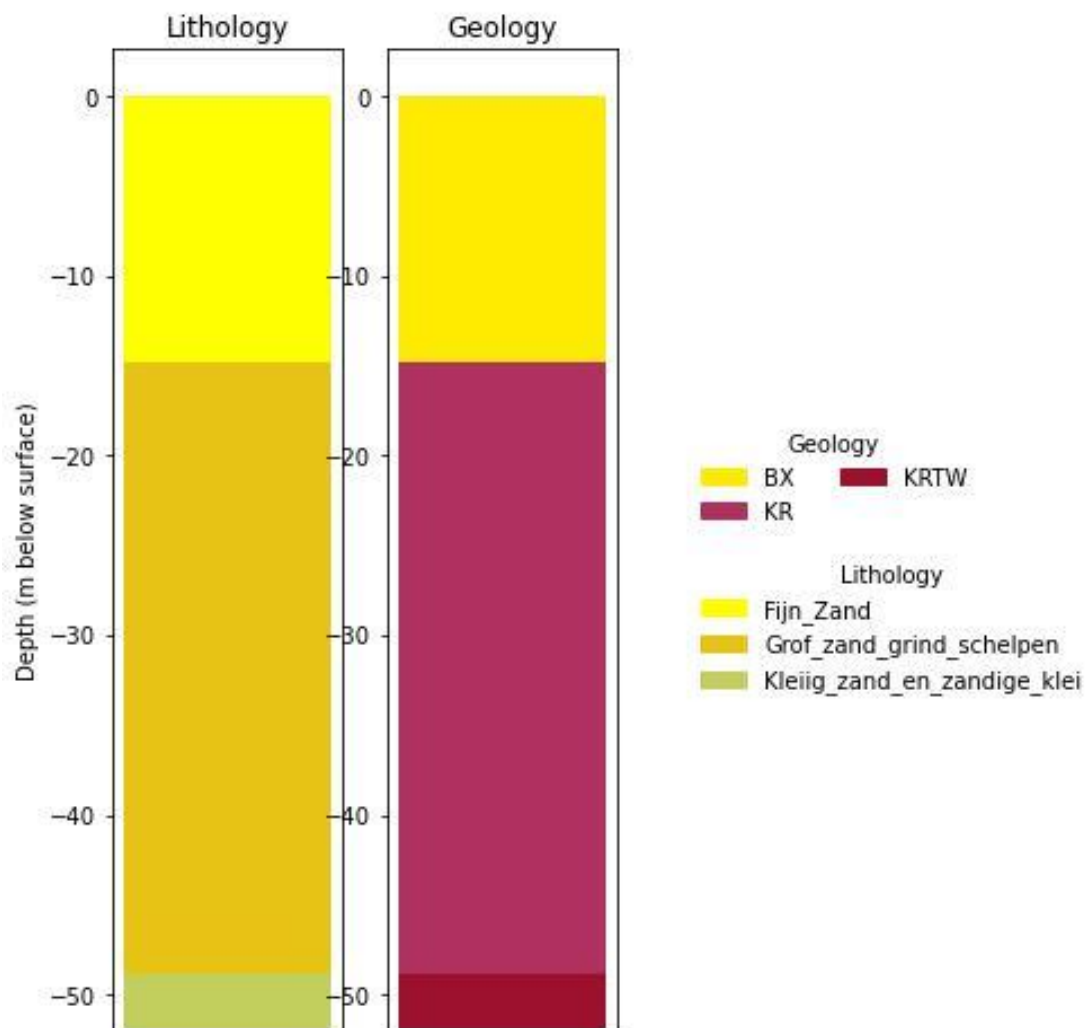
Amsterdam, AMST 0 0 NLD



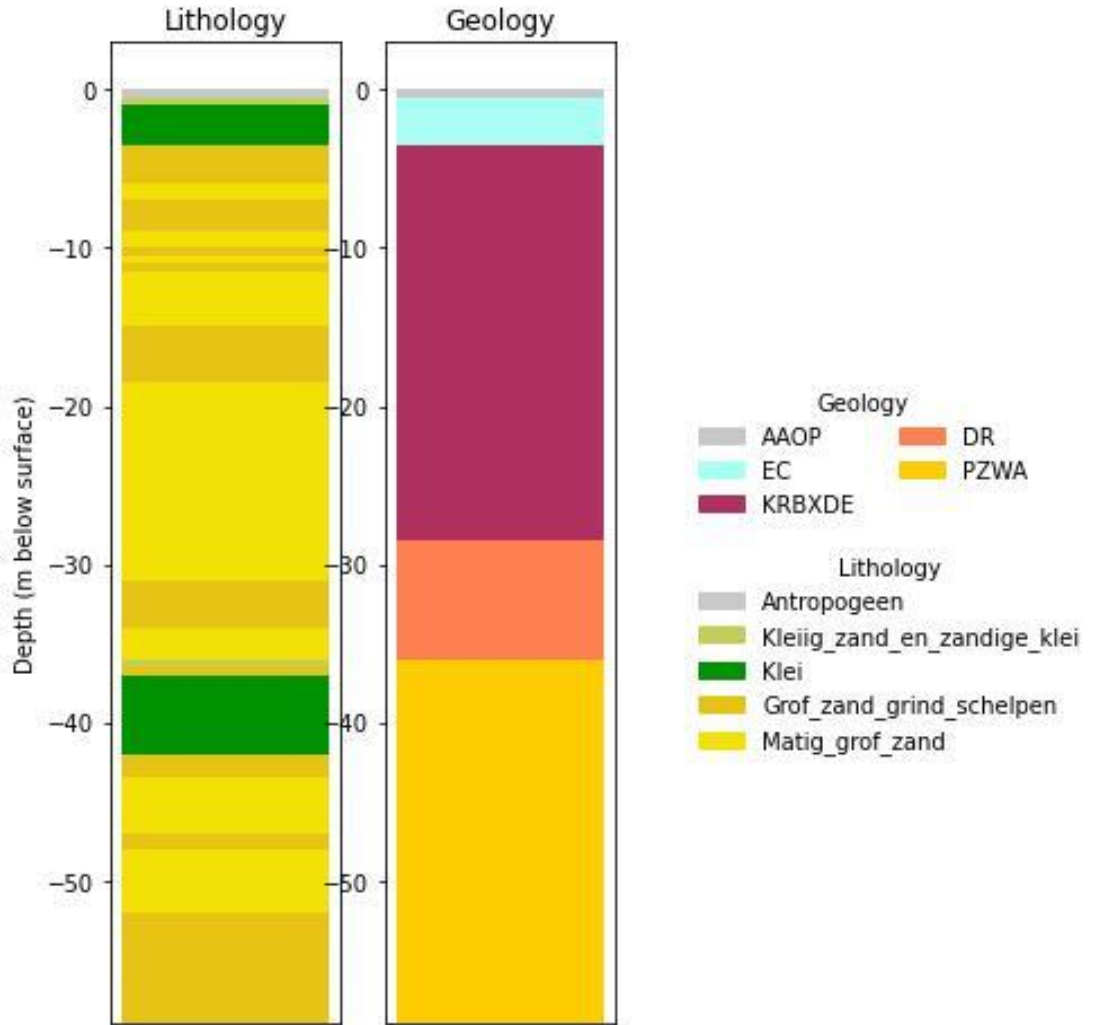
Apeldoorn, ADR2 0 0 NLD



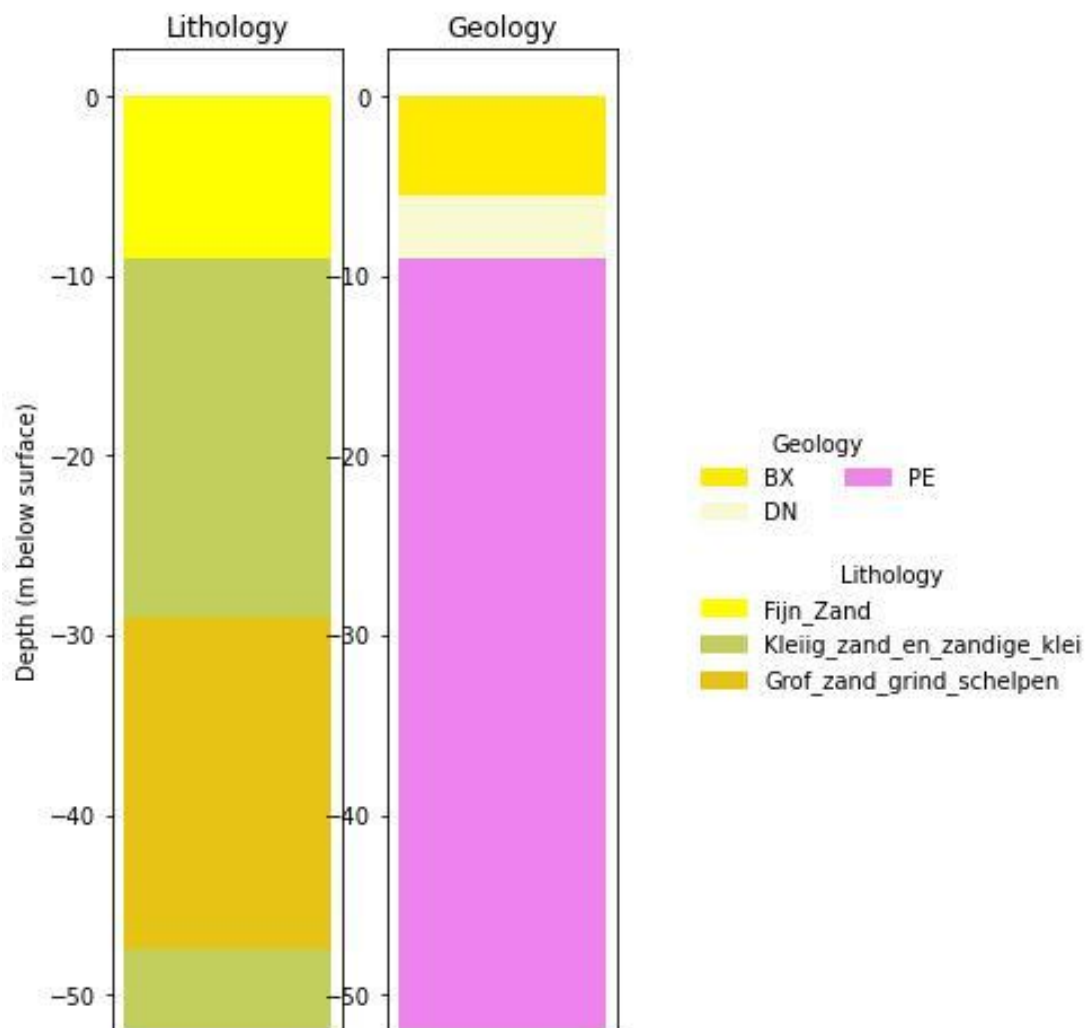
Apeldoorn, APEL 0 0 NLD



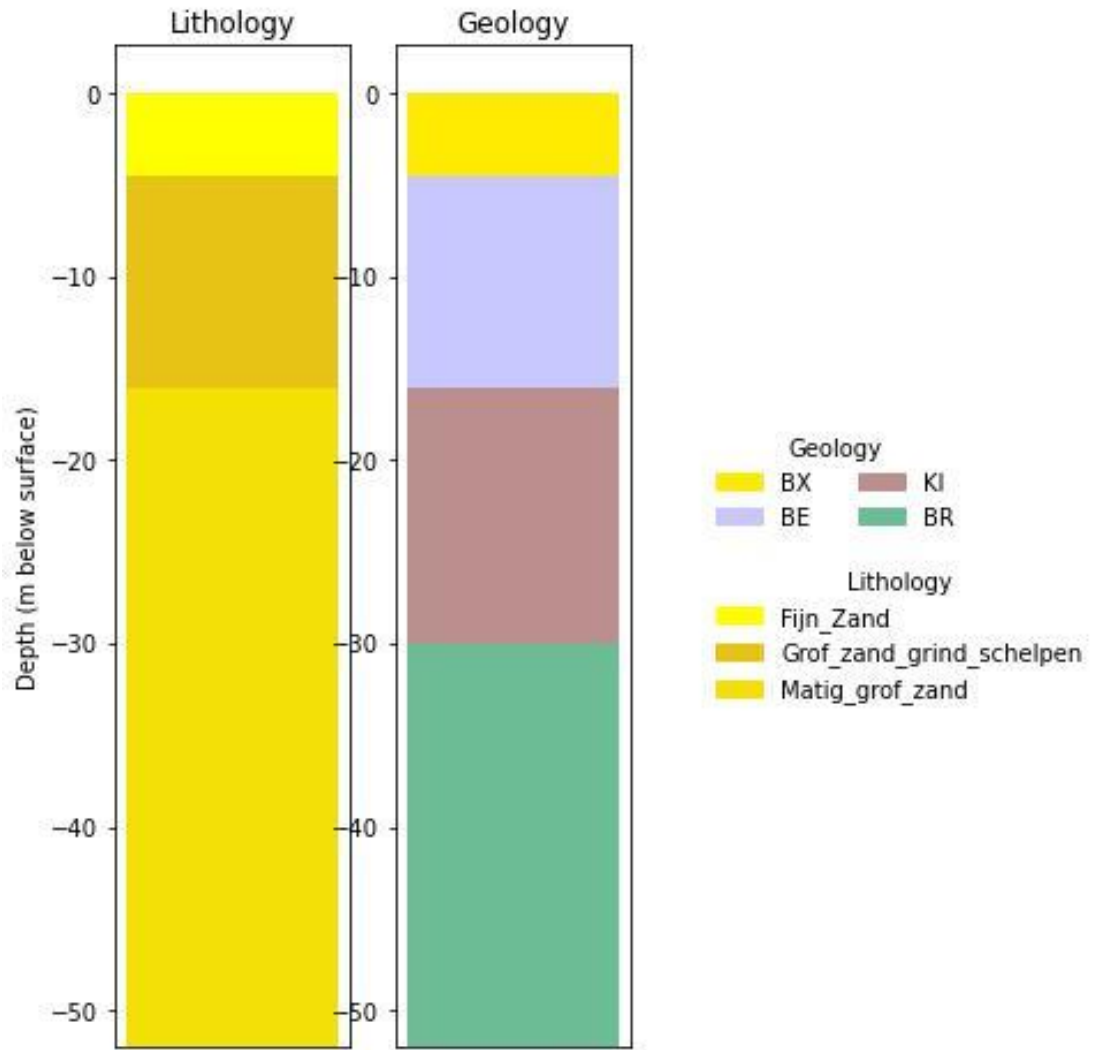
Arnhem, ARNH 0 0 NLD



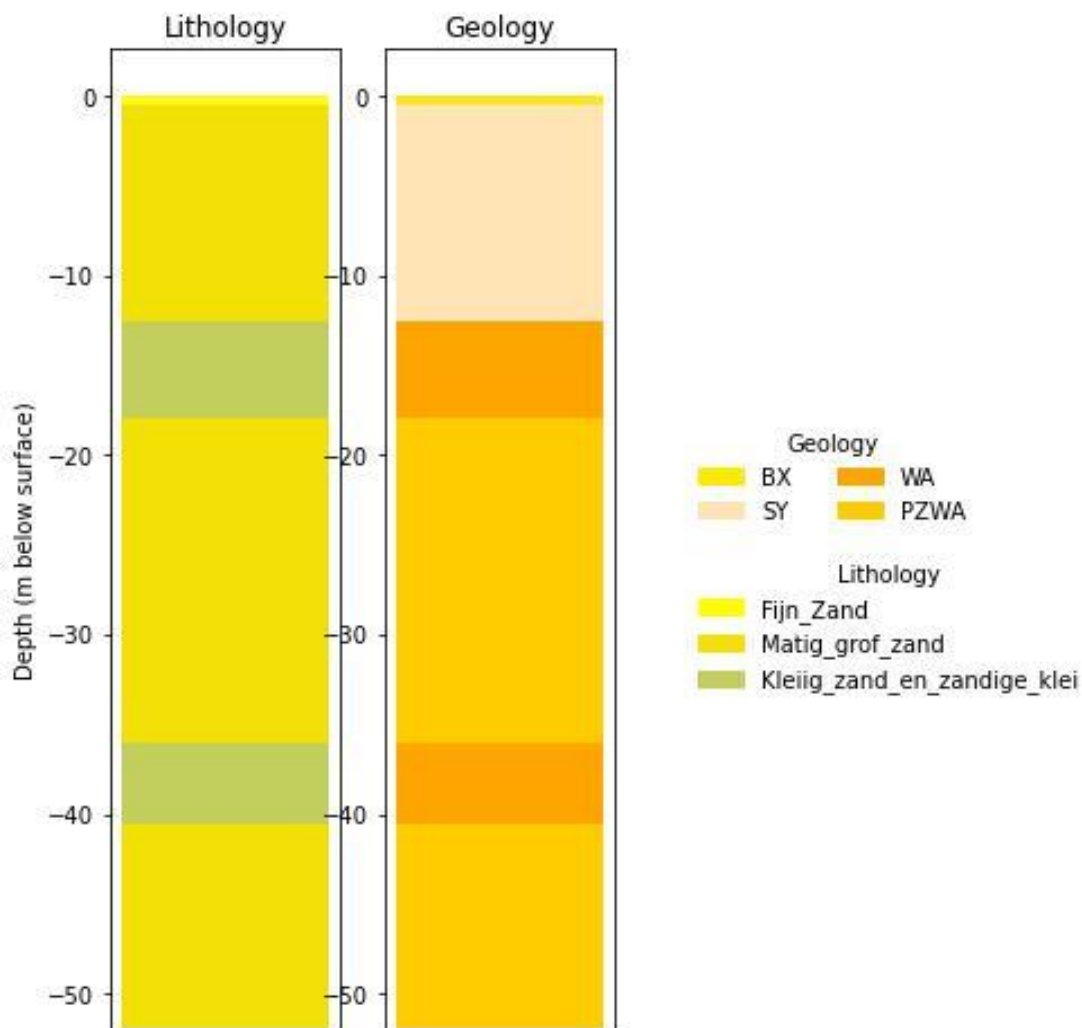
Assen, ASS2 0 0 NLD



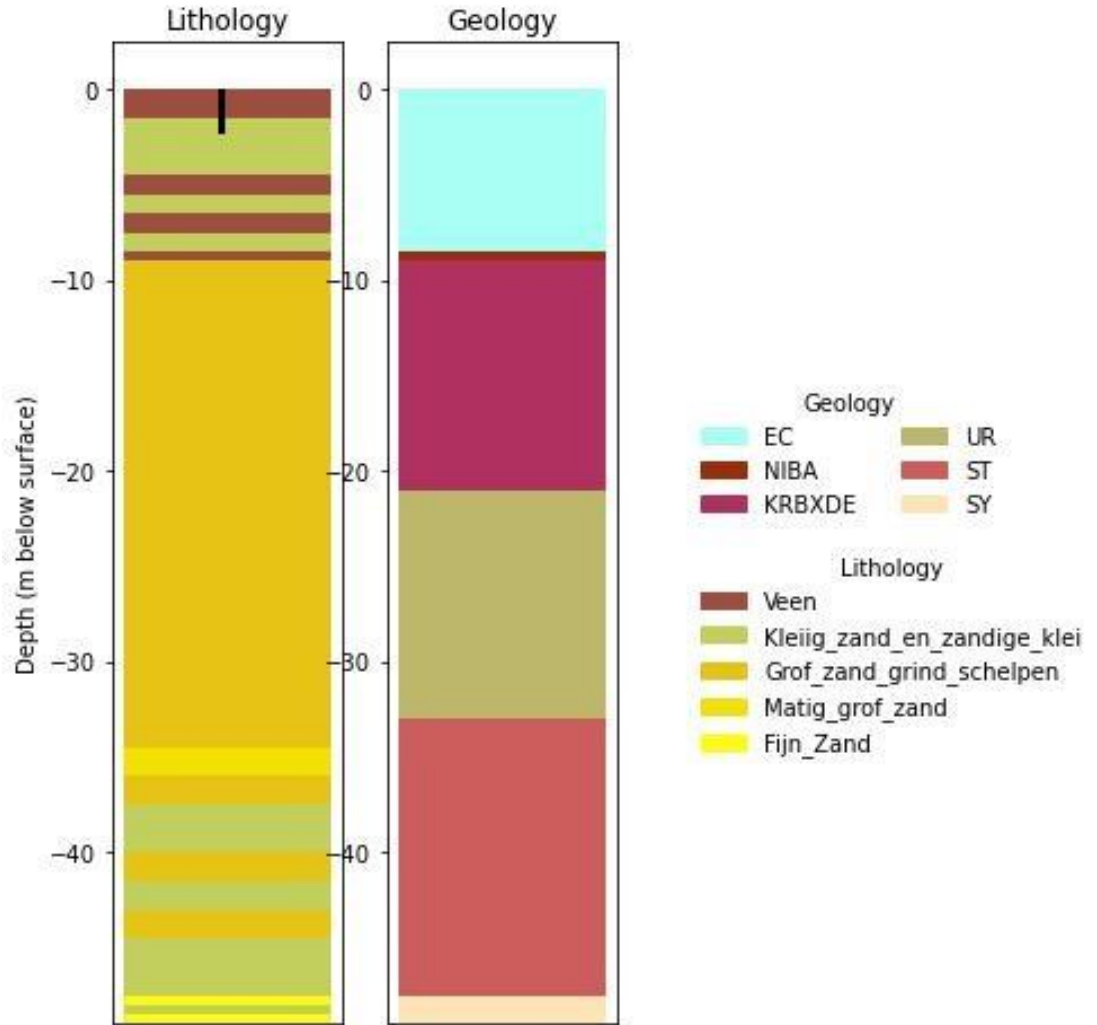
Boxmeer, BOXM 0 0 NLD



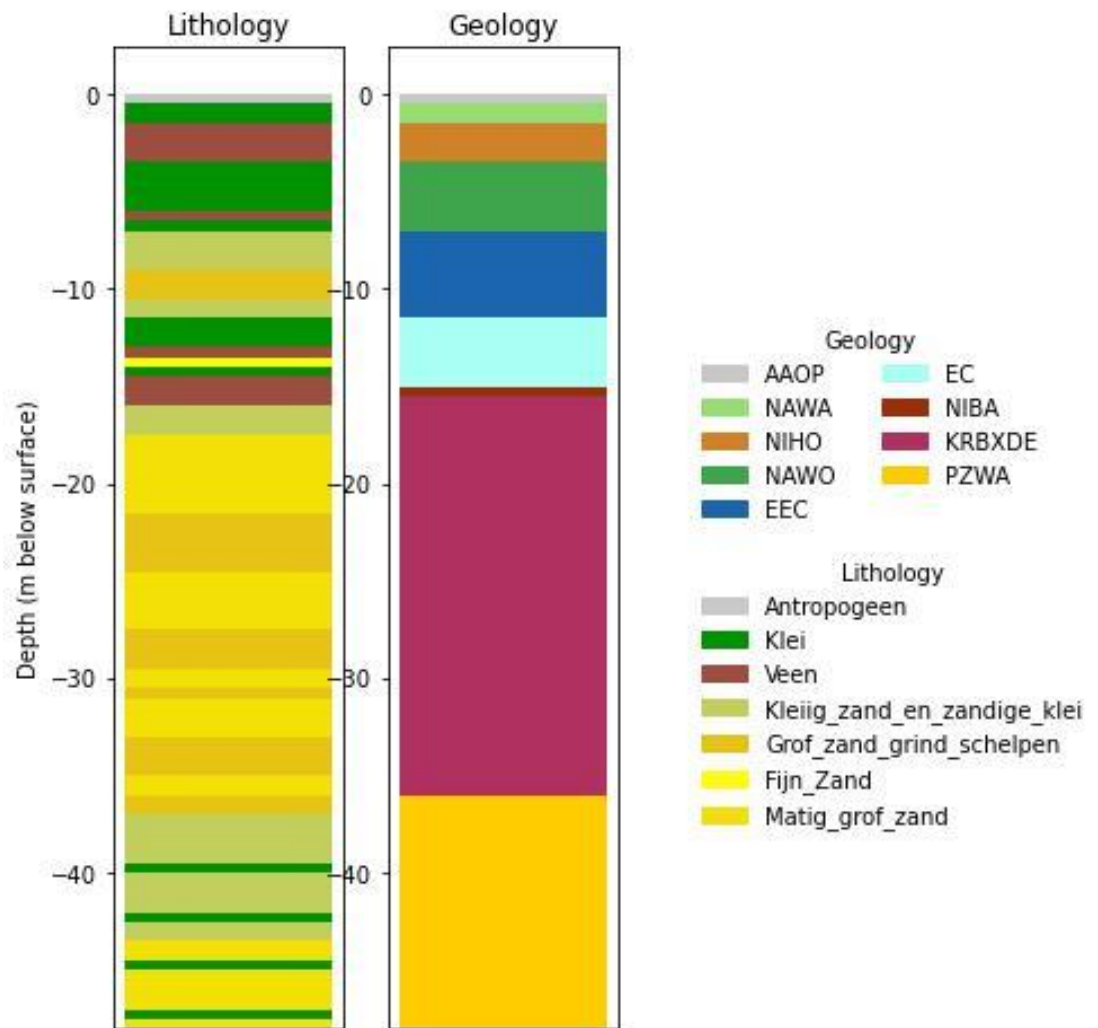
Breda, BRD2 0 0 NLD



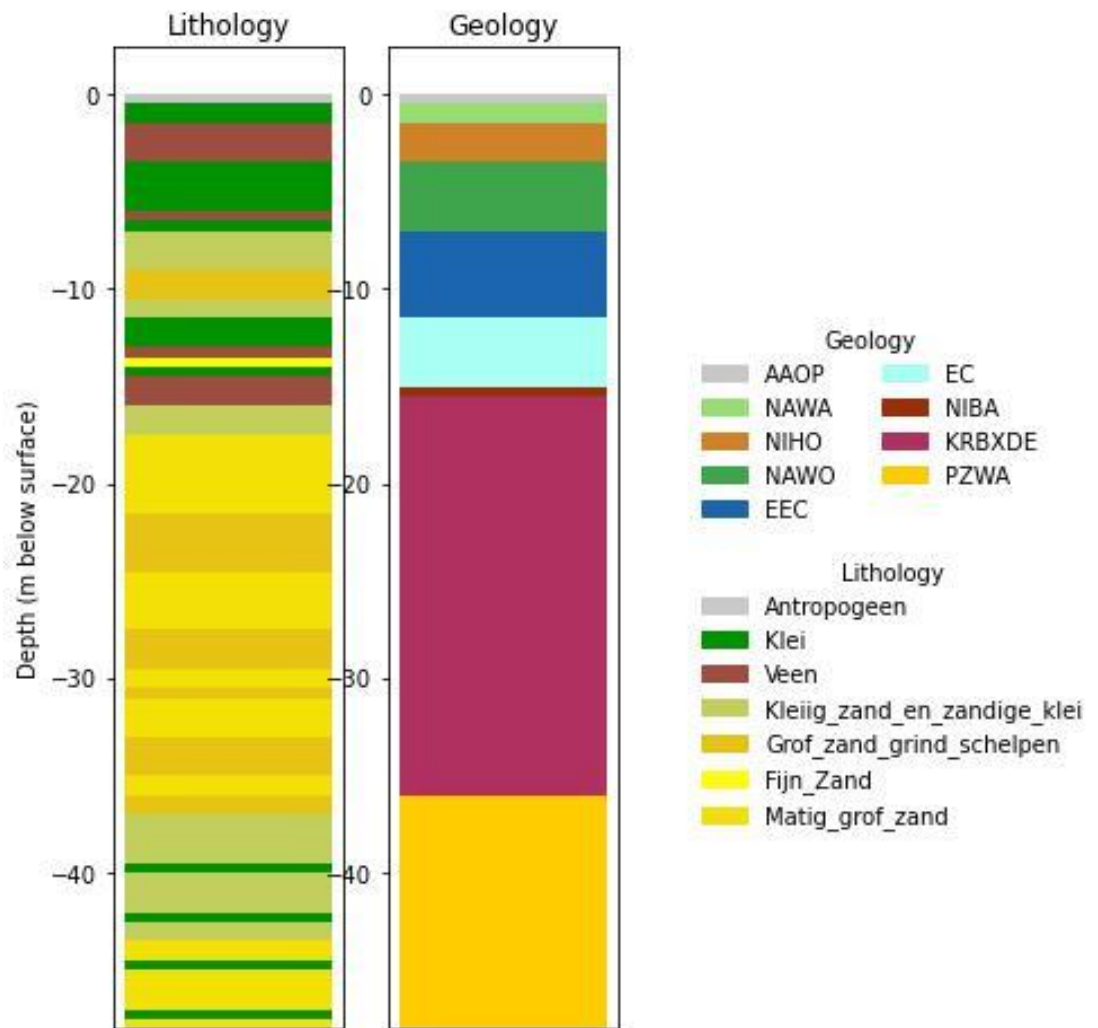
Cabauw,CBW1 0 0 NLD



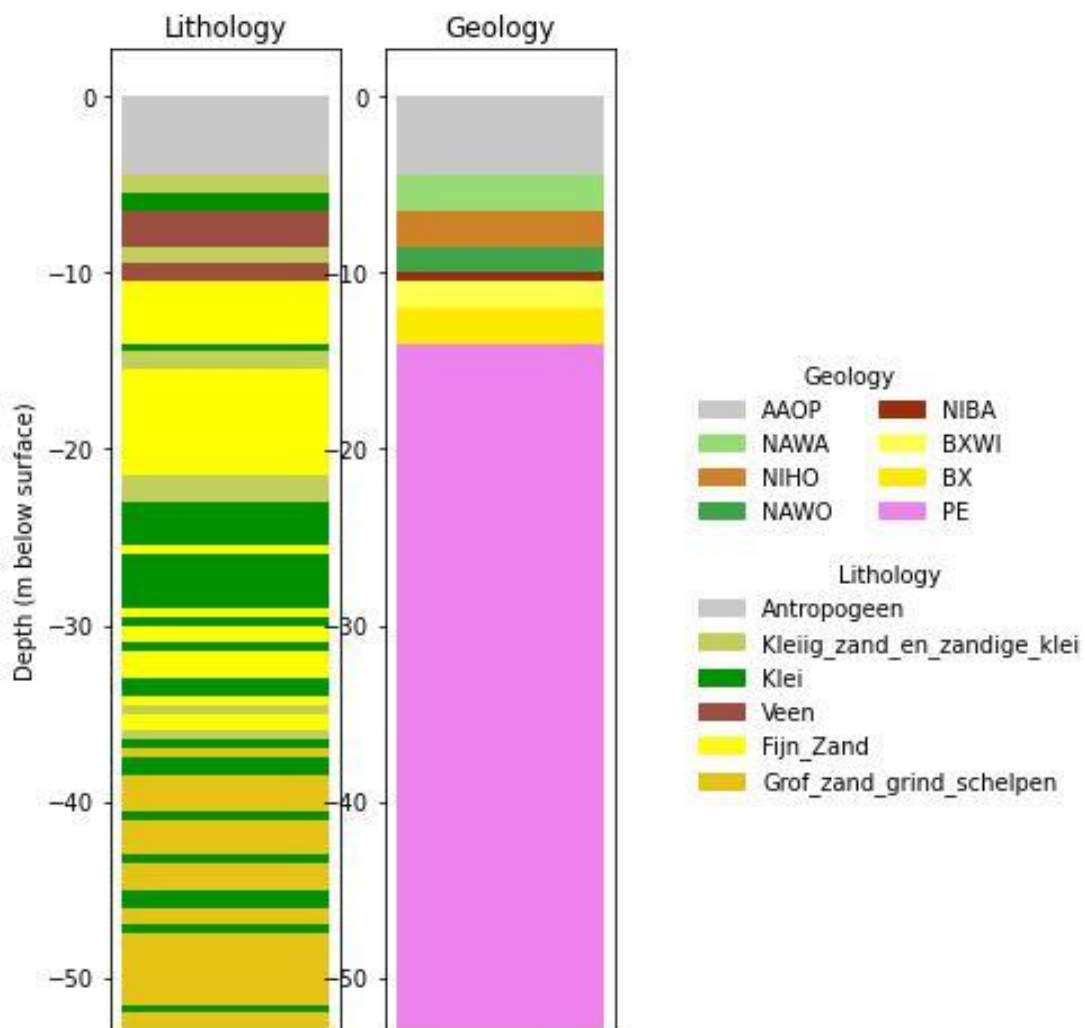
Delft,DLF1 0 0 NLD



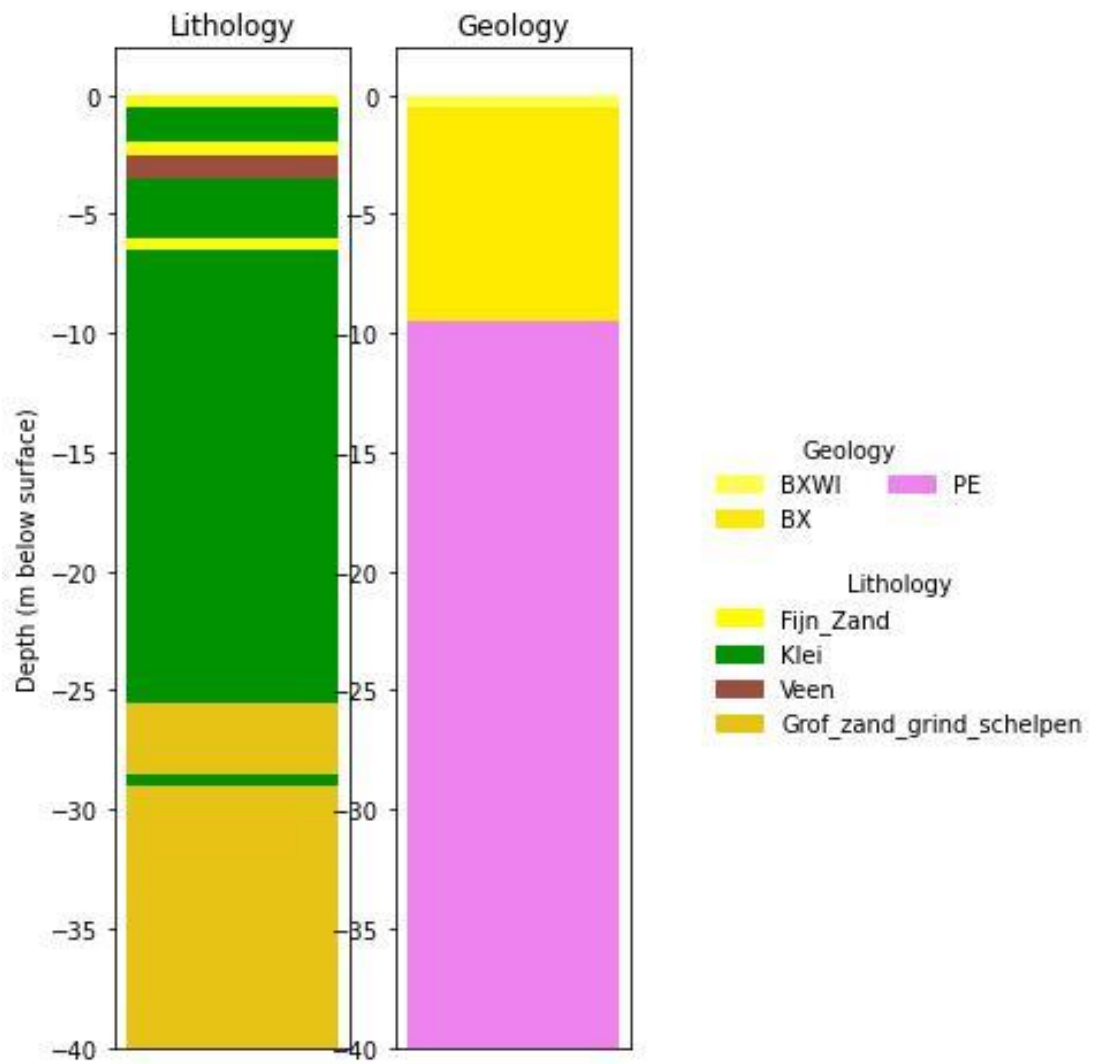
Delft, DELF 0 0 NLD



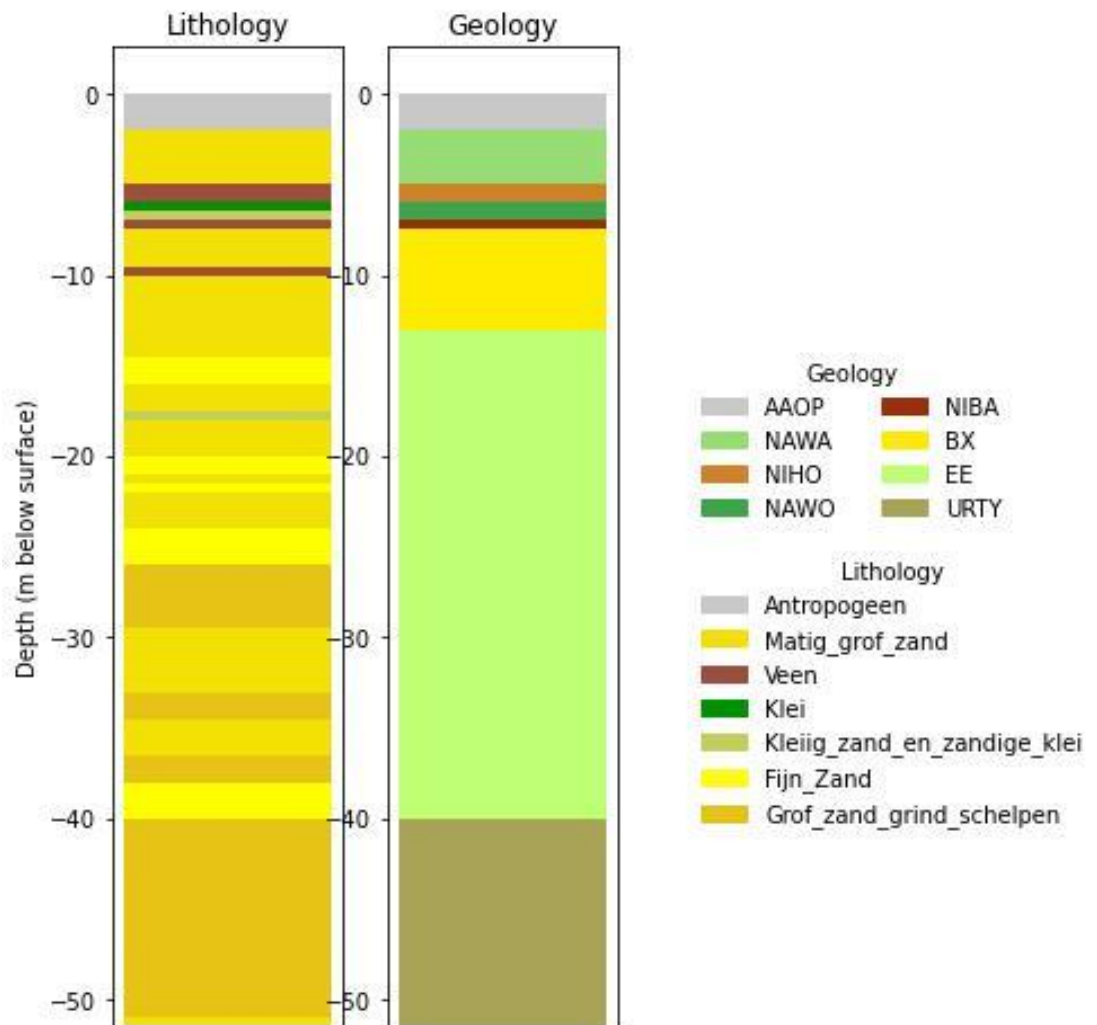
Delfzijl, DZYL 0 0 NLD



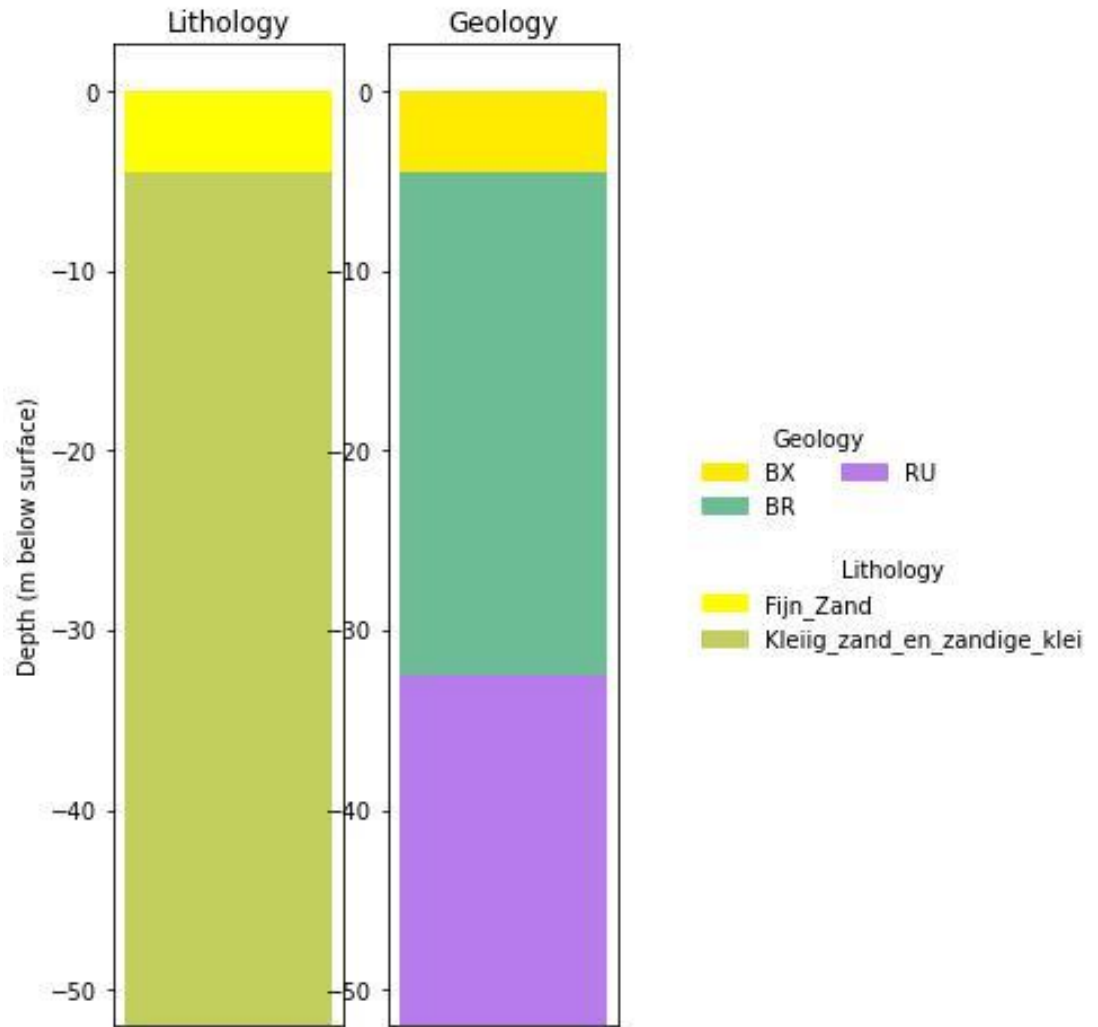
Delfzijl, DELZ 0 0 NLD



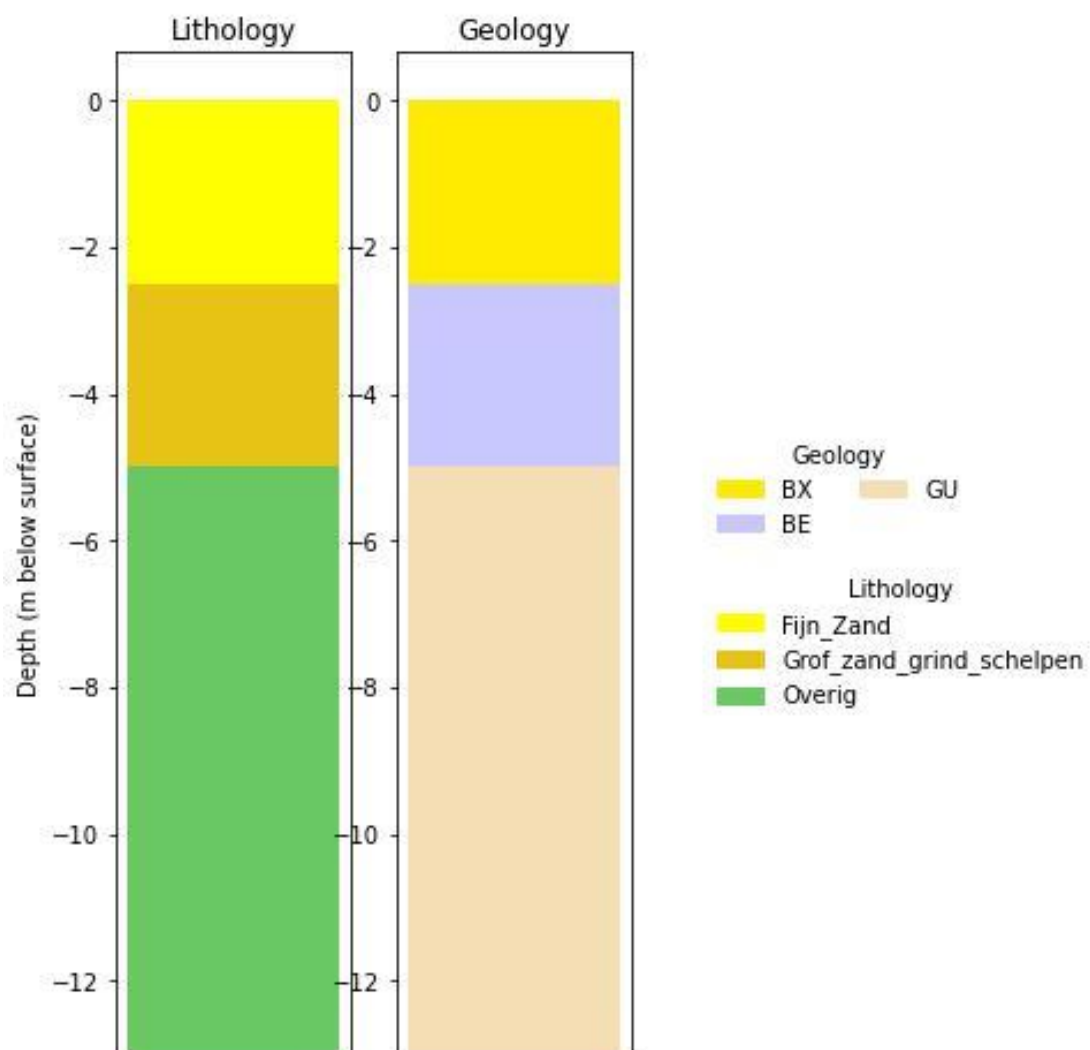
Den Helder, DHEL 0 0 NLD



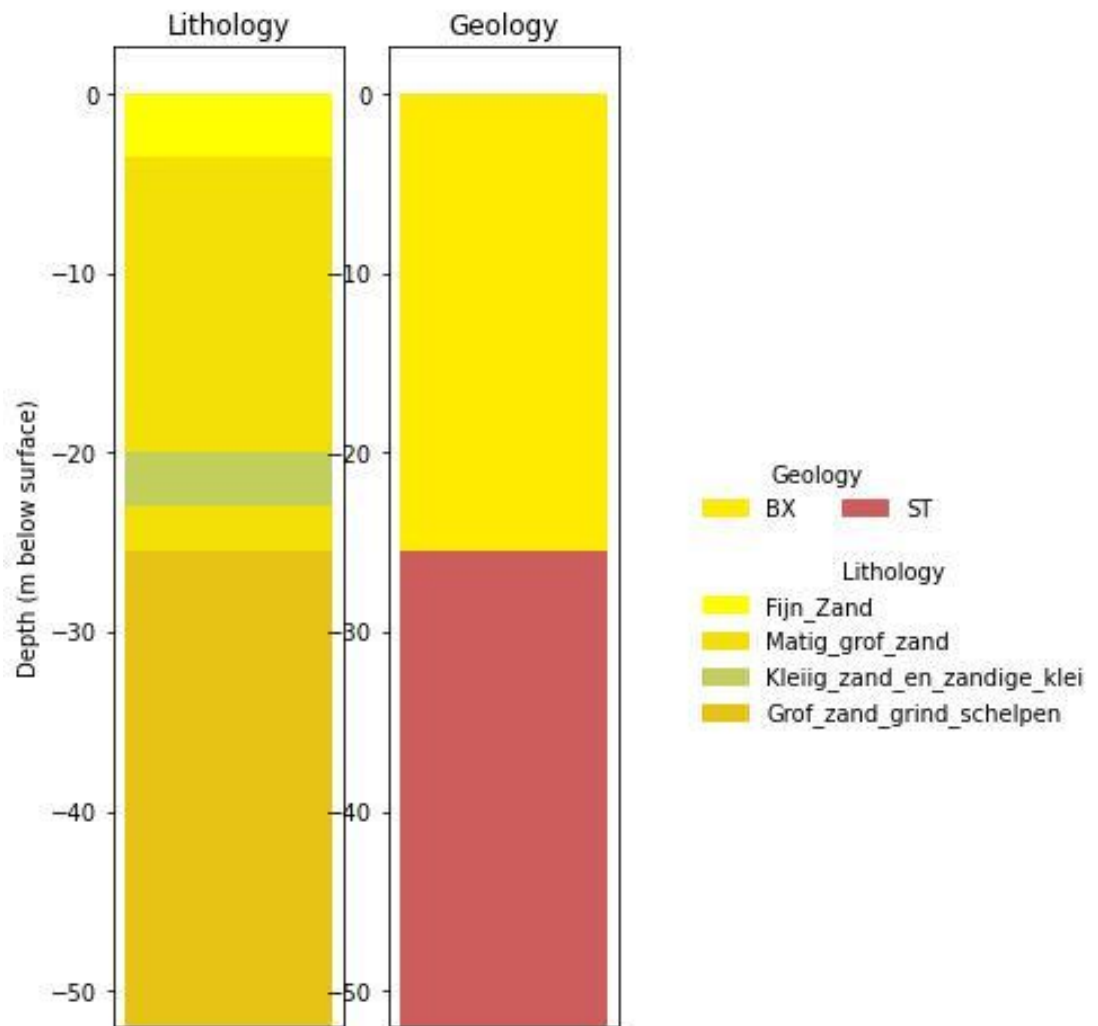
Eibergen, EBRG 0 0 NLD



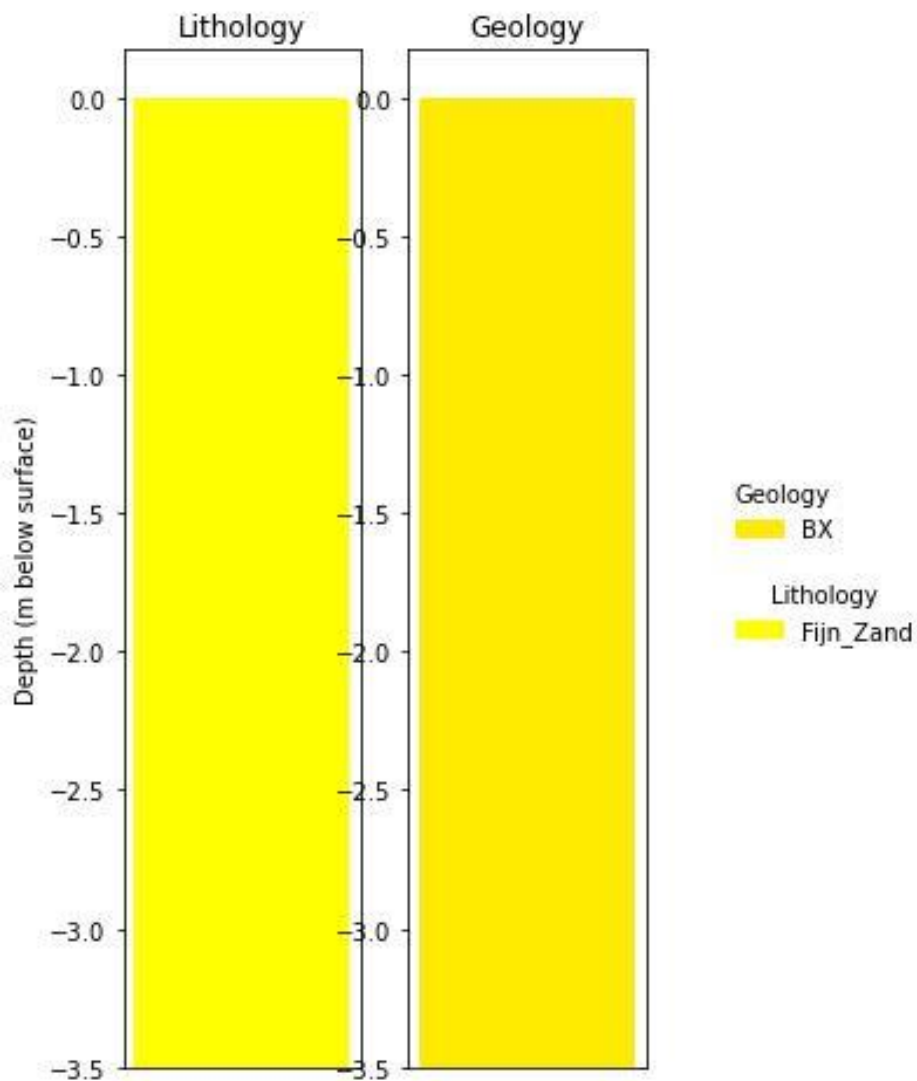
Eijsden, EIJS 0 0 NLD



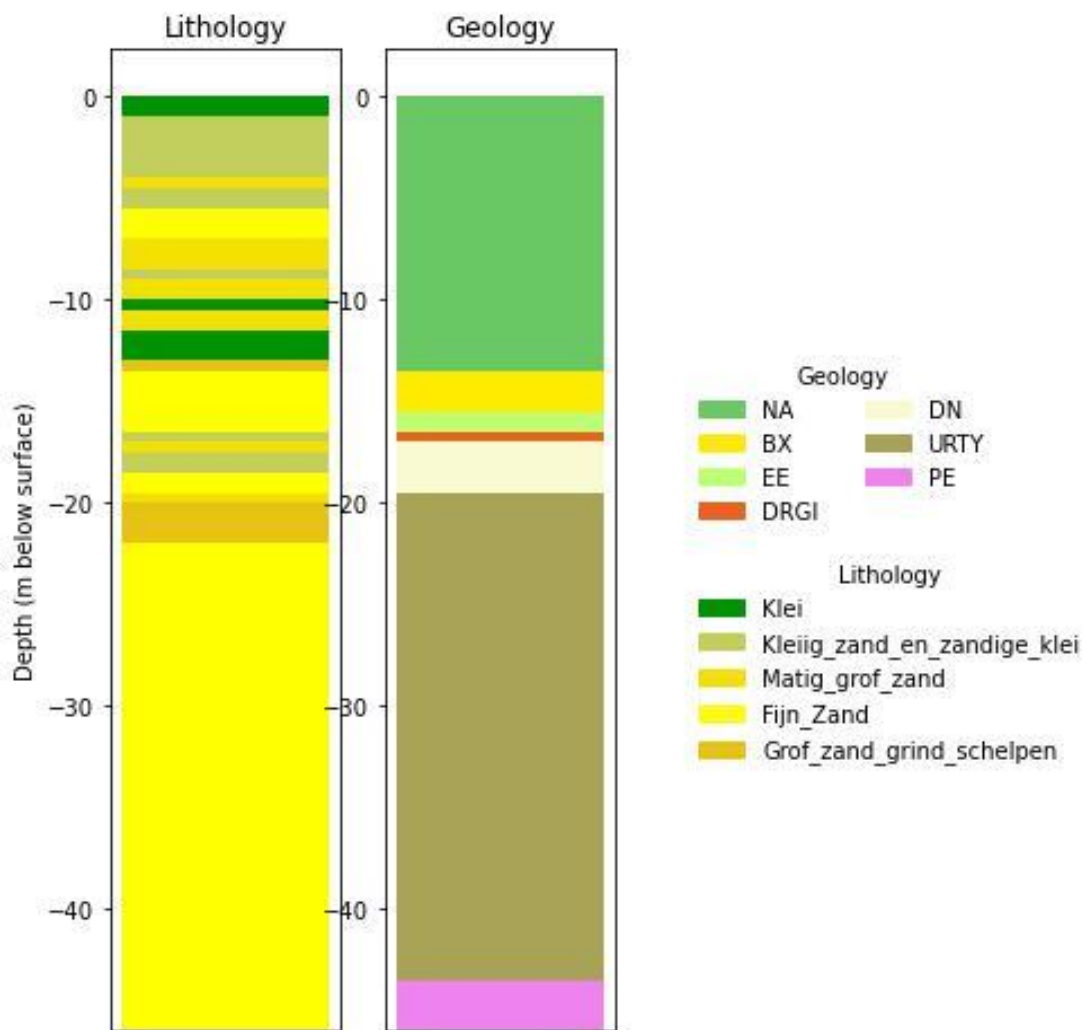
Eindhoven, EHVN 0 0 NLD



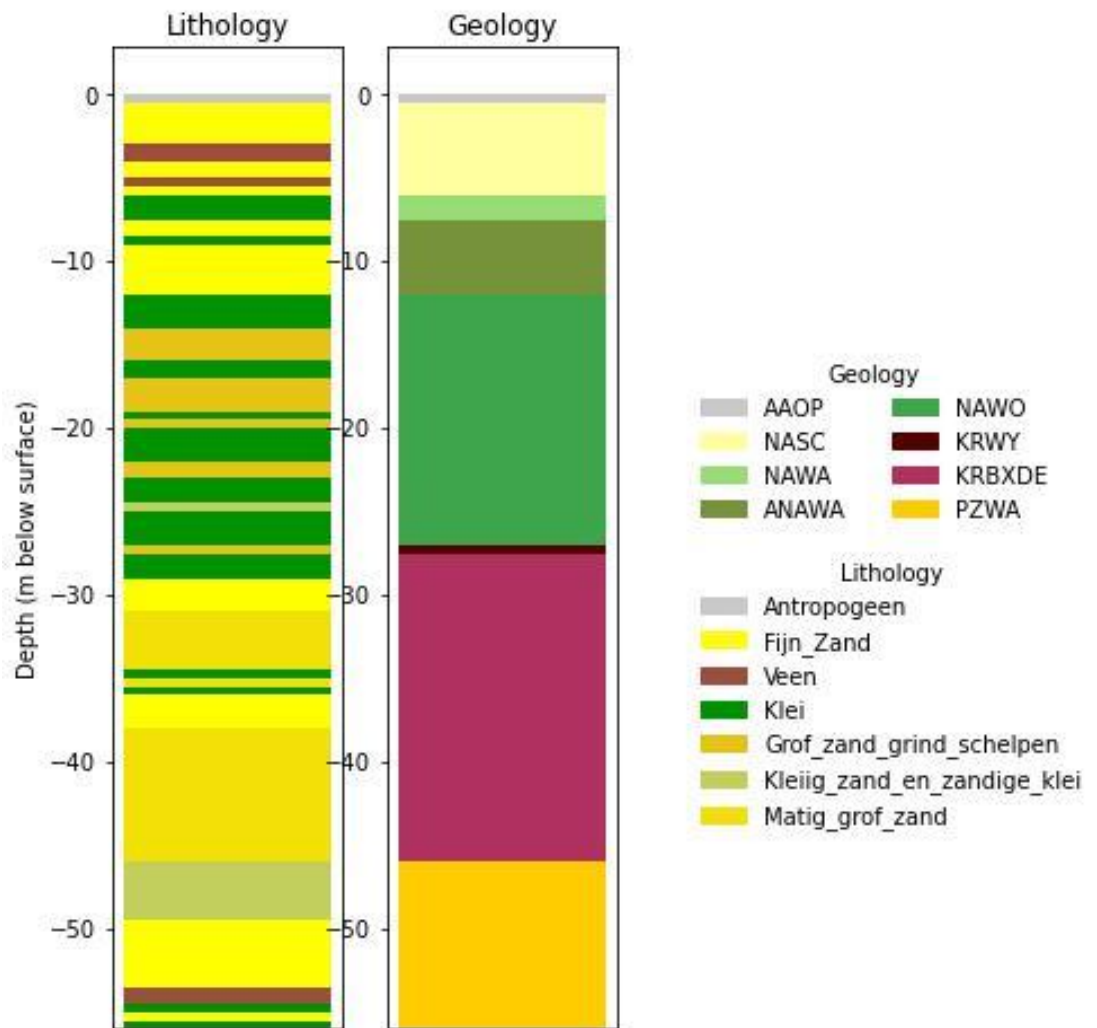
Epen, EPEN 0 0 NLD



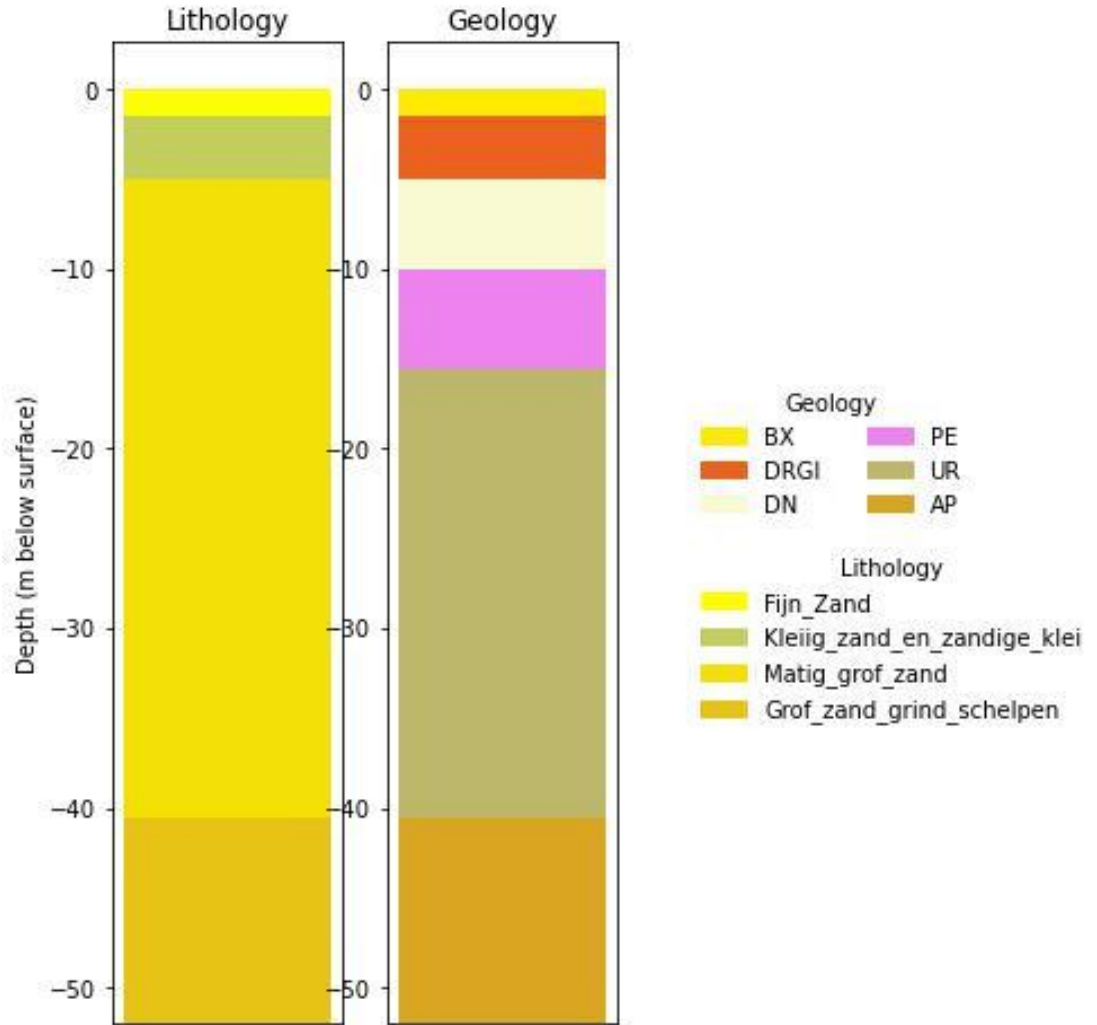
Haarlingen, HARL 0 0 NLD



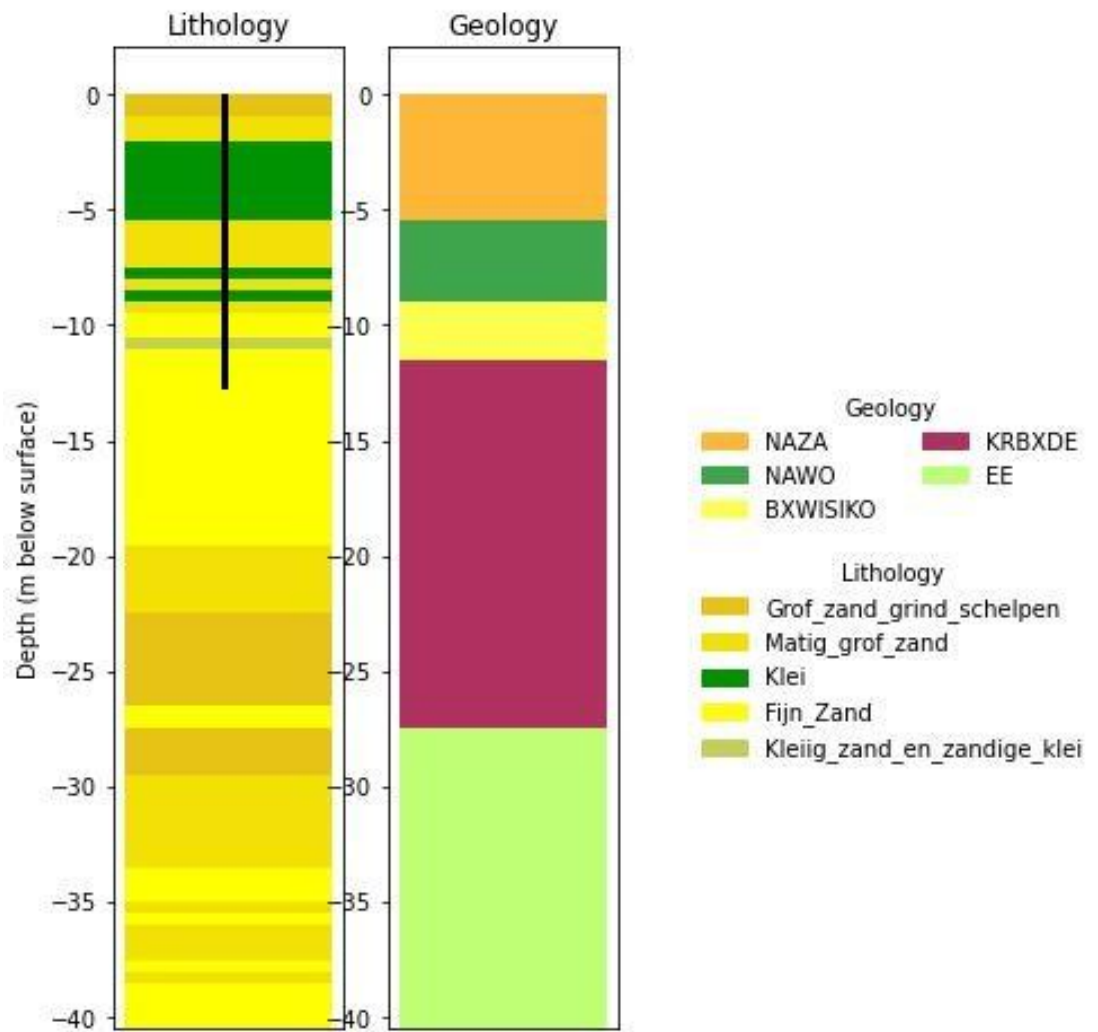
Hoek van Holland, HHOL 0 0 NLD

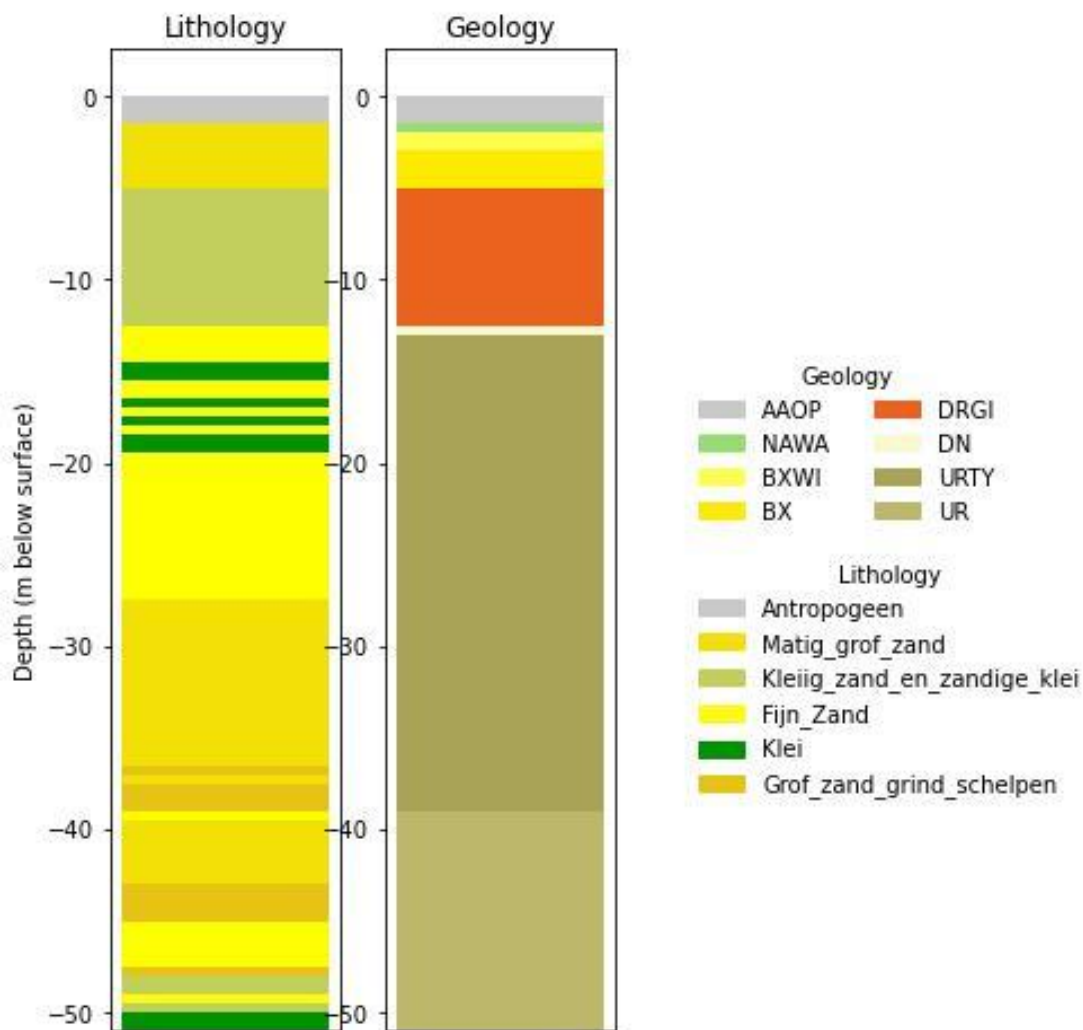


Hoogeveen, HOOG 0 0 NLD

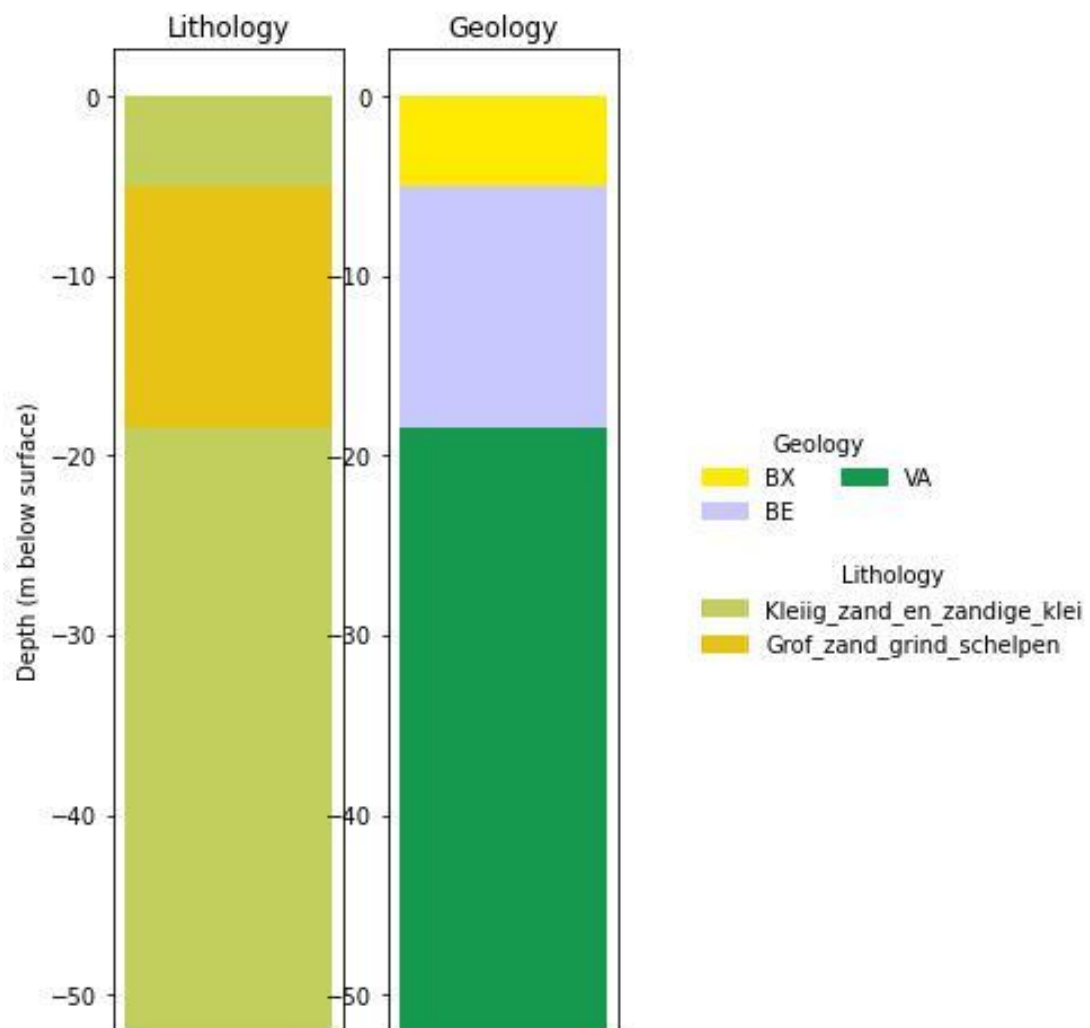


Ijmuiden,IJMU 0 0 NLD

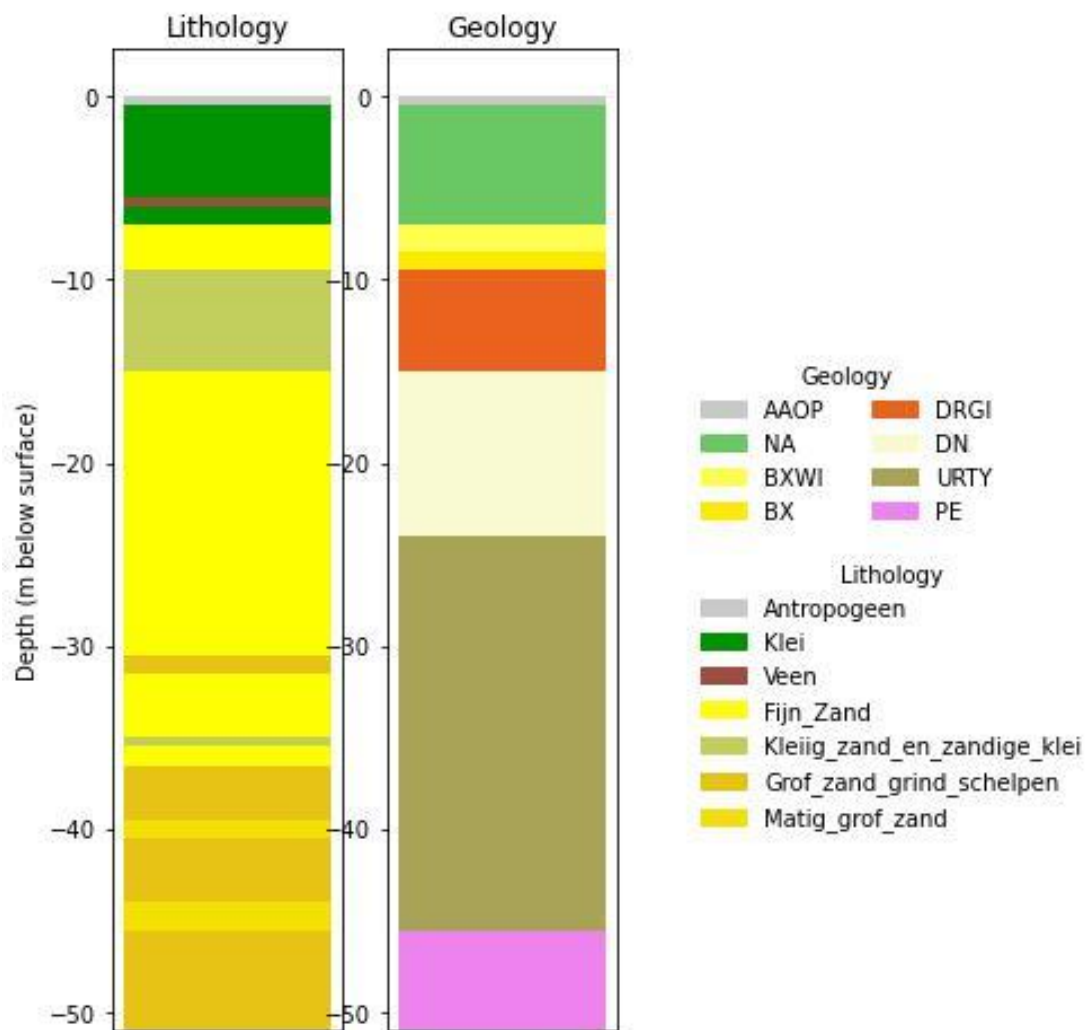




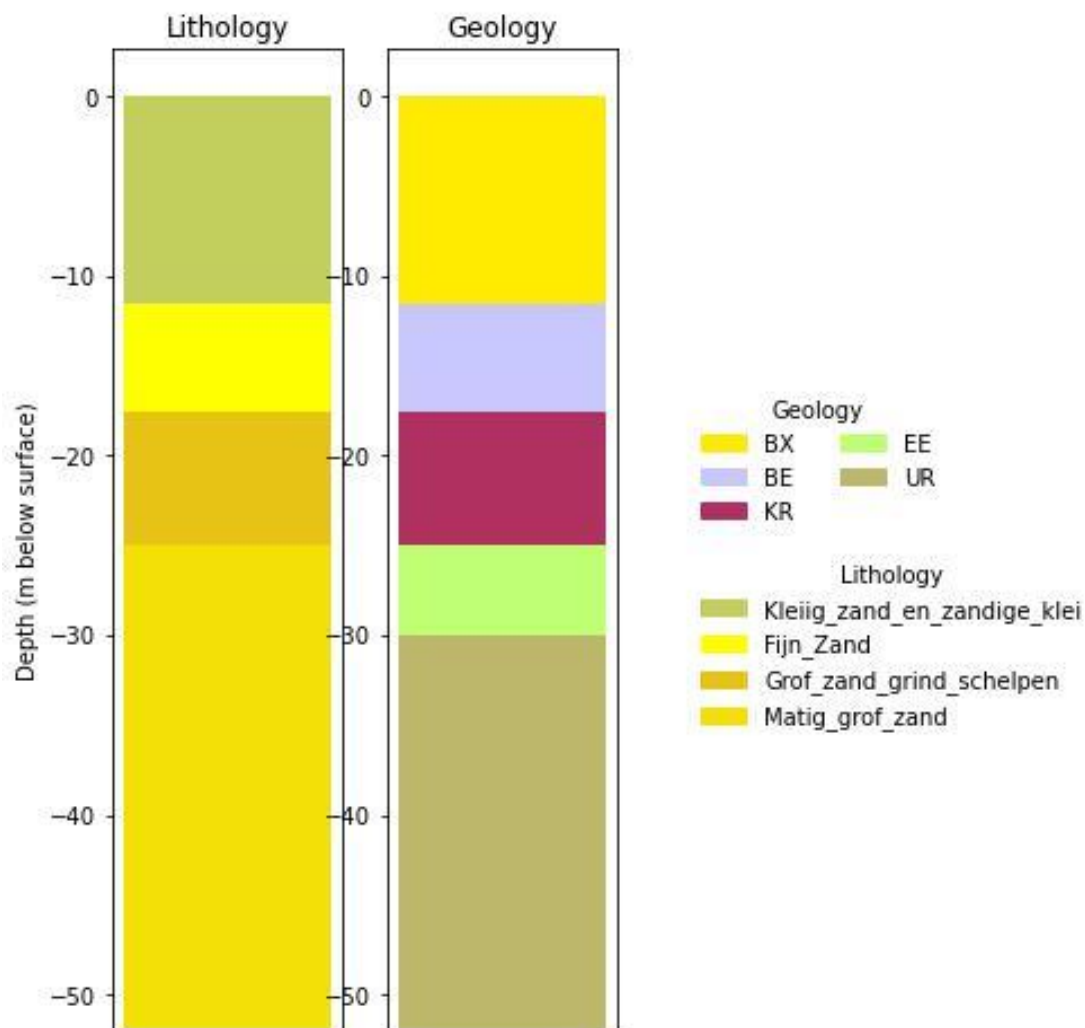
Kerkrade, KERK 0 0 NLD



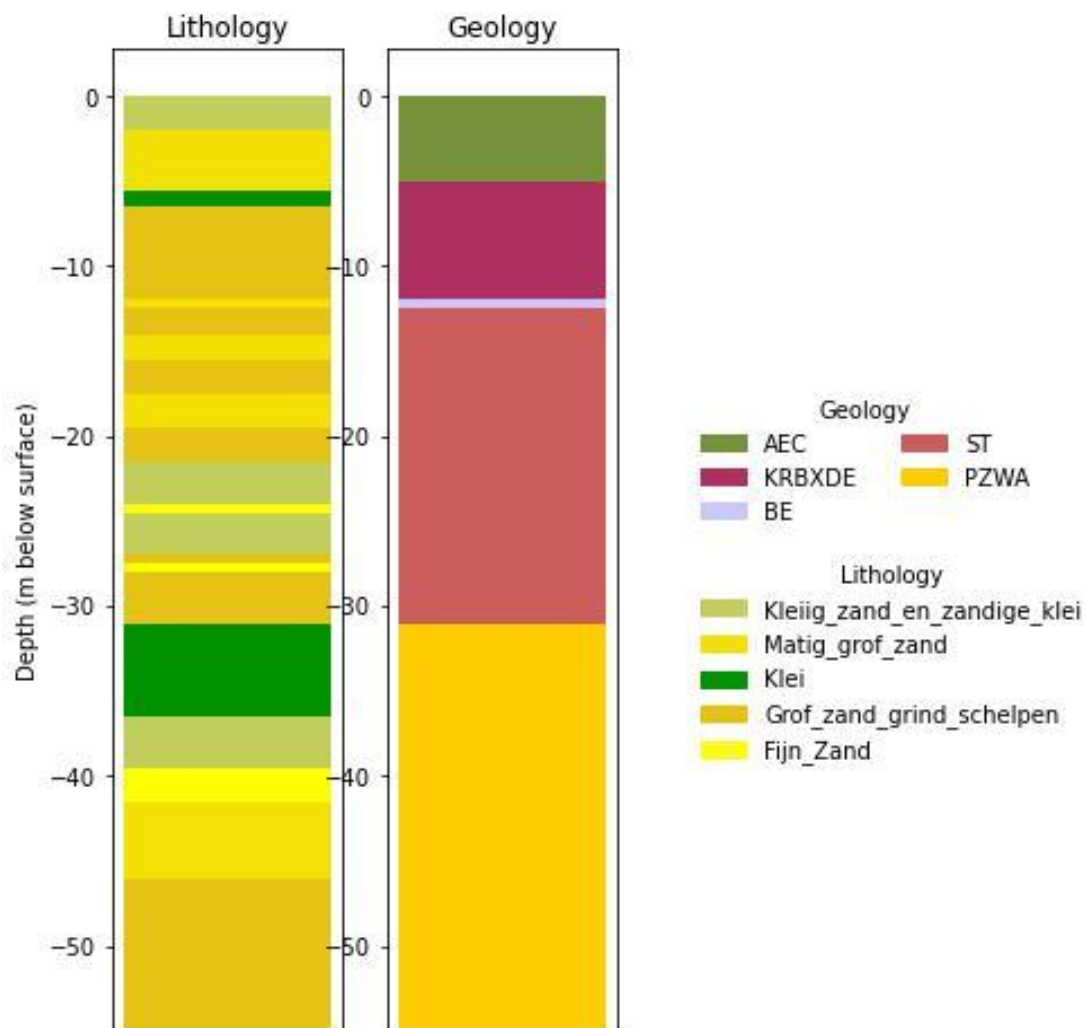
Leeuwarden, LWRD 0 0 NLD



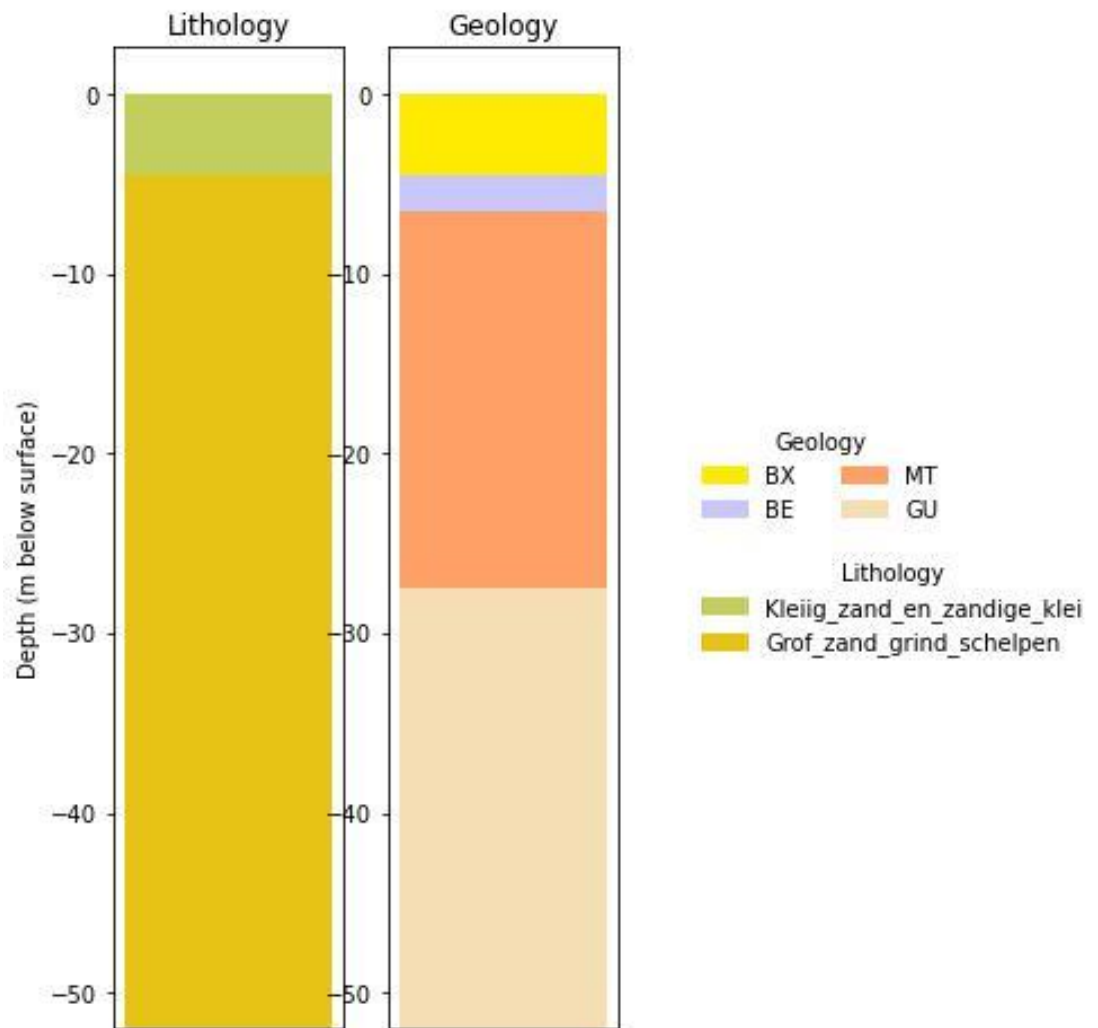
Lelystad, LELY 0 0 NLD



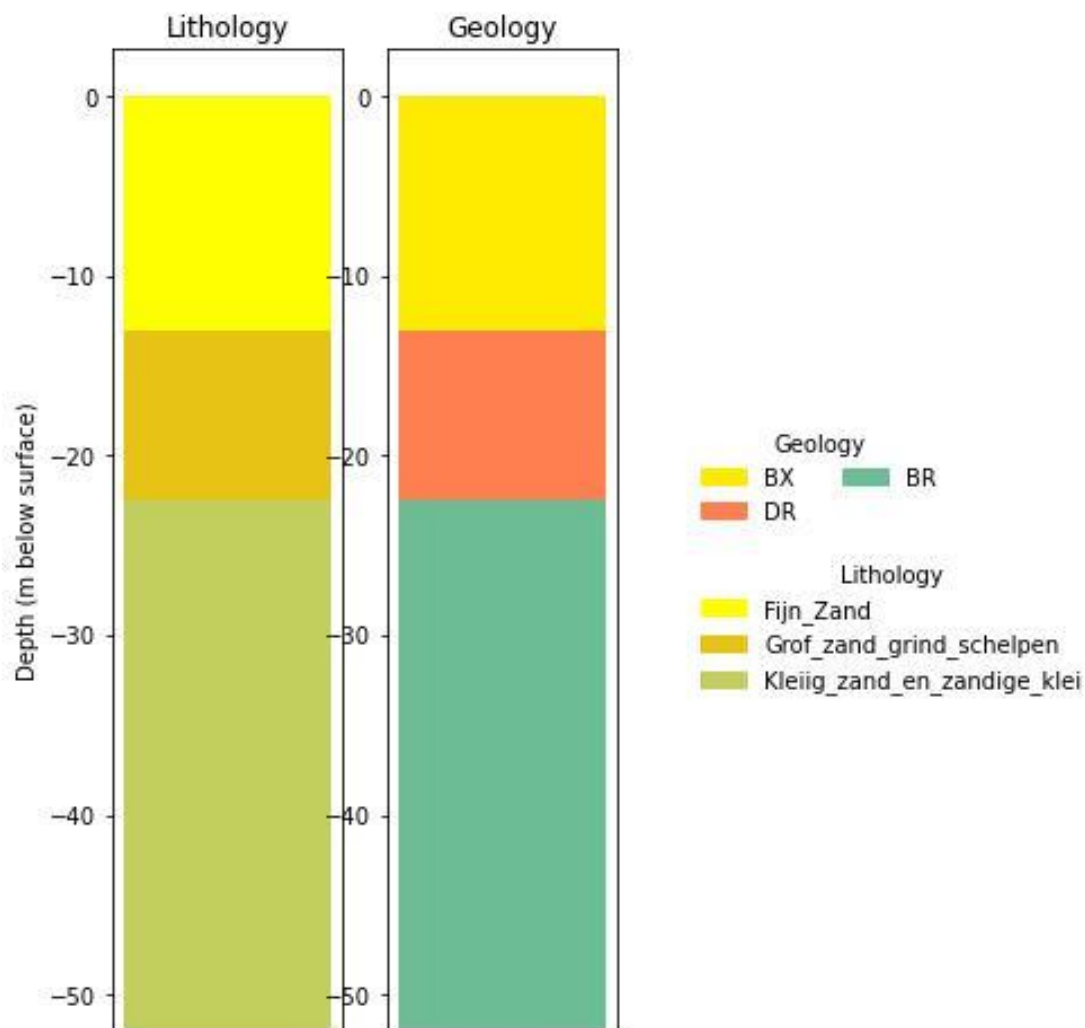
Lith,LITH 0 0 NLD



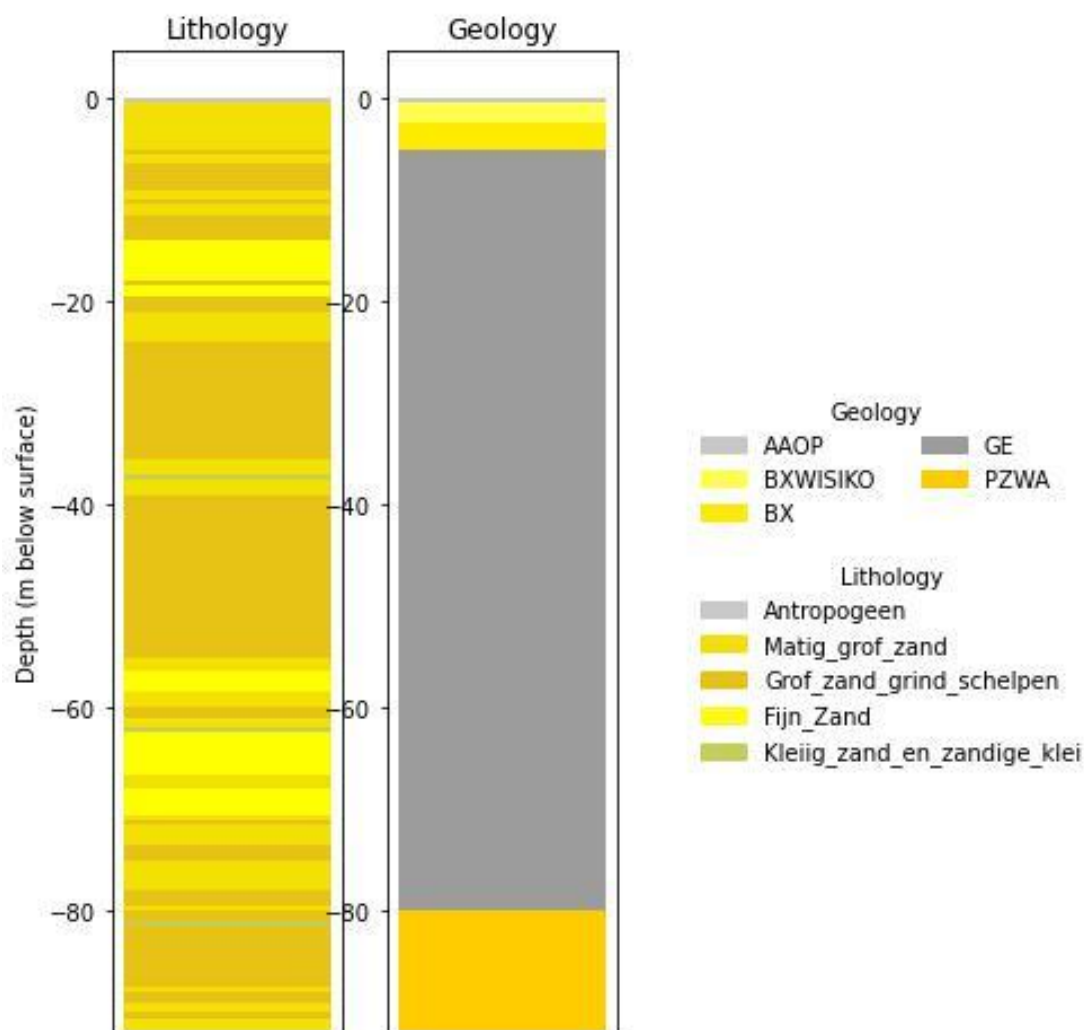
Maastricht, MSTR 0 0 NLD



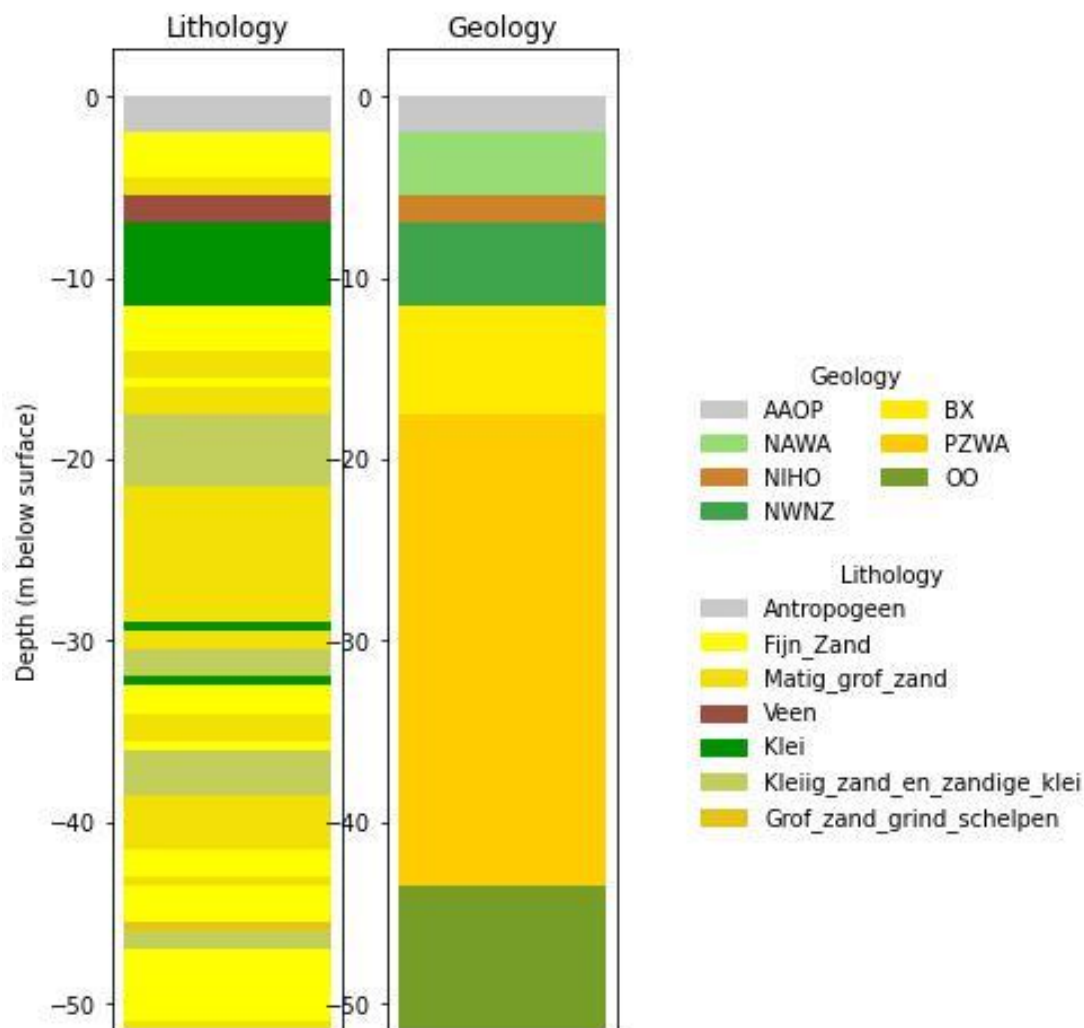
Oldenzaal, OLDE 0 0 NLD

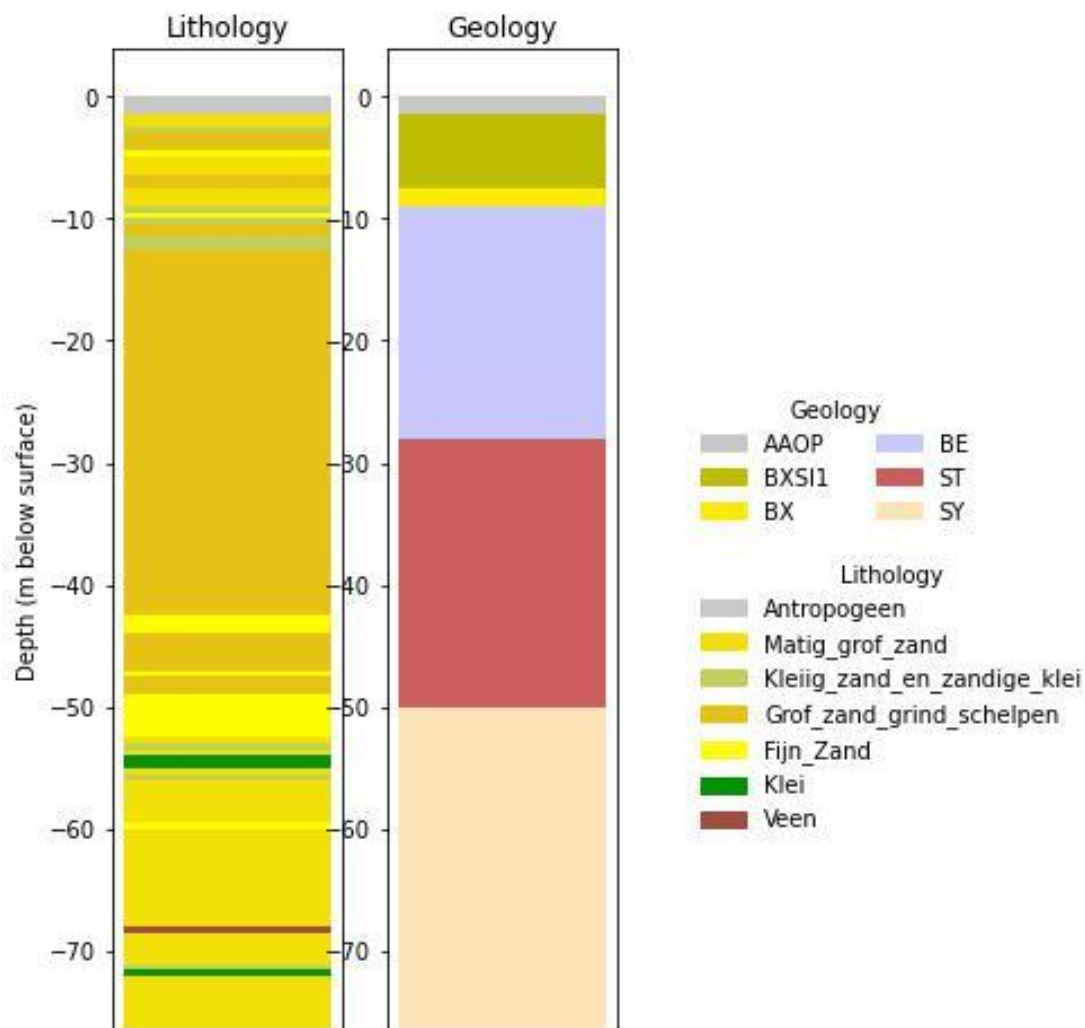


Radio Kootwijk, KOS1 0 0 NLD

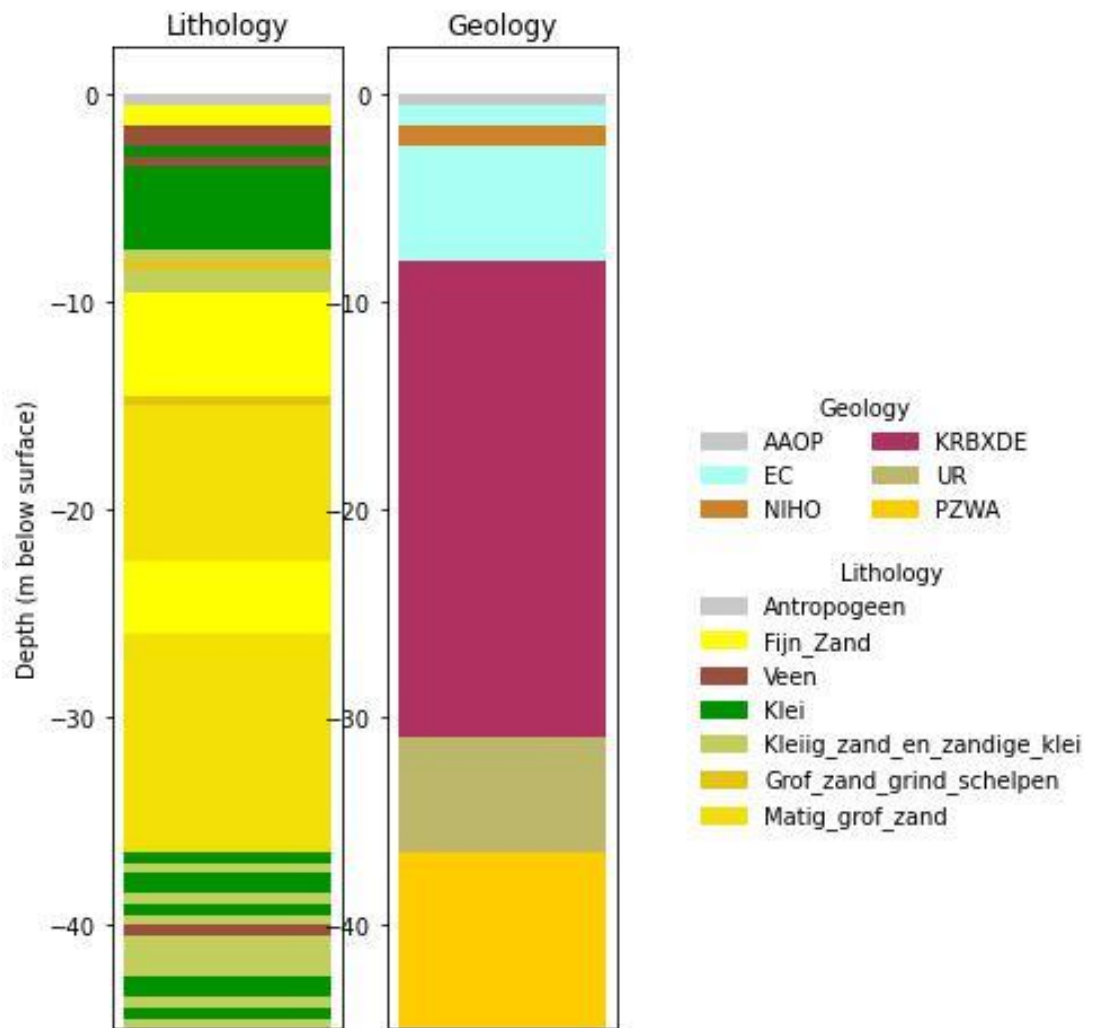


Rilland,RIL2 0 0 NLD

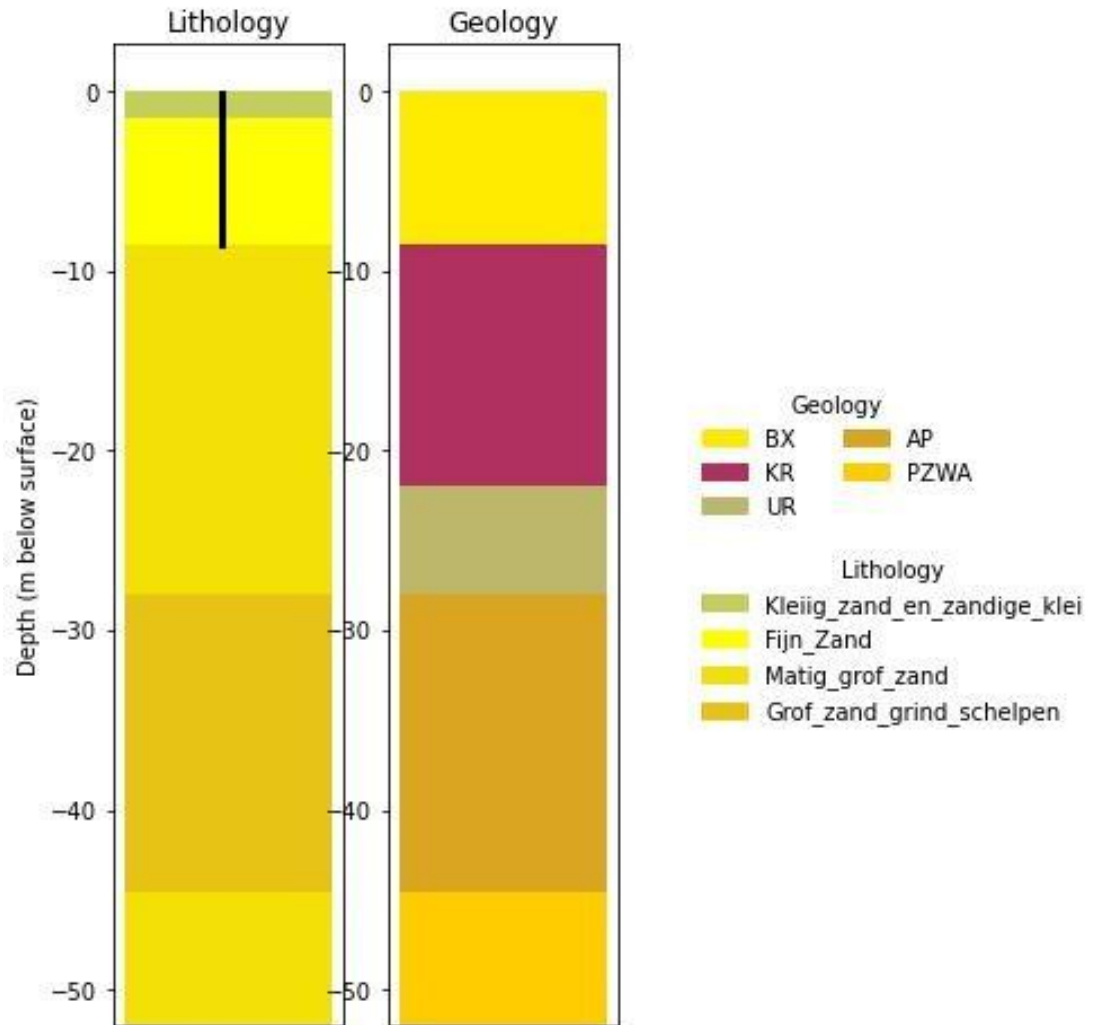




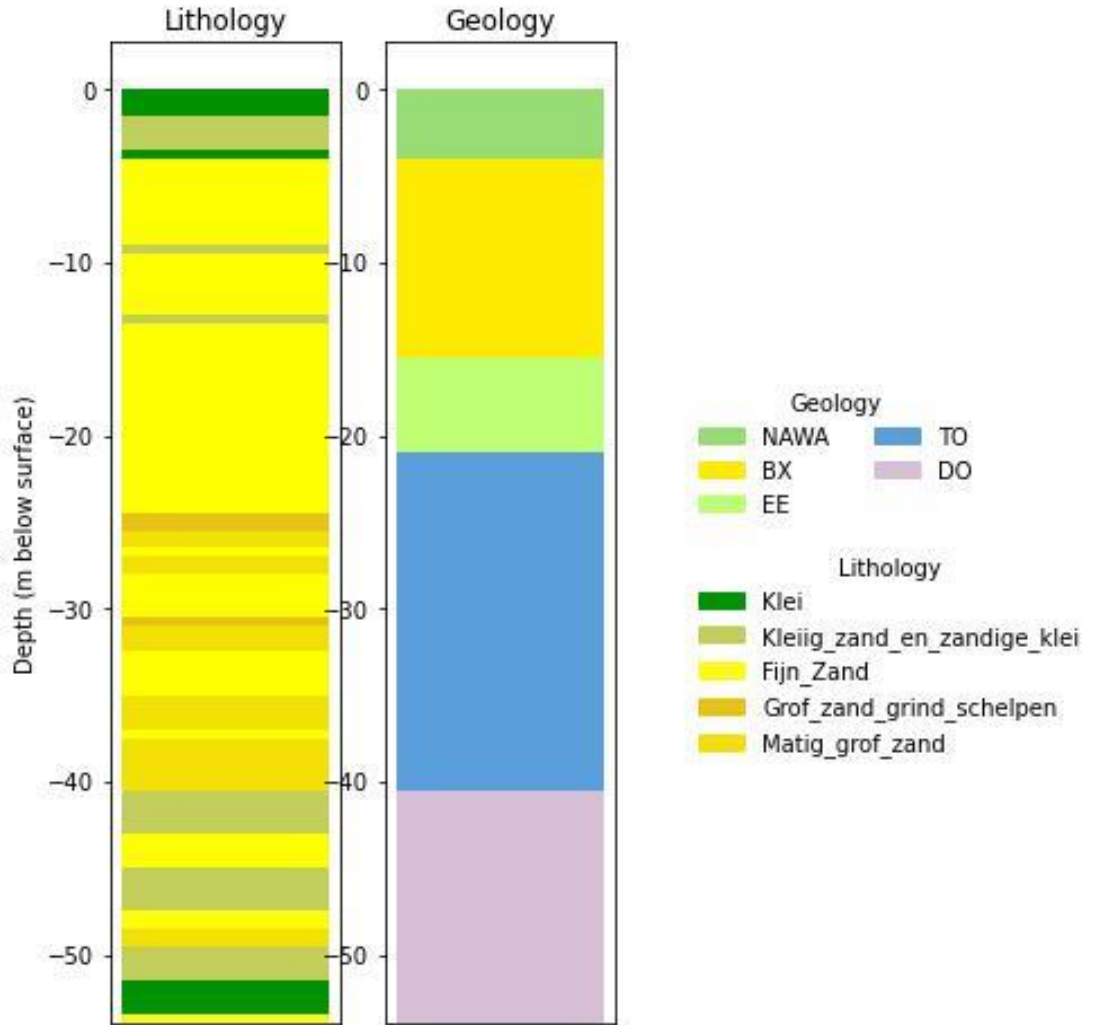
Rotterdam,RDAM 0 0 NLD



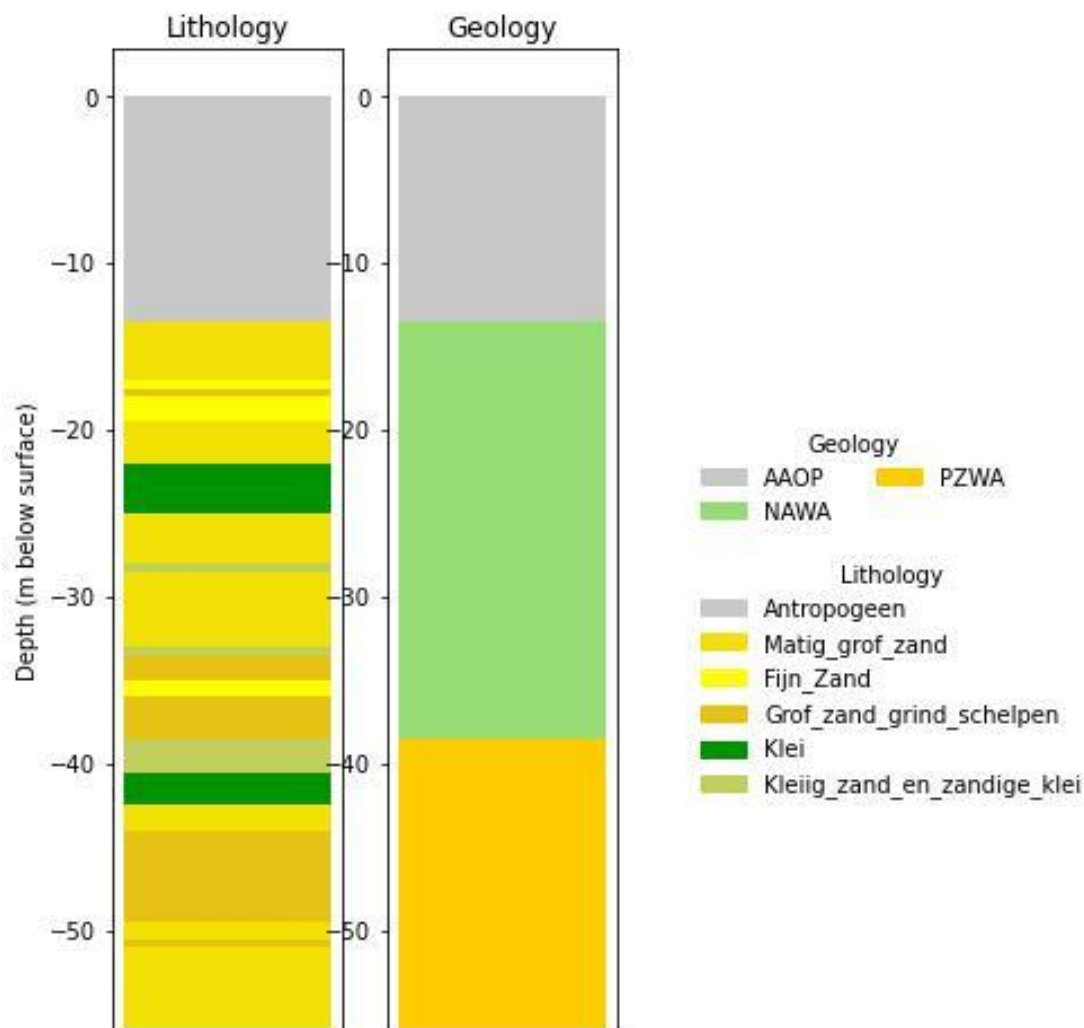
Rouveen, ROVN 0 0 NLD



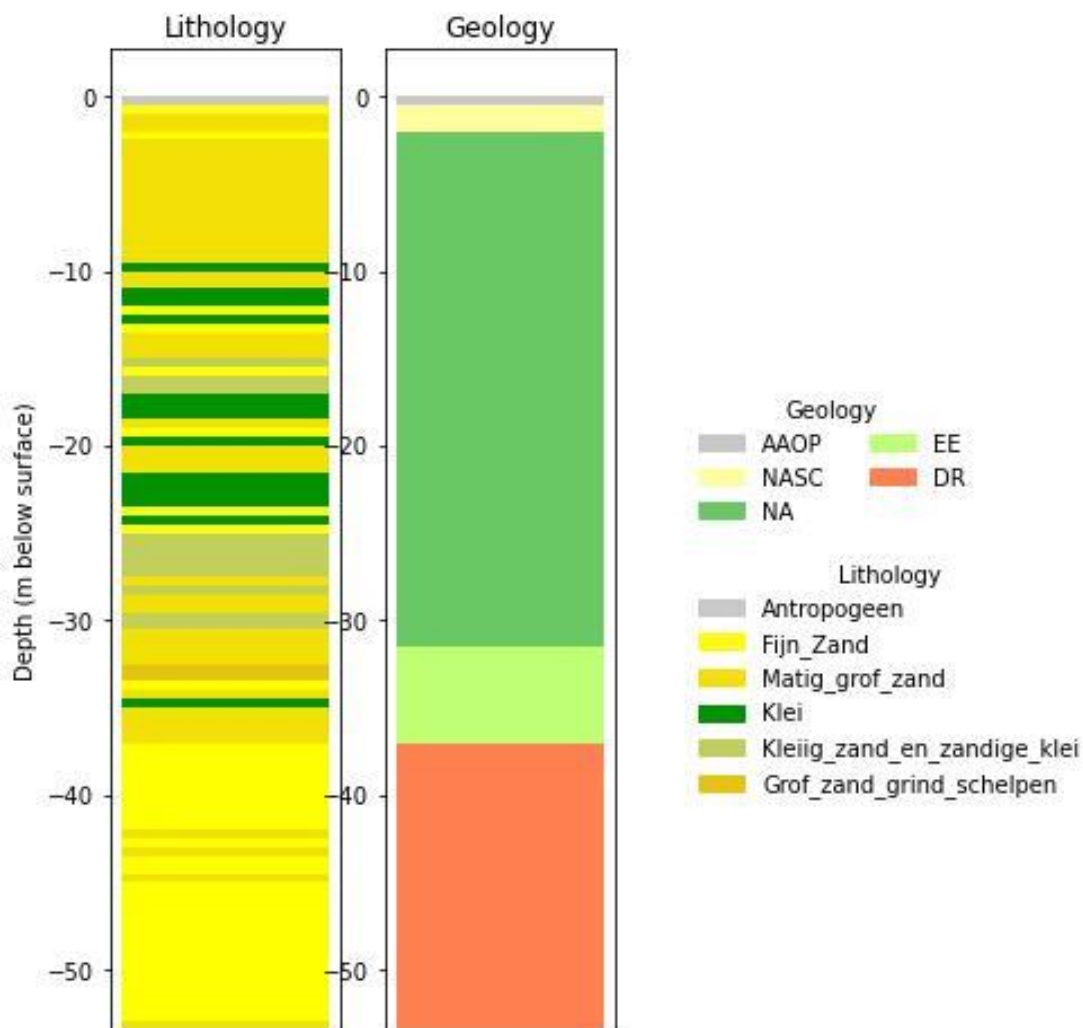
Sas van Gent, SASG 0 0 NLD



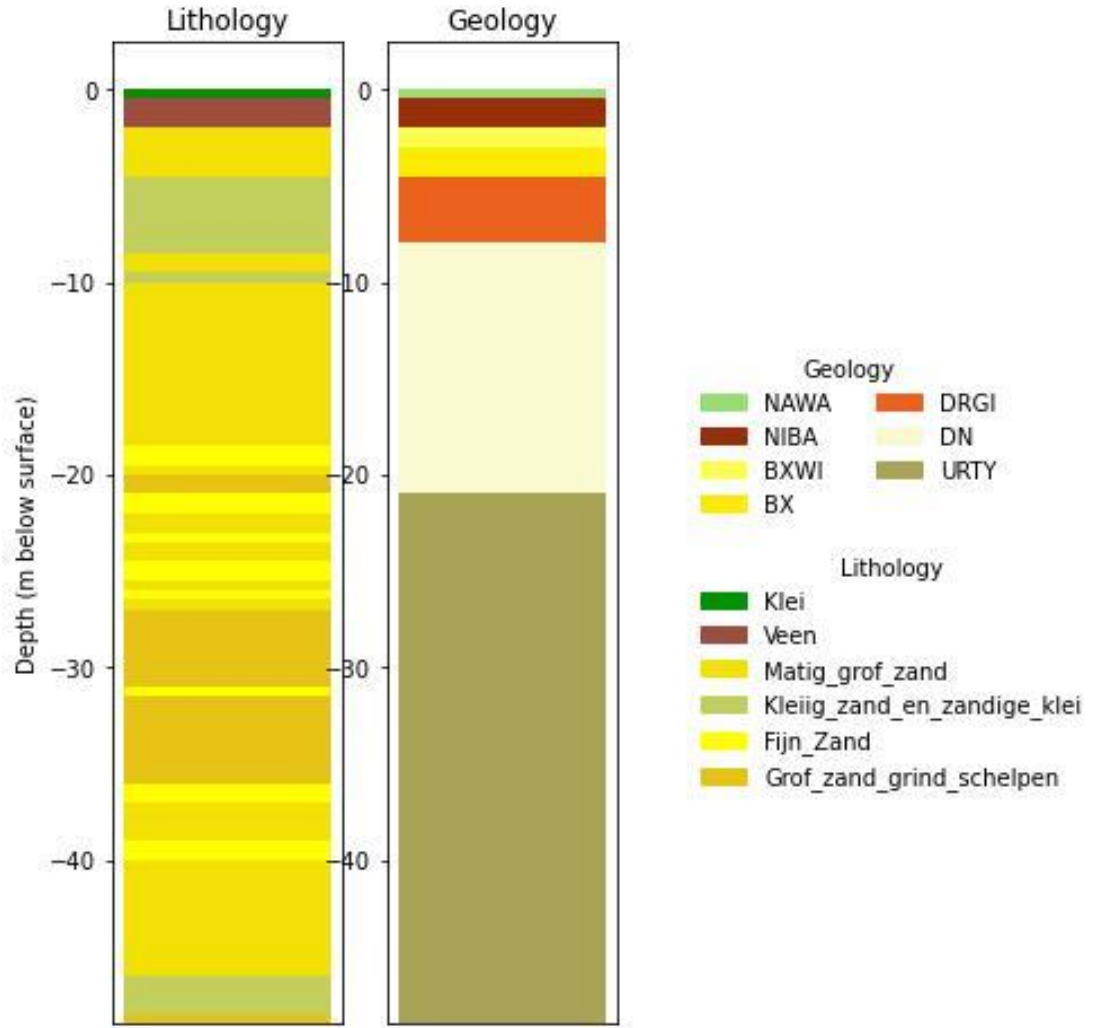
Scharendijke, SDYK 0 0 NLD



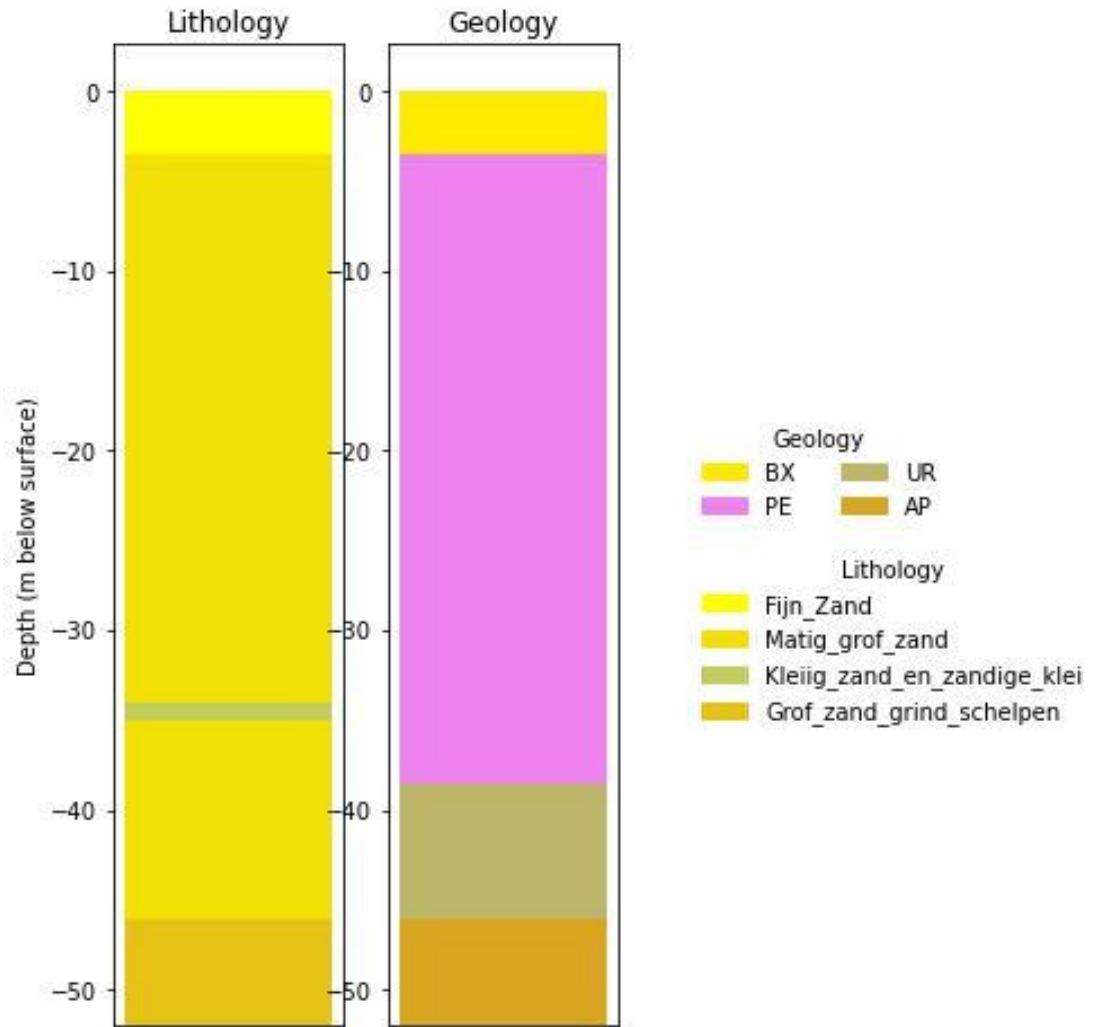
Schiermonnikoog, SCHI 0 0 NLD



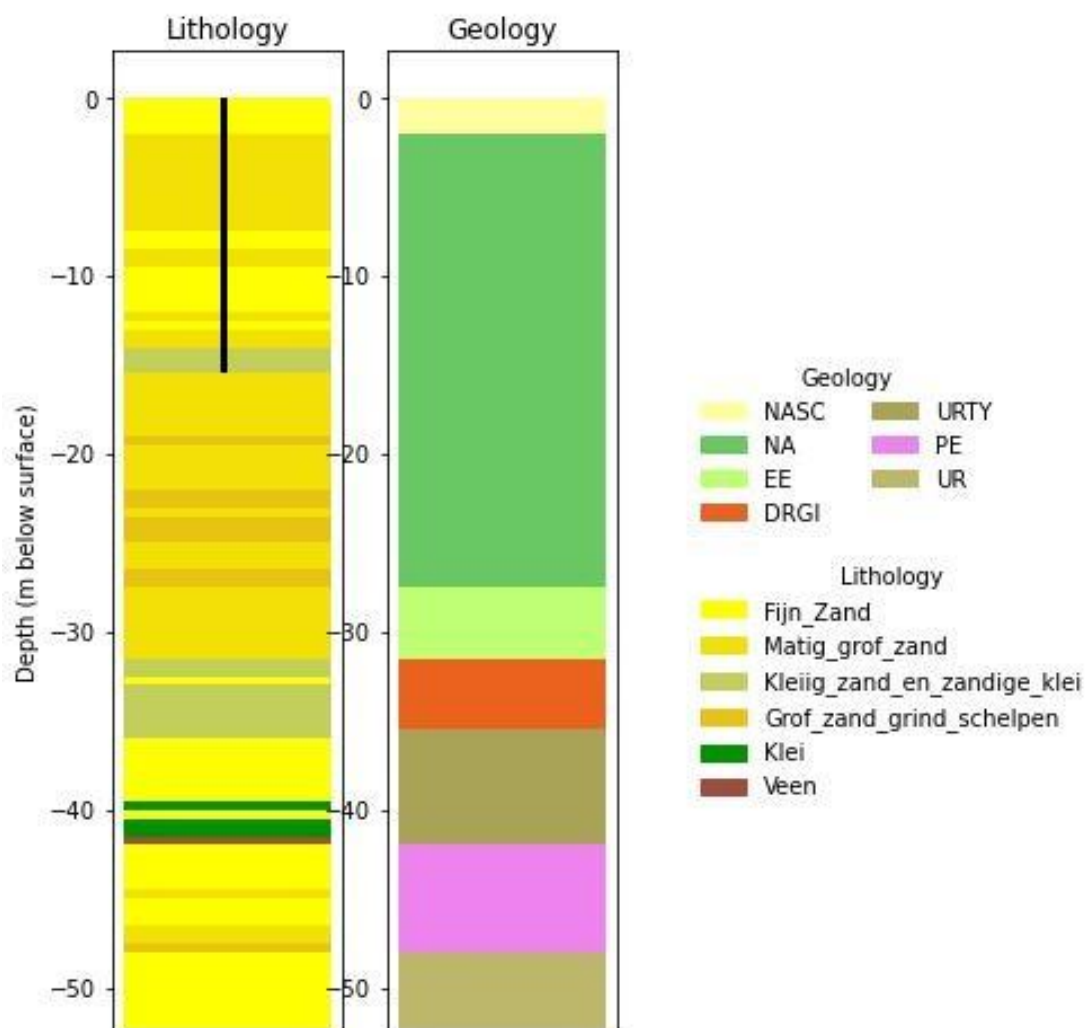
Stavoren, STAV 0 0 NLD



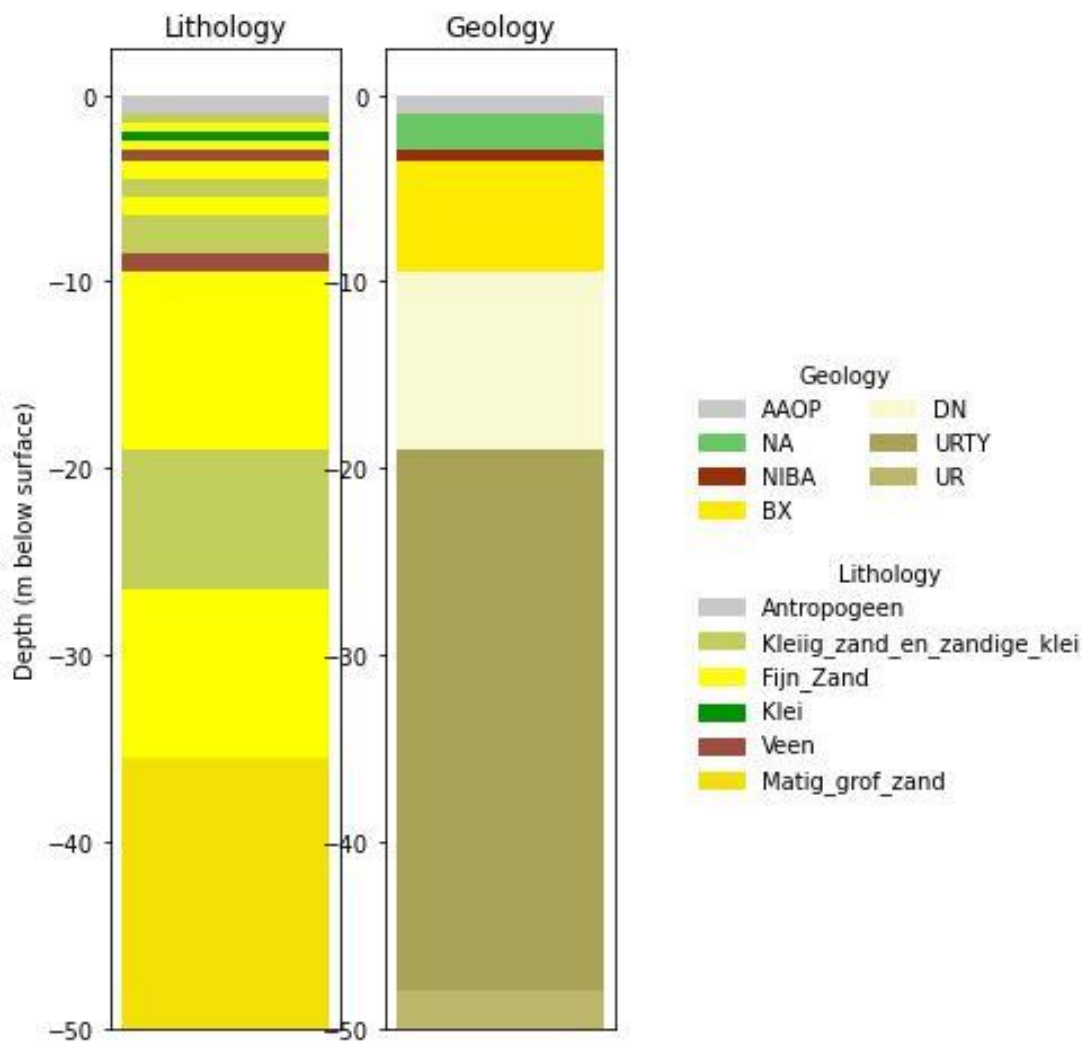
Ter Apel, TAPL 0 0 NLD



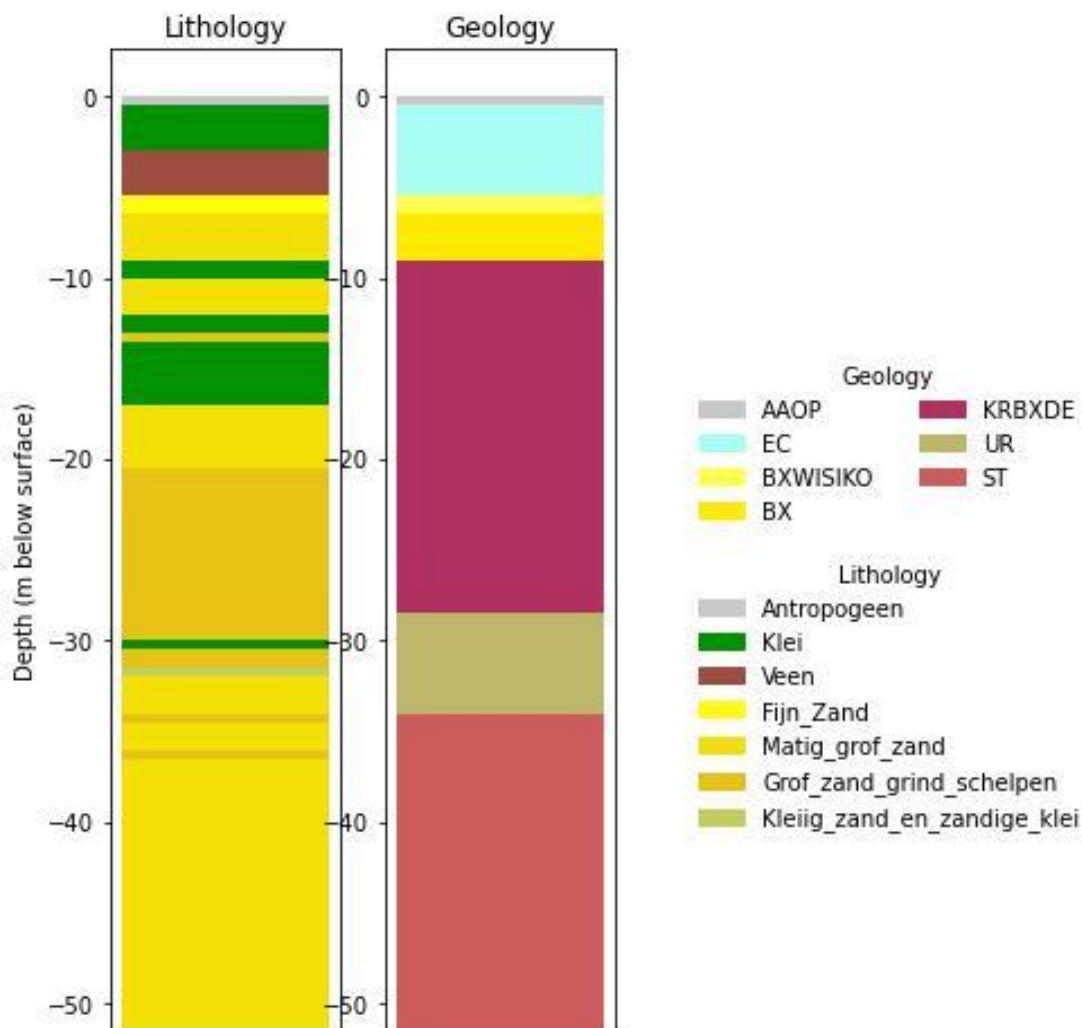
Terschelling, TERS 0 0 NLD



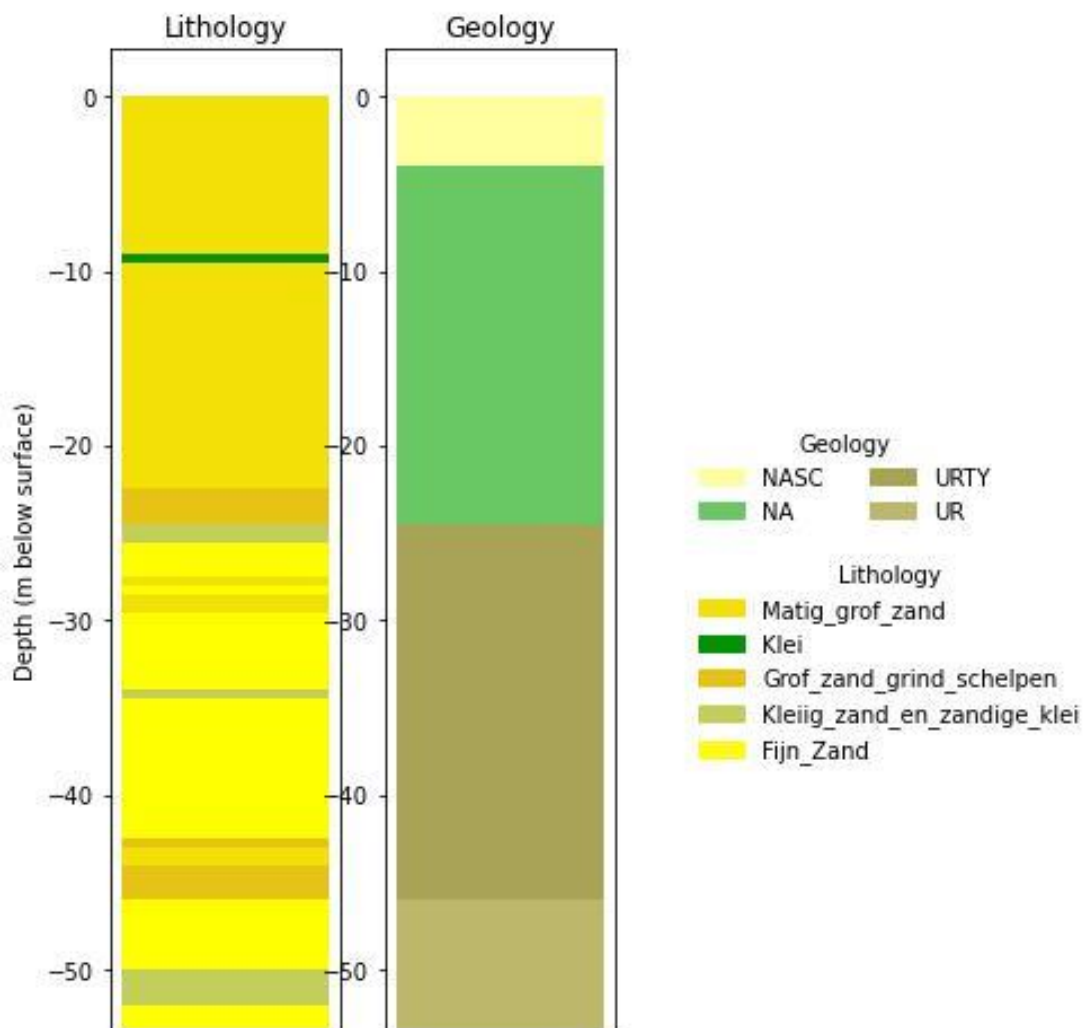
Texel, TXE2 0 0 NLD



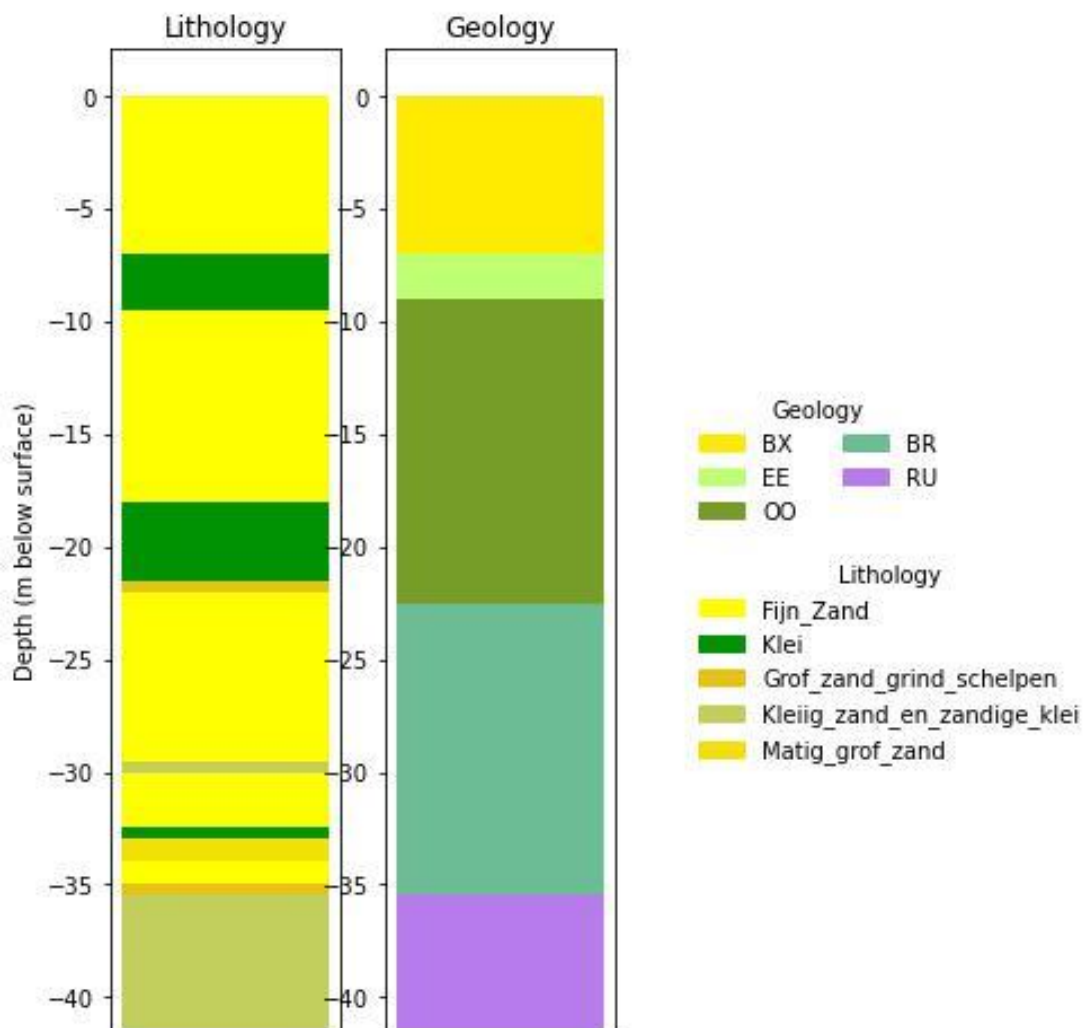
Utrecht, UTR2 0 0 NLD



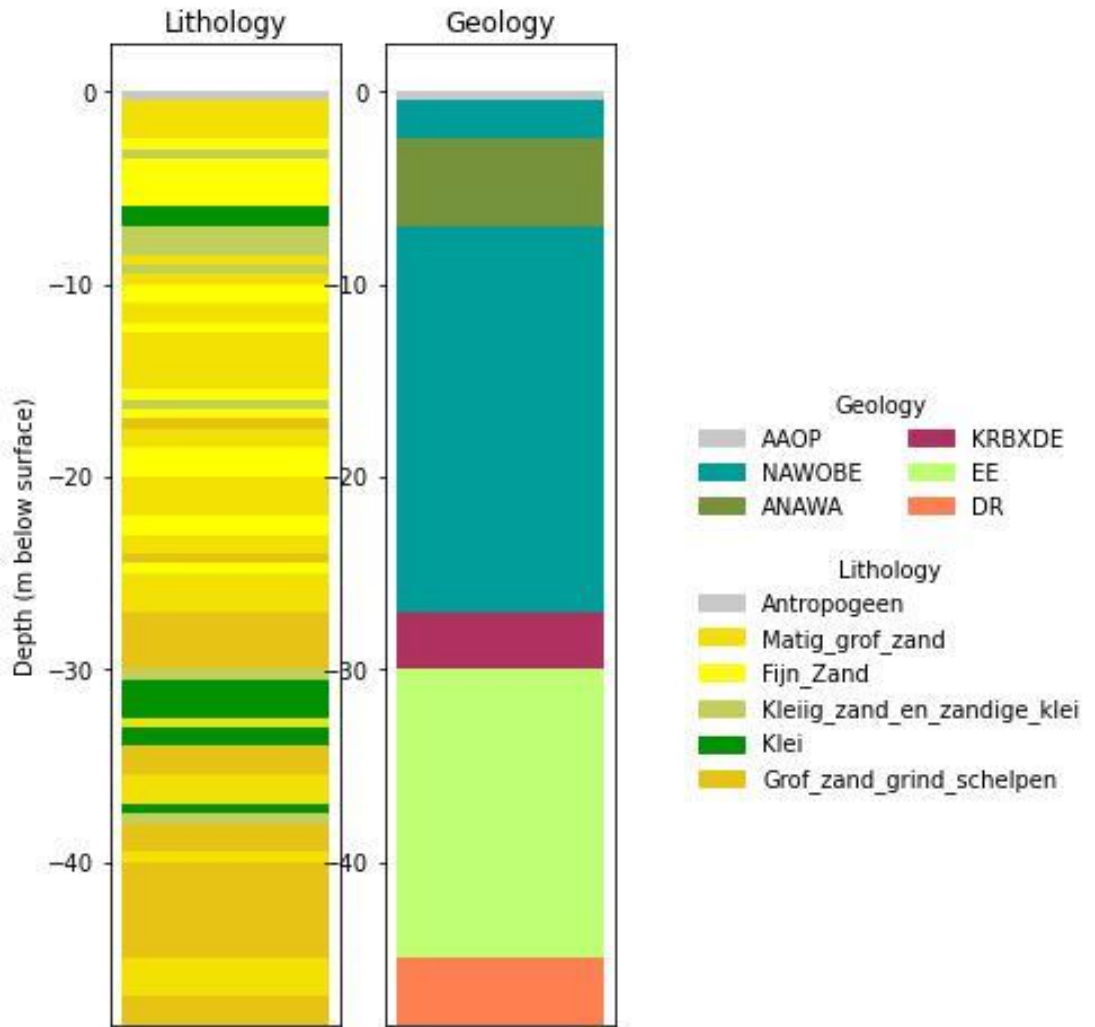
Vlieland, VLIE 0 0 NLD



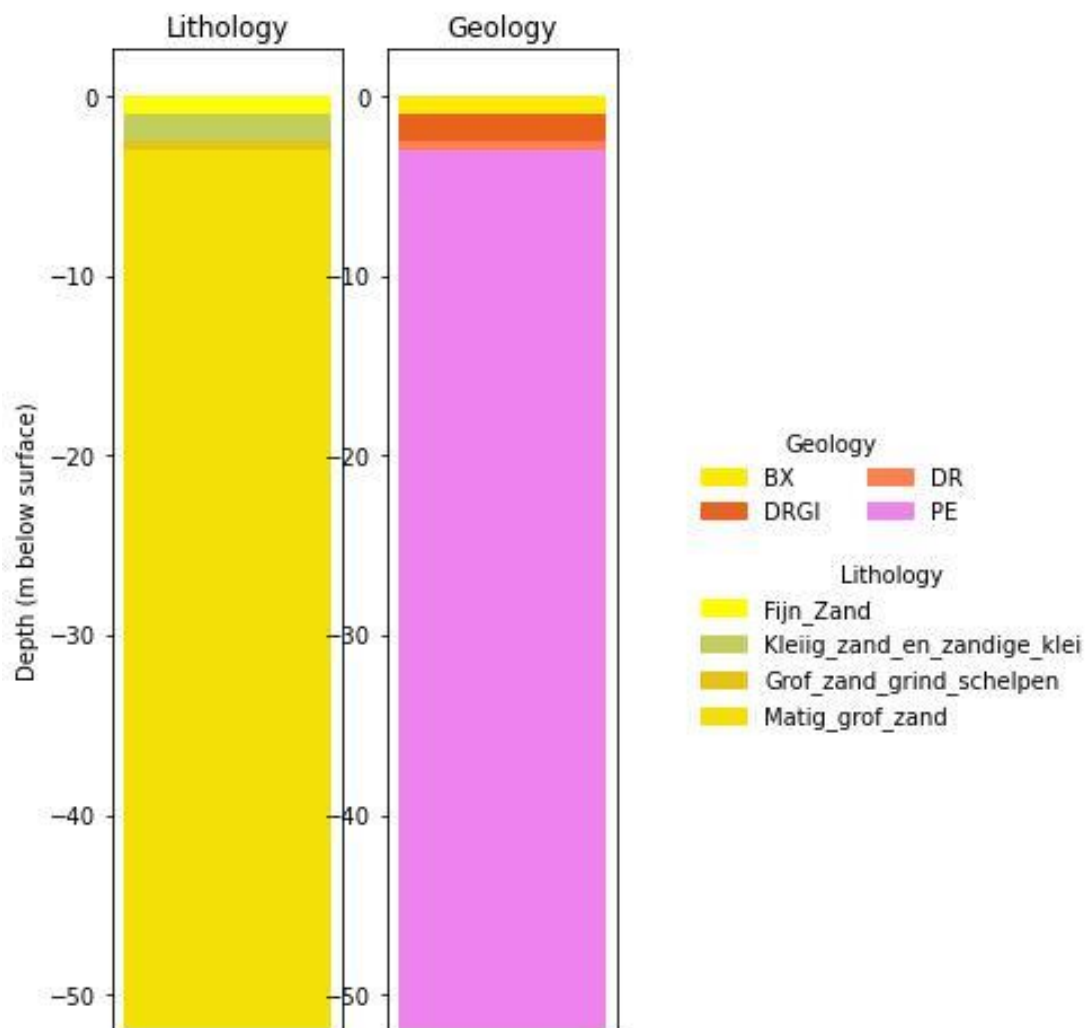
Vlissingen, VLIS 0 0 NLD



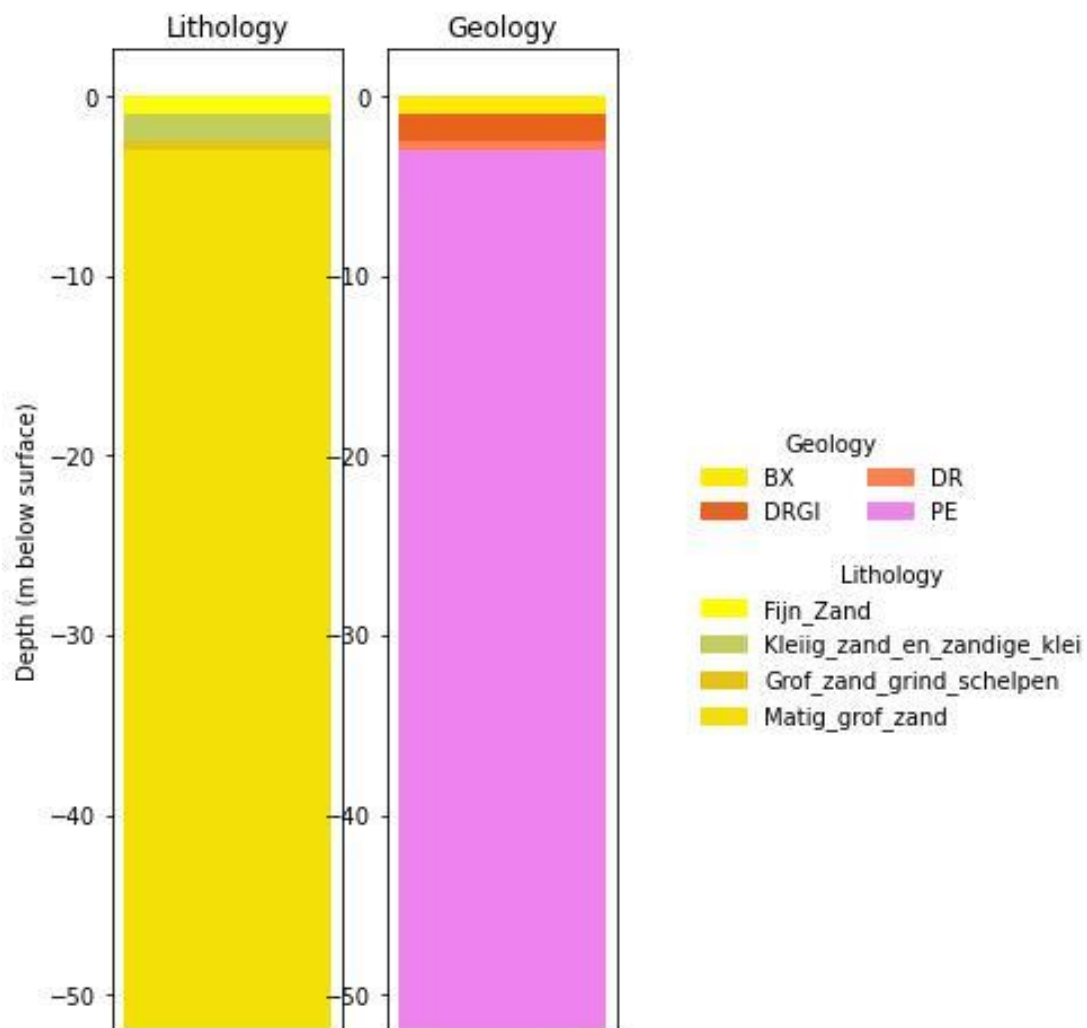
Warmenhuizen, WARM 0 0 NLD



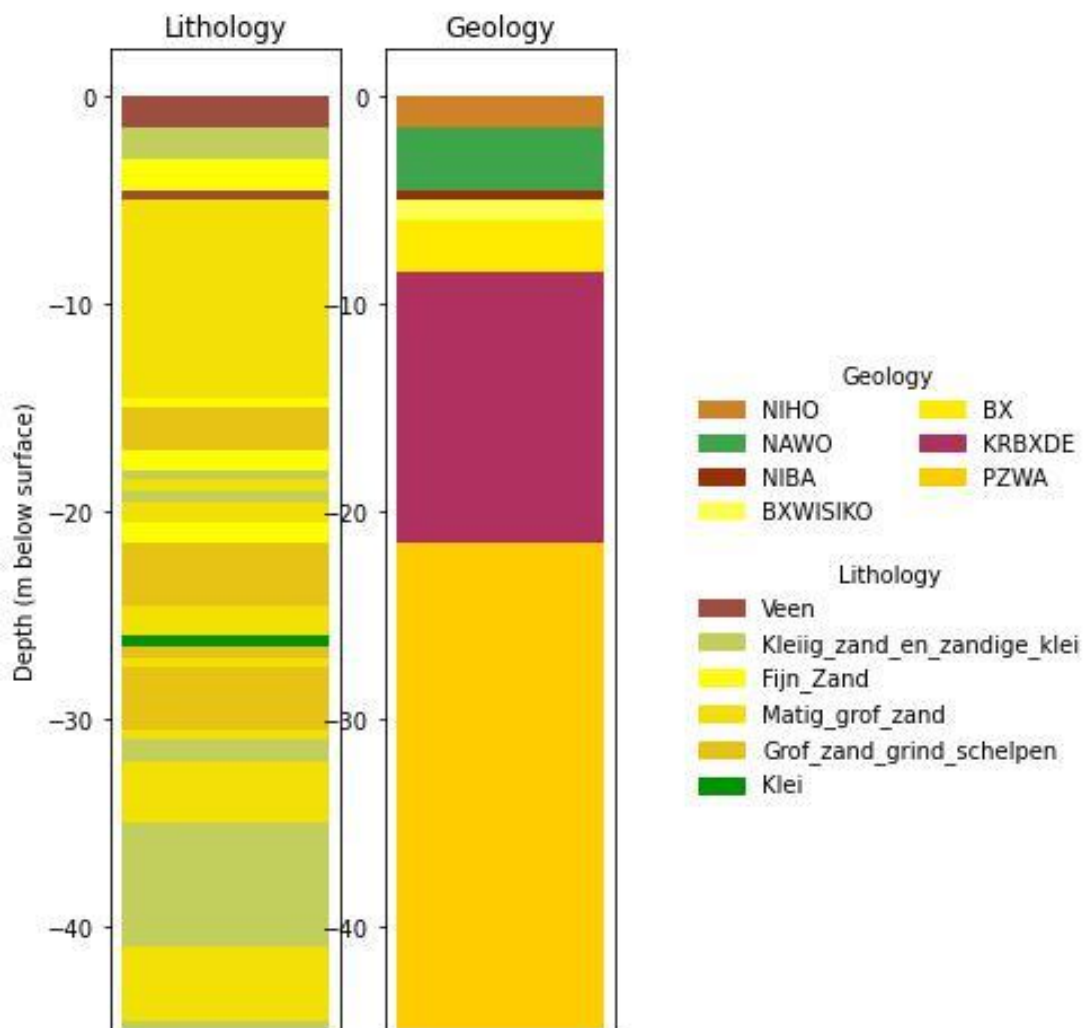
Westerbork, WSRA 0 0 NLD



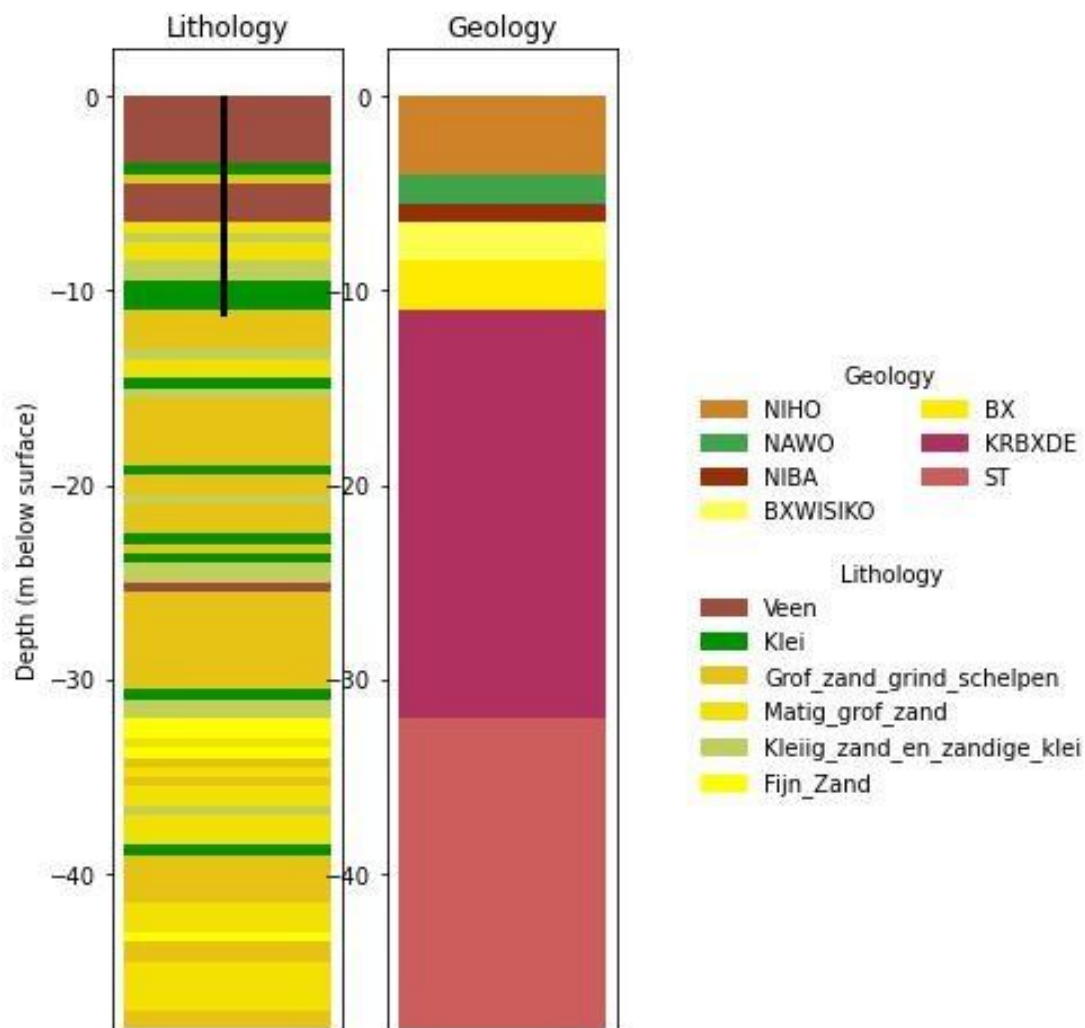
Westerbork, WSRT 0 0 NLD



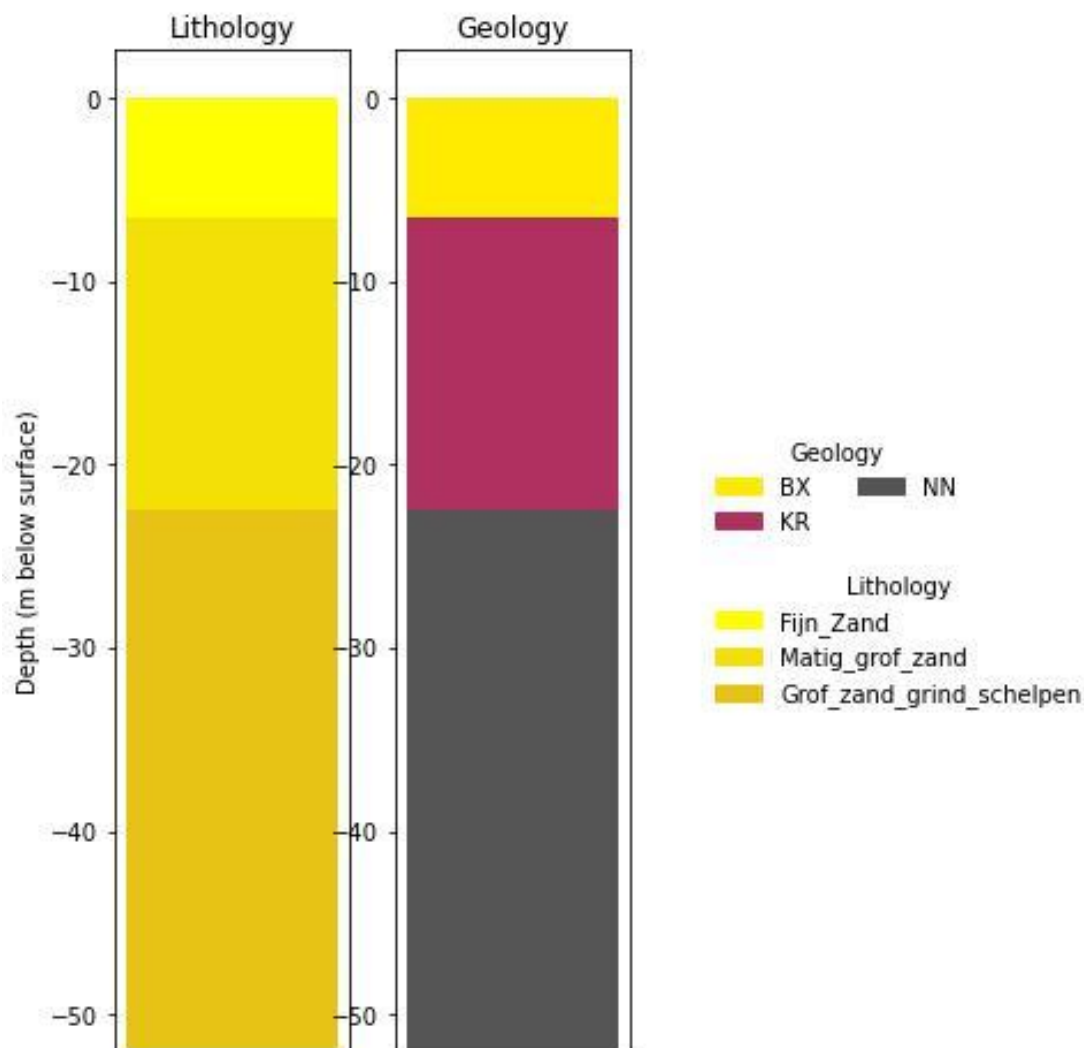
Willemstad, WIL2 0 0 NLD



Zegveld,ZEGV 0 0 NLD



Zwolle, ZWO2 0 0 NLD



Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl