

Het Geldernsch-Nierskanaal: hoe een recht kanaal gaat meanderen als gevolg van kwel

Joris Eekhout (Wageningen Universiteit)

Ton Hoitink (Wageningen Universiteit)

Bart Makaske (Alterra)

Michelle Talsma (STOWA)

Aan het eind van de 18^{de} eeuw is tussen de rivieren de Niers in Duitsland en de Maas in Nederland het Geldernsch-Nierskanaal gegraven, om piekafvoeren in het benedenstroomse deel van de Niers af te vlakken. Het Duitse deel van het kanaal is in de loop van de tijd gekanaliseerd gebleven door oeverbeschoeiing. Opvallend is dat het Nederlandse deel, dat de vrije loop werd gelaten, actief is gaan meanderen. Onderzoek laat zien dat kwel de aanzet gaf voor het meanderen.

Door het meanderen zijn meanderbochten afgesneden en het benedenstroomse deel van het kanaal heeft zich diep ingesneden. De meander- en insnijdingsprocessen zijn geanalyseerd op basis van historisch kaartmateriaal (1806-2006), LiDAR-data (1997) en veldobservaties. Het blijkt dat meandering op drie verschillende plekken langs het kanaal is begonnen. Juist op die plekken zijn ook aanwijzingen voor kwel gevonden, in de vorm van sterk roestige lagen in de bodem langs het kanaal. Hieruit valt op te maken dat lokale kwel de oevers heeft verzwakt en zo de eerste aanzet tot meanderen heeft gegeven.

Kanalisatie en beekherstel

Een groot deel van de Nederlandse rivieren en beken is in de periode van de ruilverkaveling gekanaliseerd. Deze gekanaliseerde waterlopen zijn vaak overgedimensioneerd om piekafvoeren zonder overlast te kunnen verwerken. Daarnaast zijn waterpeilen gereguleerd door middel van stuwen. Waterschappen zijn zo'n 20 tot 25 jaar geleden begonnen met het herstellen van de oorspronkelijke kronkelende loop van een groot deel van de laaglandbeken. Bij beekherstel wordt veel aandacht besteed aan de vorm (morfologie) en grootte van de bedding. Het ontwerp wordt doorgaans gemaakt met behulp van een 1D-stromingsmodel, zoals SOBEK, en historisch kaartmateriaal. De morfologie en grootte van de bedding worden bepaald door de ondergrond en de afvoer. Onder invloed van landbouw (drainage) zijn de afvoercharacteristieken vaak veranderd. Daarom is beekmorfologie die op historische kaarten te zien is niet altijd passend bij de huidige afvoereisen.

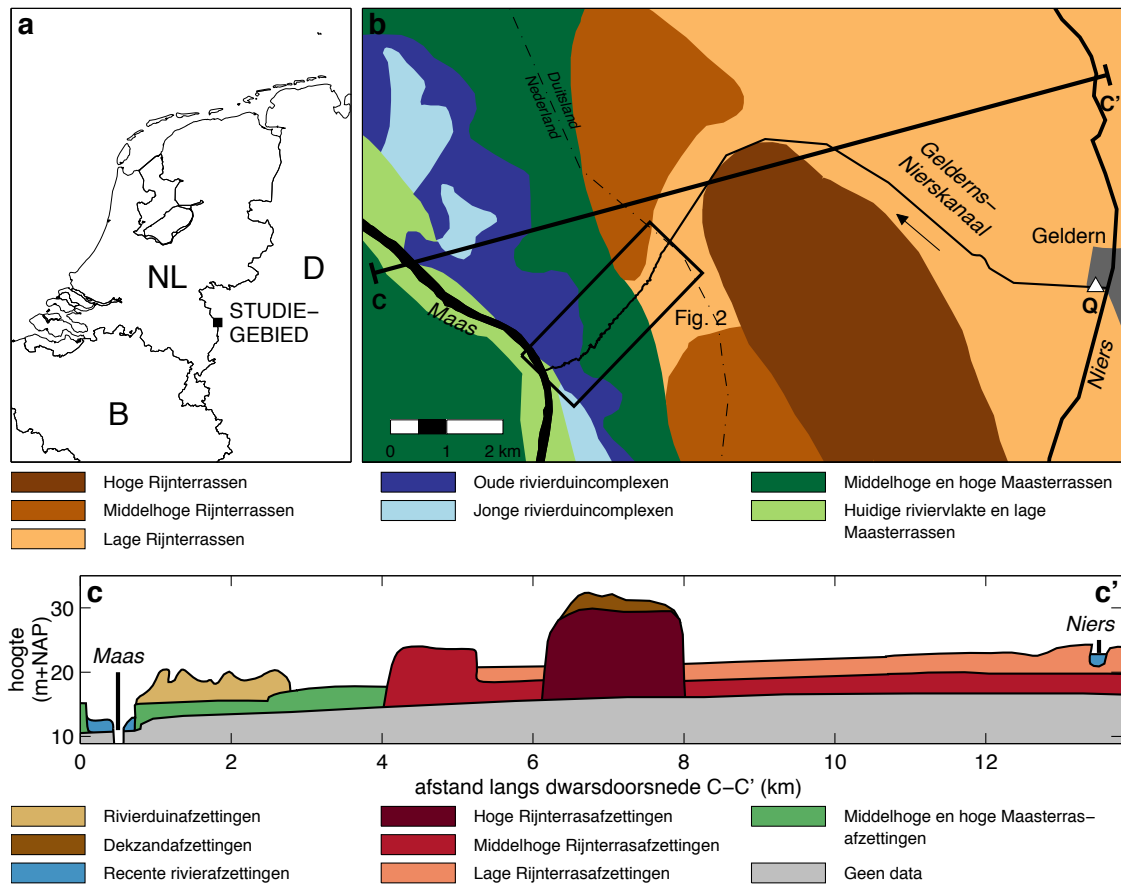
Onderzoeksvraag

De hier beschreven studie is onderdeel van een promotieonderzoek met als doel kennis op te doen op het gebied van de morfologie van laaglandbeken, ter ondersteuning van het ontwerpproces in beekherstelprojecten. Eén van de vragen waar waterschappen graag antwoord op willen is, hoeveel ruimte een meanderende beek nodig heeft. De ruimte die een meanderende beek bestrijkt wordt ook wel meandergordel genoemd. Deze vraag is relevant voor de hoeveelheid grond die aangekocht moet worden, zodat er genoeg ruimte ontstaat voor een vrij meanderende beek. Er is daarom onderzoek gedaan naar een actief meanderende waterloop, met het formaat van een laaglandbeek. Het doel van dit onderzoek was het bepalen van de invloed van de samenstelling van de ondergrond op het ontstaan van meanders.

Onderzoeksgebied

Het Geldernsch-Nierskanaal is gegraven omstreeks 1770 en loopt van de Niers (bij Geldern, Duitsland) naar de Maas (ten noorden van Arcen), zie Figuur 1. Het kanaal moest het Nierswater bij piekafvoeren sneller afvoeren naar de Maas. Er zijn ook afspraken gemaakt tussen de Nederlandse en Duitse waterbeheerders om de afvoer te reguleren: de minimale afvoer is $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, de maximale afvoer $7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Uit een analyse blijkt dat de gemiddelde dagelijkse afvoer $0,71 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ bedraagt. De gemiddelde jaarlijkse piekafvoer is $4,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. De totale lengte van het kanaal is 13,3 km, waarvan 3,8 km in Nederland ligt. Het Duitse deel van het kanaal doorkruist een gebied dat voornamelijk uit Rijnterrassen

bestaat. In Nederland stroomt het kanaal over een Maasterras. Vlak voor het uitstroompunt in de Maas doorkruist het kanaal het Nationaal Park De Maasduinen.



Figuur 1. Overzicht van het onderzoeksgebied, met (a) de locatie in Nederland, (b) een geomorfologische kaart van het onderzoeksgebied en (c) een schematische dwarsdoorsnede van de ondergrond langs het transect C-C' in (b).

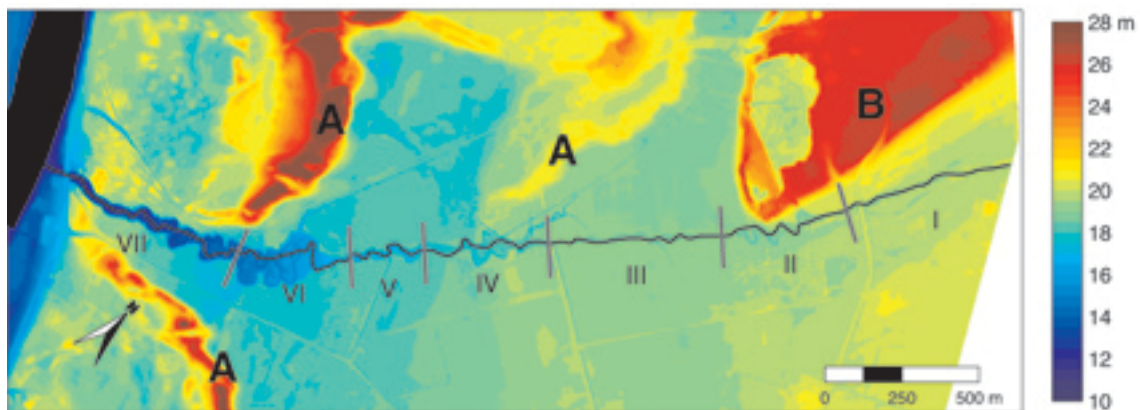
Het onderzoek is uitgevoerd in het Nederlandse deel van het kanaal, dat gemiddeld 8,8 meter breed is en 1,2 meter diep. Het onderzoeksgebied is op te delen in twee delen op basis van het verschil in verhang. Het bovenstroomse deel heeft een verhang van 0,48 m km⁻¹. De bodem bestaat hier uit zand met een mediane korrelgrootte van 0,8 mm. Aan het begin van de 20^{ste} eeuw is langs dit deel van het kanaal oeververdediging aangelegd, die tot op heden nog steeds zichtbaar is. Door de oeververdediging had dit deel van het kanaal minder vrijheid om te meanderen, hetgeen zich uit in een lagere sinuositeit (zie kader). Het benedenstroomse deel heeft een verhang van 3,8 m km⁻¹. Hier bestaat de bodem uit grind, met een mediane korrelgrootte van 18,8 mm. In dit deel van de beek is geen oeververdediging aangebracht. Er is hier een actief meanderende beek ontstaan, inclusief bochtafsnijdingen (zie kader). Soms meandert een waterloop zo sterk en komen twee bochten zo dicht bij elkaar te liggen dat een deel van de waterloop wordt afgesneden (bochtafsnijding).

De sinuositeit is een verhoudingsgetal dat de mate van meandering van een rivier beschrijft. Dit verhoudingsgetal wordt uitgedrukt als $S = L_w/L_v$, waarin L_w de lengte van de waterloop is en L_v de lengte van de vallei.

Materiala en methoden

De vorm van het kanaal in bovenaanzicht is geanalyseerd op basis van historisch kaartmateriaal. Er is daarbij gebruik gemaakt van een Tranchot-kaart (1806), vier Topografische Militaire Kaarten (1840-1936) en zeven topografische kaarten (1941-2006). Voor elk van deze kaarten is bepaald wat de sinuositeit van het kanaal was. De algemene sinuositeit wordt bepaald door de lengte van de middenlijn van een waterloop te delen door de lengte van de middenlijn van de vallei waarin de waterloop is gelegen. Ook is de lokale sinuositeit bepaald. Hiermee wordt een beeld verkregen van het verloop van de sinuositeit langs het kanaal. De lokale sinuositeit is bepaald in segmenten met een valleilengte van 250 meter.

Een uitsnede van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN, [1]) is gebruikt bij de analyse van het kanaal (Figuur 2). Hiermee is van de ingesneden vallei de hoogte van het maaiveld en van de valleibodem bepaald. Hieruit valt op te maken dat het kanaal in het benedenstroomse deel tot 9 meter is ingesneden. De insnijding is tot 170 meter breed.



Figuur 2. Hoogtemodel van het onderzoeksgebied, met daarin de rivierduinen (A) en een erosierest van een hooggelegen Rijnterras (B). Hoogte is in m+NAP. De ligging van het hier weergegeven gebied is aangegeven in Figuur 1b.

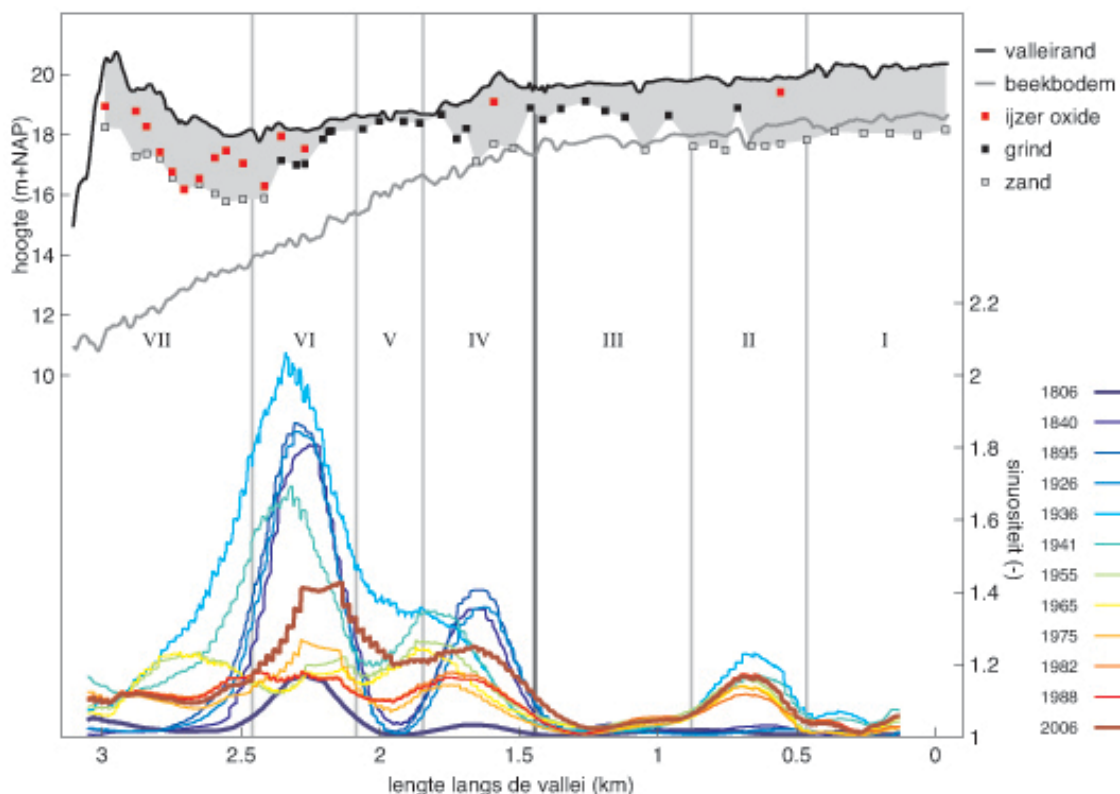
Een ruimtelijk beeld van de opbouw van de ondergrond is verkregen door 49 grondboringen te zetten langs het Nederlandse deel van het kanaal. Er is tot op een diepte van maximaal 2,2 meter onder het maaiveld bepaald of en hoe diep een roestige laag aanwezig is. Wanneer ijzerrijk grondwater uittreedt (kwel) en in aanraking komt met lucht oxideert het ijzer en krijgt het zand de karakteristieke roodbruine kleur. De roodbruine roestlagen zijn daarom een aanwijzing voor (voormalige) kwel, als gevolg van grondwaterstroming naar het kanaal vanaf hoger gelegen gronden, zoals rivierduinen en hogere delen van rivierterrassen. Ook is met grondboringen bepaald of grindlagen aanwezig zijn.

Resultaten

Figuur 3 laat een lengtedoorsnede van het onderzoeksgebied langs het kanaal zien. De zwarte lijn geeft het maaiveldprofiel aan, de grijze lijn het bodemprofiel. Beide zijn bepaald met behulp van de AHN. Het maaiveldprofiel laat de scheiding zien tussen twee Maasterrassen (op 1,5 km) en de uitlopers van de Maasduinen (op 3 km). Het bodemprofiel heeft een bilineaire vorm, waarbij een duidelijk onderscheid is te maken tussen het lage bodemverhang in het bovenstroomse deel en hoge bodemverhang in het benedenstroomse deel. Door middel van vierkantjes is de diepte van de roestige lagen en de grindlagen aangegeven. Er is te zien dat in het benedenstroomse deel veel roestige lagen zijn gevonden. Dit geeft aan dat dit gebied in het verleden kwelrijk is geweest. Ook nu nog is tijdens veldwerkzaamheden uittredend grondwater waargenomen. Oevers die verzadigd zijn met grondwater zijn vatbaarder voor erosie. Daarnaast kan uittredend grondwater zelf voor erosie zorgen. De kwel heeft daarom een versterkende invloed gehad op het insnijdings- en meanderproces.

De historische kaarten laten zien dat de insnijding omstreeks 1930 stagneerde. Hiervoor zijn verschillende oorzaken aan te wijzen. Ten eerste is het peil in de Maas vanaf die tijd verhoogd door de uitvoering van de Maaswerken. Het deel van de Maas waar het kanaal in uitstroomt, wordt ook wel getypeerd als de 'gestuwde Maas'. Tussen 1918 en 1942 is dit deel gekanaliseerd. De bouw van zeven stuwen tussen Maasbracht en Lith heeft een grote invloed gehad op de waterstanden in de Maas. Analyse van historische waterstandsdata (1850-1995) laat zien dat sinds de bouw van de stuwen het Maaspeil ter hoogte van de monding van het kanaal met 2 meter is gestegen. Een verhoging van het basisniveau bij de monding van een rivier heeft doorgaans een remmende werking op verticale insnijding.

De grondboringen laten zien dat het kanaal twee uitgestrekte grindbanken heeft geërodeerd die in meerdere boringen zijn aangetroffen (zie Figuur 3). Deze grindbanken maken deel uit van het Maasterras waar het kanaal doorheen stroomt. Het is waarschijnlijk dat het fijne materiaal dat tussen het grind aanwezig was, uitgespoeld is en door het water is meegenomen richting de Maas. Uit berekeningen van het bodemtransport volgt dat de stroomsnelheden te laag zijn om grind in beweging te krijgen. Daarom is het grind achtergebleven op de bodem van het kanaal. Het grind werkt hier als een vaste laag, die een remmende werking heeft gehad op het insnijdingsproces. Het verhogen van het Maaspeil en de vaste lagen van grind hebben ervoor gezorgd dat de insnijding stopte. Zo heeft het bodemprofiel zijn huidige bilineaire vorm gekregen.



Figuur 3. Ruimtelijke variatie in opbouw van de ondergrond en lokale sinuositeit.

Het onderste deel van Figuur 3 laat het verloop van de lokale sinuositeit zien. Daarbij is de beek verdeeld in zeven secties, aangegeven met Romeinse cijfers. Uit de figuur blijkt dat de eerste meander is ontstaan in sectie VI. De donkerblauwe lijn (1806) heeft in deze sectie een waarde die wordt geassocieerd met een verhoogde meanderactiviteit, de rest van het kanaal was nog nagenoeg recht. In sectie VI is in de loop van de tijd de meeste meanderactiviteit is waargenomen, uitgedrukt in een grote variatie in lokale sinuositeit. Een tweede meander is ontstaan in sectie IV. Deze twee secties ontwikkelden zich afzonderlijk van elkaar tot omstreeks 1936, waarna de twee meandersecties bij elkaar aansloten. Veel

later dan deze twee meanders ontstond een meander in het bovenstroomse deel van het kanaal, in sectie II. Tot op heden is dit een geïsoleerde meandersectie.

Uit Figuur 3 is op te maken dat in de secties waar de meanders zijn ontstaan (sectie II, IV en VI) voornamelijk zand is te vinden, maar vooral dat dicht bij het maaiveld (<1 m) roestige lagen zijn waargenomen. Figuur 2 laat zien dat deze drie secties te vinden zijn bij lokale verhogingen in het landschap. Sectie II ligt naast een restant van een Rijnterras (B); secties IV en VI liggen naast twee rivierduincomplexen (A). Dergelijke verhogingen in het landschap kunnen lokale kwel veroorzaken. Door het graven van het kanaal zijn er grondwaterstromen ontstaan vanaf de lokale verhogingen in de richting van het kanaal. Deze grondwaterstromen hebben ervoor gezorgd dat de oevers verzadigd raakten met grondwater en daardoor makkelijker erodeerden. Deze oevererosieprocessen hebben de eerste aanzet tot meandering gegeven.

Conclusies

De historische analyse van het Geldernsch-Nierskanaal geeft inzicht in de invloed van de samenstelling van de ondergrond op het ontstaan van meanders. Aan de hand van historisch kaartmateriaal, een hoogtemodel en een gedetailleerde opname van de ondergrond is een relatie gelegd tussen de geologie en hydrologie enerzijds en het ontstaan van meanders anderzijds. Meanders zijn ontstaan op drie plaatsen, waar lokale kwelverschijnselen zijn gevonden in een ondergrond die voornamelijk uit zand bestond. Oevererosie als gevolg van lokale kwel heeft gezorgd voor de aanzet tot meandering.

Deze studie heeft ook implicaties voor beekherstel. We laten hier zien dat lokale condities (zoals kwel en een harde ondergrond) invloed hebben op de morfologische ontwikkeling van een beek, zoals oevererosie en insnijding. In het geval van het Geldernsch-Nierskanaal waren die lokale condities kwel en een harde ondergrond, maar kunnen in andere gevallen ook ingevallen bomen en lokale verschillen in verhang zijn. Hiermee moet rekening worden gehouden in voorgenomen beekhersteltrajecten.

Qua dimensies (breedte en diepte) is het Geldernsch-Nierskanaal vergelijkbaar met veel Nederlandse laaglandbeken. Het verhang in het benedenstroomse deel is echter groter. Waar het benedenstroomse, steile deel veel morfologische activiteit laat zien, is het bovenstroomse, vrij vlakke deel minder dynamisch. De beperkte morfologische activiteit van het bovenstroomse deel is typisch voor laaglandbeken. De meandergordel heeft hier een maximale breedte van 72 meter. Ter vergelijking: de meandergordel in het benedenstroomse deel heeft een maximale breedte van 170 meter, ofwel 19,9 keer de breedte van de waterloop. Dit laat zien dat zelfs in een actief meanderende waterloop geen eenduidige breedte van de meandergordel is vast te stellen. Hier zou meer onderzoek naar gedaan moeten worden.

Voor meer details van dit onderzoek verwijzen wij naar ons artikel in het wetenschappelijke tijdschrift *Earth Surface Processes and Landforms* [2].

Referenties

- [1] Van Heerd, R., Kuijlaars, E., Teeuw, M., 't Zand, R., 2000, Productspecificatie AHN 2000, Rapport MDTGM 2000.13. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Geo-informatie en ICT (Delft).
- [2] Eekhout, J., Hoitink, T., Makaske, B., *in druk*, Historical analysis indicates seepage control on initiation of meandering, *Earth Surface Processes and Landforms*.