

Memo 1_D modellering & scenario's

Ten behoeve van casus Oude Rijn

WarmingUp, project 3A

4 april 2022

Annelotte van der Linden

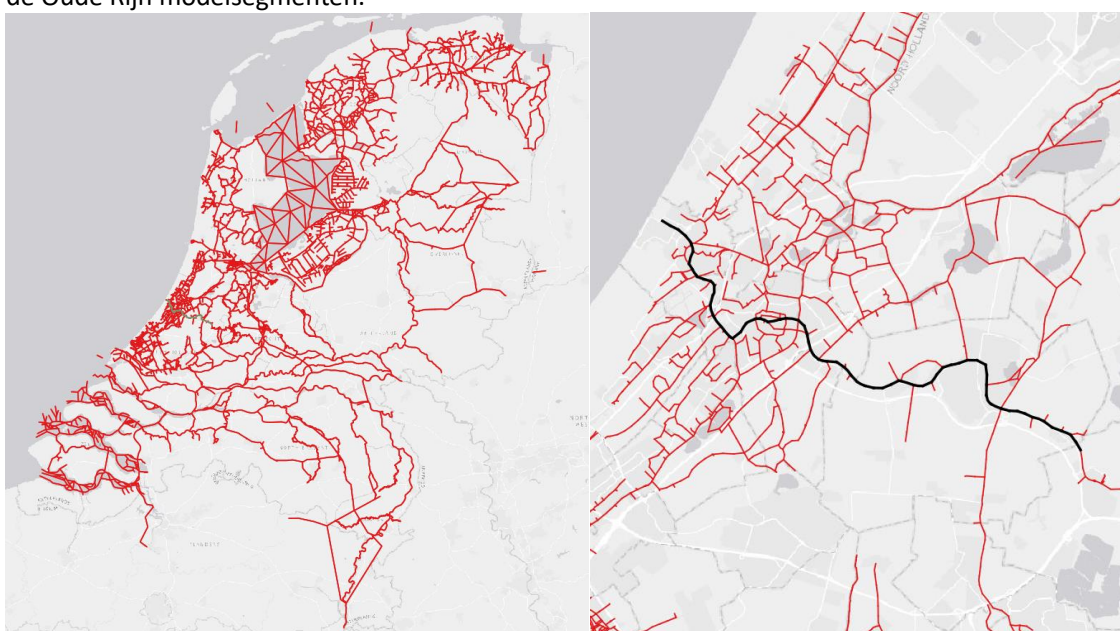
Pacal Boderie

Ronald Roosjen

Nationaal Water Model

Om de effecten van de koudelozingen door te rekenen is gebruikgemaakt van het Nationaal Water Model (Helpdesk Water 2018). Het Nationaal Water Model is een 1-dimensionaal Sobek modelinstrumentarium dat gebruikt kan worden bij waterstaatkundige onderbouwing van beleidskeuzes voor de langer termijn. Het onderliggende hydrologisch model is een fijnmazig model met honderden waterlopen. Dit model is onder andere gebruikt voor de potentieberekeningen uitgevoerd voor de Aquathermie Viewer (<http://www.aquathermieviewer.nl>).

De modelschematisatie en uitsnede van de Oude Rijn worden getoond in figuur 1. Voor de berekeningen voor Holland Rijnland case studie wordt de hele modelschematisatie gebruikt. De koudelozingen worden alleen toegeschreven aan de modelsegmenten die de Oude Rijn representeren. Voor de uiteindelijke analyse van de koudelozingen wordt er ook alleen gekeken naar de Oude Rijn modelsegmenten.



Figuur 1 Modelschematisatie van het Nationaal watermodel (links) en uitsnede van de Oude Rijn (rechts, zwarte lijn).

De omvang en verdeling van de koudelozingen zijn bepaald aan de hand van de warmtevraag van de omliggende CBS buurten en de technische warmtepotentie van de watergangen. De technische warmtepotentie van de watergangen is gebaseerd op de potentiëstudie uitgevoerd voor de Aquathermie Viewer (<http://www.aquathermieviewer.nl>). In deze potentiëstudie zijn de debieten, waterstanden en watertemperaturen voor 30 verschillende jaren (1980-2011) gesimuleerd. De warmtecapaciteit van de watergangen is vervolgens berekend met de volgende uitgangspunten:

- Warmte kan onttrokken worden als het oppervlaktewatertemperatuur hoger is dan 15°C. Het water wordt dan afgekoeld tot 12°C met een maximum temperatuurdaling van 6°C. Deze 6 °C wordt dus gerealiseerd als de watertemperatuur boven de 18°C komt.

De warmte-onttrekkingscapaciteit (WOC) is opgebouwd uit twee componenten.

Stromende wateren

Voor stromende wateren is de WOC een functie van de afvoer Q (m^3/s) en de maximale temperatuurverandering:

$$(1) \quad WOC = |Q| * \Delta T_{WO} * \rho_W * c_p$$

Waarbij $|Q|$ de stromingsrichting onafhankelijke waarde is van de afvoer, ρ_W de dichtheid van zoet water (998 kg/m³), c_p de warmtecapaciteit van water (4195 J/kg*°C) en ΔT de temperatuursverhoging. De warmte-onttrekkingscapaciteit is een vermogen en wordt uitgedrukt in de dimensie MW (=10⁶ W).

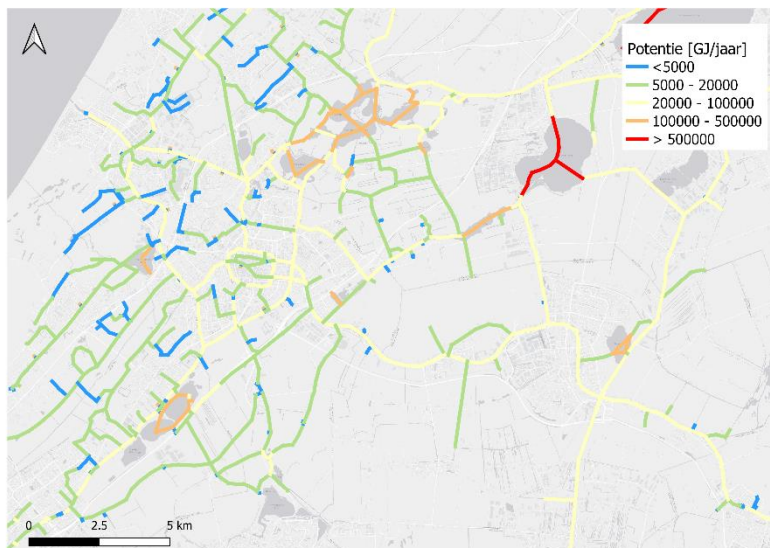
Semi-stagnante wateren

Voor semi-stagnante wateren is de formule uitgebreid met een tweede term die de vereffening van het temperatuurverschil via de atmosfeer kwantificeert:

$$(2) \quad WOC = |Q| * \Delta T_{WO} * \rho_W * c_p + \left(\frac{Z * A * \Delta T}{10^6} \right)$$

Waarbij Z het zelfkoelingsgetal is (ook wel de warmteoverdrachtscoëfficiënt genoemd) welke door het model bepaalt wordt, en A de oppervlakte van het wateroppervlak is (in m²) en ΔT de temperatuursverhoging is.

Aan de hand van de 30-jarige tijdreeks is de variatie in de hoeveelheid te onttrekken warmte over de jaren heen bepaald. Hiermee is het minimum, gemiddelde en maximale onttrekkingscapaciteit voor ieder modelsegment bepaald. Voor deze case studie is de gemiddelde onttrekkingscapaciteit gebruikt om de potentiële warmteonttrekking te bepalen (zie **Error! Reference source not found.**).



Figuur 2 Gemiddelde warmte-onttrekkingscapaciteit over de periode 1980-2011.

Voor de warmtevraag van de omliggende CBS buurten zijn we uitgegaan van de netto warmtevraag van 2020 met de volgende uitgangspunten:

- Het warmtevraaggebied moet voldoen aan criteria voor collectieve warmte (Tabel 1).
- Bij de bepaling van de warmtevraag is rekening gehouden met het warmteverlies van de warmteleidingen en de COP van de warmtepomp.

Tabel 1 Minimum geschiktheidseis voor collectieve warmte

Eis voor collectieve warmte	Criterium
Voldoende warmtevraag voor potentieel rendabel project	Warmtevraag buurt >2.000 GJ
Warmtenet mogelijk	Warmtevraagdichtheid > 600 GJ/ha

De buurtselectie is gebaseerd op de warmteprofielen van De WarmteTransitieMakers, waarin de warmtevraag per temperatuurniveau is geclusterd. In deze studie is Lage en Midden Temperatuur buurten (LT/MT buurten) meegenomen.

Warmteonttrekking (WO)

De warmtevraag van de geselecteerde LT/MT buurten is vervolgens verdeeld over de Oude Rijn en omgezet naar een warmteonttrekking per modelsegment met behulp van een Python routine. In deze routine wordt gekeken welk(e) modelsegment(en) in nabije afstand van de LT/MT buurten liggen waarbij een maximale afstand wordt gehanteerd tussen het modelsegment en buurt afhankelijk van de warmtecapaciteit van het segment met een grenswaarde van 5 km (zie Tabel 2). Hierna wordt in volgorde van afstand de warmtevraag verdeeld over de modelsegmenten binnen de maximum afstand van 5 km tot aan de vraag voldaan is. Hierbij wordt rekening gehouden met de capaciteit van het segment, de toegekende vraag mag niet groter zijn dan de capaciteit van het segment, in dat geval wordt de resterende warmtevraag toegekend aan de andere geselecteerde modelsegmenten. Bij de verdeling wordt er rekening mee gehouden dat de potentiële warmte uit het modelsegment maar één keer benut kan worden. Om de warmtevraag van de buurten gelijkmatig te verdelen over de modelsegmenten wordt de routine 10 maal doorlopen waarbij telkens 10% van de warmtevraag wordt verdeeld.

Tabel 2 Gehanteerde afstand (in kilometers) tussen buurt en watergang afhankelijk van berekende warmtecapaciteit (in GJ/jaar) watergang.

Warmtecapaciteit (GJ/jaar)	Afstand (km)
30000	5
15000	2.5
3000	1
<3000	0.25

De totale warmtevraag is per modelsegment opgeteld en vervolgens omgezet naar een warmteonttrekking en opgelegd als randvoorwaarde in het model. De warmteonttrekking is in het model gedefinieerd als een hoeveelheid onttrokken energie per tijdseenheid (in MW_{th}). Er is geen informatie beschikbaar over het onttrekkingsdebiet van de warmteonttrekking. De bijdrage van de warmteonttrekking aan de afkoeling van het water kan berekend worden als:

$$(3) \quad dT \text{ (}^\circ\text{C)} = WO \text{ (warmteonttrekking in } MW_{th}) / Q \text{ (debiet in } \frac{m^3}{s}) / 4.2 \text{ (kJ/m}^3\text{/K)}$$

De onttrekkingen vinden plaats tijdens een vaste periode van 90 dagen (25 mei tot 23 augustus). De toegepaste randvoorwaarden verschillen per scenario.

Scenario's

Scenario 1

In scenario 1 wordt in drie varianten respectievelijk 100%, 50% en 25% van de warmtevraag van de geselecteerde buurten onttrokken uit de Oude Rijn. De totale gewenste WO per modelsegment is

evenredig verdeeld over deze dagen, dus elke dag wordt dezelfde vaste hoeveelheid warmte onttrokken. Het gaat totaal om 51 onttrekkingen opgeteld gelijk aan respectievelijk ca. 187, 94 en 47 MW.

Scenario 2

Voor scenario 2 zijn de gewenste onttrekking en aantal onttrekkingen gelijk aan scenario 1 maar de dagelijks opgelegde onttrekking in het model gelimiteerd door randvoorwaarden, wat resulteert in een variabele dagelijkse onttrekking. Limitatie is gebaseerd op de berekende WOC in het water. In dit scenario wordt de berekende WOC dagelijks geëvalueerd en wordt de onttrekking hierop gemaximeerd:

$$WO_{toepast} = \min[WOC, (2 * WO_{gewenst})]$$

Om te compenseren voor de dagen dat er minder tot geen warmte onttrokken kan worden, wordt er op dagen dat er voldoende capaciteit beschikbaar is tot maximaal 2 keer de gewenste onttrekking opgelegd als randvoorwaarde.

Voor scenario 2 is er gerekend met 2 verschillende maximale temperatuurdalingen als gevolg van de warmteonttrekking, de default waarde van 6°C (scenario 2a) en een lagere waarde van 3°C (scenario 2b). Een lagere temperatuurdaling verkleint de eventuele impact op de ecologie.

Scenario 3

Het aantal onttrekkingen voor scenario 3 is gelijk aan de voorgaande scenario's maar de grootte is gelimiteerd a.d.h.v. het Stowa beleidskader. In deze studie wordt de Oude Rijn beschouwd als een langzaam stromend water. Hiervoor geldt dat het lozingsdebiet maximaal 5% van het zomerdebiet mag zijn.

De onttrekkingen zijn gebaseerd op de gewenste onttrekkingen zoals bepaald voor scenario 1. Op basis hiervan is het bijbehorende lozingsdebiet bepaald met de volgende formule:

$$(4) \quad Q_{lozing} = (WO_{scenario\ 1} * 10^6) / c_p / \rho_w / \Delta T$$

Waarbij $WO_{scenario\ 1}$ de gewenste onttrekking is zoals bepaald voor scenario 1 van de afvoer, ρ_w de dichtheid van zoet water (998 kg/m³), c_p de warmtecapaciteit van water (4195 J/kg*°C) en ΔT het temperatuurverschil (5°C).

Het lozingsdebiet wordt vervolgens vergeleken met het zomerdebiet om het toegestane lozingsdebiet te bepalen:

$$(5) \quad Q_{lozing, toegestaan} = \min[Q_{lozing, toegestaan}, (0.05 * Q_{lozing, gewenst})]$$

Welke weer wordt omgezet naar een hoeveelheid onttrokken energie per tijdseenheid (in MW_{th}).

Over Warming Up

In het collectief WarmingUP ontwikkelen we met achtendertig deelnemers toepasbare kennis, zodat collectieve warmtesystemen betrouwbaar, duurzaam en betaalbaar zijn. Collectieve warmtesystemen in combinatie met duurzame bronnen spelen een grote rol bij het versnellen van de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Grootschalige inzet van warmtesystemen

wordt gezien als een belangrijke oplossing om de doelstellingen van het Klimaatakkoord te halen en de CO2-emissies te reduceren. Systeem- en procesinnovaties zijn nodig voor een efficiënter ontwerp, aanleg en beheer, en een goed samenspel tussen de partijen. WarmingUP wil deze innovaties in samenhang en in hoger tempo ontwikkelen. Het collectief richt zich daarnaast op de ontwikkeling van nieuwe samenwerkings- en financieringsvormen én nieuwe werkwijzen om maatschappelijk draagvlak te realiseren.

<http://www.warmingup.info>