

De invloed van bodemverwarming op de opbrengst van gras voor het WarmtelinQ traject Rijwijk-Leiden

[REDACTED]

Versie 1 September 2023

Wageningen Environmental Software Rapport 7
<http://www.wesw.nl/reports/07/index.php>

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Modelleren van grasgroei	5
3	Beperkingen, opmerkingen en conclusies	9

Lijst van figuren

2.1	De correctiefactoren voor de dagelijkse bijgroei van gras. In de linker figuur wordt de invloed van de bodemtemperatuur getoond. De rechter figuur geeft de invloed van de (absolute waarde van de) drukhoogte bij een verdampingsvraag van 2 mm/dag en van 5 mm/dag.	5
2.2	De correctiefactoren door niet-optimale bodemtemperatuur gedurende 2020. Links: casus 3 boven de leiding; rechts: casus 3 op 10 m van de leiding.	6
2.3	De gemaaide hoeveelheid gras (in kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding voor de zes beschouwde casussen.	8
2.4	Percentages winst aan grasopbrengst over een strook van 5 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 6 doorgerekende casussen.	8

Lijst van tabellen

- 2.1 Gecumuleerde gewasverdamping (mm) over de periode 1 januari t/m 15 oktober 2020 voor 6 casussen en 5 afstanden.
6
- 2.2 Eerste oogstdata in 2020.
7
- 2.3 Hoeveelheden gemaaid gras in 2020 (kg d.s./ha) voor de 6 doorgekende casussen en 5 afstanden tot de leiding.
7

Hoofdstuk 1

Inleiding

Met de WarmtelinQ transportleidingen wordt restwarmte uit de Rotterdamse haven naar delen van de provincie Zuid Holland getransporteerd. Met de warmte kunnen huizen en bedrijven worden verwarmd. In een eerder onderzoek van Deltares is de toename van de temperatuur in de ondergrond en afname van het bodemvochtgehalte als gevolg van de aanleg van WarmtelinQ Rijswijk - Leiden met modelberekeningen vastgesteld. Deze veranderingen in bodemcondities worden in het huidige onderzoek vertaald naar een mogelijke schade of meeropbrengst aan grasgroei.

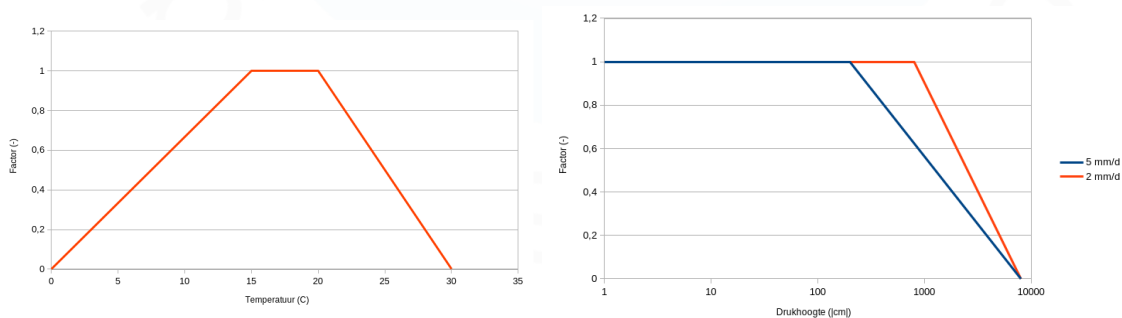
Door Deltares zijn acht locaties langs het leidingtracé onderzocht met een wisselende bodemopbouw en variërende geo-hydrologische condities. Vier locaties bevinden zich in agrarisch gebied, in één liggen de leidingen onder een watergang, twee hebben een grasbedekking en in één liggen de leidingen onder bestrating. Voor het bepalen van de invloed van de warmteleiding op de grasgroei zijn de locatie onder de watergang en die onder de bestrating niet meegenomen. Hoewel niet alle locaties als agrarisch grasland in gebruik zijn, is toch voor alle 6 locaties de invloed van de transportleiding op de opbrengst van gras bepaald. Voor de exacte ligging van de locaties en hun hydrologische eigenschappen kan worden verwezen naar het desbetreffende rapport van Deltares (Van Esch, 2023).

De berekeningen zijn door Deltares uitgevoerd met de meteorologische gegevens van het KNMI-station in Voorschoten voor de jaren 2019 en 2020, waarbij 2019 wordt beschouwd als nodig om de correcte initiële gegevens voor 2020 te bereiken. Deze data zijn ook gebruikt voor het berekenen van de in dit rapport gepresenteerde resultaten.

Hoofdstuk 2

Modelleren van grasgroei

Voor de groei van een gewas (zoals gras) zijn een aantal vereisten: er moeten voldoende straling, water en voedingsstoffen aanwezig zijn. Ook mag de luchttemperatuur niet te hoog of te laag zijn. Ook aan de bodemtemperatuur worden eisen gesteld. Al deze factoren bepalen of een gewas al of niet optimaal kan groeien. Voor het huidige onderzoek is de gewasgroei gesimuleerd met een numeriek model dat is afgeleid van de gedetailleerde grasgroeimodule uit het door Wageningen Environmental Research (WEnR) ontwikkelde numerieke model Swap (Soil-Water-Atmosphere-Plant). Zie Kroes et al. (2017) voor meer details. Deze module is door de ontwikkelaars van Swap getest en gekalibreerd met behulp van op proefboerderijen gemeten gewasopbrengsten. Hierbij wordt echter nog geen rekening gehouden met de invloed van de bodemtemperatuur. De gewasmodule uit Swap was oorspronkelijk geschreven in de programmeertaal Fortran. Voor het hier beschreven onderzoek is hij uit Swap geëxtraheerd, vertaald naar de programmeertaal Julia, omgevormd tot een zelfstandig werkend programma en is er een functie aan toegevoegd die het effect van de bodemtemperatuur op de gewasgroei implementeert. Hierbij is uitgegaan van de veelgebruikte aanname dat gras pas begint te groeien bij bodemtemperaturen tussen de 5 en de 8 °C, dat (voor Nederlandse omstandigheden en grassoorten) de optimale gewasgroei plaatsvindt bij bodemtemperaturen tussen de 15 en 20 °C en dat bij bodemtemperaturen boven de 25 °C vrijwel geen groei meer kan voorkomen (zie bijv. <https://www.melkvee.nl/>). Dit is weergegeven in Figuur 2.1, linker grafiek. Een soortgelijke relatie is bekend voor de invloed van de drukhoogte in de wortelzone op de dagelijkse groei. Deze is weergegeven in de rechter grafiek bij een verdampingsvraag van 2 mm/dag en van 5 mm/dag.

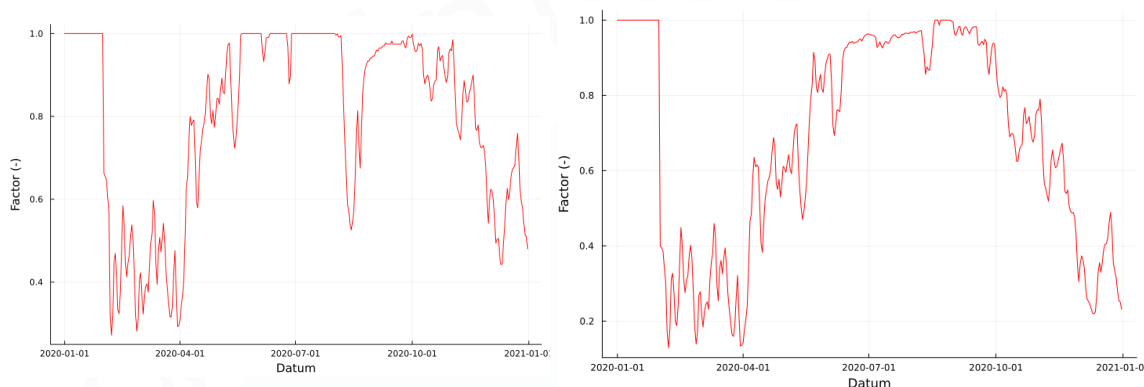


Figuur 2.1: De correctiefactoren voor de dagelijkse bijgroei van gras. In de linker figuur wordt de invloed van de bodemtemperatuur getoond. De rechter figuur geeft de invloed van de (absolute waarde van de) drukhoogte bij een verdampingsvraag van 2 mm/dag en van 5 mm/dag.

Door het model wordt de potentiële dagelijkse groei berekend uit de meteorologische gegevens en de hoeveelheid gewas die op het veld staat. Deze hoeveelheid wordt verdeeld over de verschillende onderdelen van het gewas, afhankelijk van het ontwikkelingsstadium. Ook de worteldiepte wordt voor elke dag berekend aan de hand van de hoeveelheid aanwezig gewas.

De (door Deltares berekende) bodemtemperaturen en drukhoogtes worden gebruikt om samen met de berekende diepte van de wortelzone en de relaties uit Figuur 1 voor elke diepte in de wortelzone de correctiefactoren voor de dagelijkse groei te bepalen. Met behulp van deze factoren wordt de actuele dagelijkse groei berekend uit de potentiële groei. De berekeningen zijn uitgevoerd voor 6 casussen en vijf afstanden tot de leiding (0 m, 1 m, 2 m, 5 m en 10 m). Hierbij is ervan uitgegaan dat het temperatuurverloop aan beide zijden van de leiding identiek verloopt.

Ter illustratie is in Figuur 2.2 het verloop van de reductiefactor weergegeven in de tijd voor casus 7 boven de leiding (links) en op 10 m afstand van de leiding (rechts). Uit deze figuur komt duidelijk de invloed van de leiding naar voren gedurende augustus 2020: boven de leiding is de reductiefactor 0,52, op 10 m afstand 0,86.



Figuur 2.2: De correctiefactoren door niet-optimale bodemtemperatuur gedurende 2020. Links: casus 3 boven de leiding; rechts: casus 3 op 10 m van de leiding.

De lage waarde van de correctiefactor in de winter en voorjaar worden veroorzaakt door lage bodemtemperaturen. De "dips" gedurende de zomer ontstaan omdat de bodemtemperatuur in deze periode boven de optimale temperatuur ligt. Daarom is de correctiefactor in die periode boven de buis ook lager dan op 10 m afstand.

Bij de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat het gewas op 15 oktober stopt met groeien. Een van de interessante waarden is de hoeveelheid water die het gewas heeft gebruikt om zich te ontwikkelen, de actuele gewasverdamping of transpiratie. Deze waarden zijn gegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Gecumuleerde gewasverdamping (mm) over de periode 1 januari t/m 15 oktober 2020 voor 6 casussen en 5 afstanden.

	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	332	339	336	334	334
Casus 3	352	354	351	345	339
Casus 4	353	353	350	344	340
Casus 5	343	343	340	337	335
Casus 7	331	335	336	334	334
Casus 8	335	338	337	334	333

Uit deze tabel blijkt dat het maximale verschil tussen de waarden van de verdamping binnen een casus niet groot is: 17 mm voor casus 1, 14 mm voor casus 3, 13 mm voor casus 4, 8 mm voor casus 5, 4 mm voor casus 7 en 5 mm voor casus 8.

In het model wordt aangenomen dat het gras gemaaid kan worden als er voldoende (4000 kg d.s./ha voor een normale snede, 2750 kg d.s./ha voor een laatste snede) aanwezig is. Tabel 2.2

geeft de data waarop de eerste snede is uitgevoerd voor de 6 casussen en de 5 afstanden.

Tabel 2.2: Eerste oogstdata in 2020.

	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	24-Mei-2019	24-Mei-2019	24-Mei-2019	24-Mei-2019	24-Mei-2019
Casus 3	27-Mei-2019	27-Mei-2019	27-Mei-2019	27-Mei-2019	27-Mei-2019
Casus 4	27-Mei-2019	27-Mei-2019	27-Mei-2019	27-Mei-2019	27-Mei-2019
Casus 5	27-Mei-2019	27-Mei-2019	27-Mei-2019	27-Mei-2019	27-Mei-2019
Casus 7	26-Mei-2019	26-Mei-2019	26-Mei-2019	26-Mei-2019	26-Mei-2019
Casus 8	25-Mei-2019	25-Mei-2019	25-Mei-2019	25-Mei-2019	25-Mei-2019

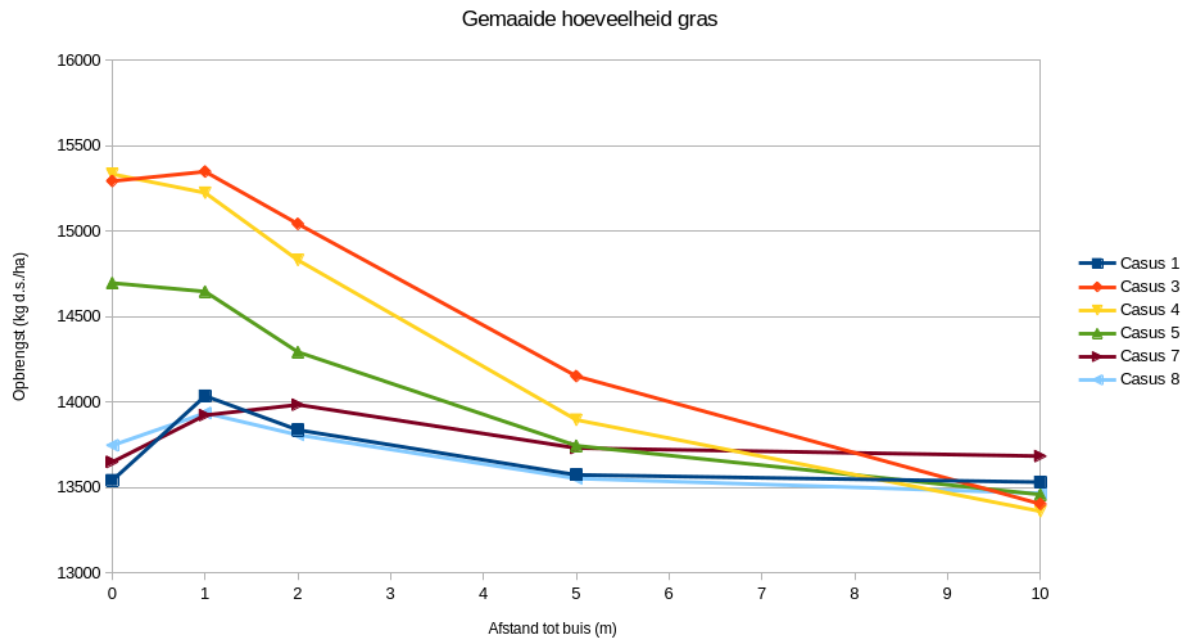
Uit deze tabel blijkt dat er vrijwel geen invloed is van de leiding op de datum waarop de eerste snede gedaan wordt. Tussen de casussen onderling zit maximaal 3 dagen verschil. Deze verschillen worden veroorzaakt door de verschillen in bodemopbouw en randvoorwaarden, waardoor het temperatuurverloop verschilt tussen de casussen. Zie Van Esch (2023) voor meer details. Omdat het praktisch niet haalbaar is om iedere meter op een apart tijdstip te maaien is ervoor gekozen om alles te maaien op het moment dat er voldoende gras staat op 10 m van de leiding. De aldus verkregen hoeveelheden gemaaid gras zijn gegeven in Tabel 2.3 en Figuur 2.3.

Tabel 2.3: Hoeveelheden gemaaid gras in 2020 (kg d.s./ha) voor de 6 doorgerekende casussen en 5 afstanden tot de leiding.

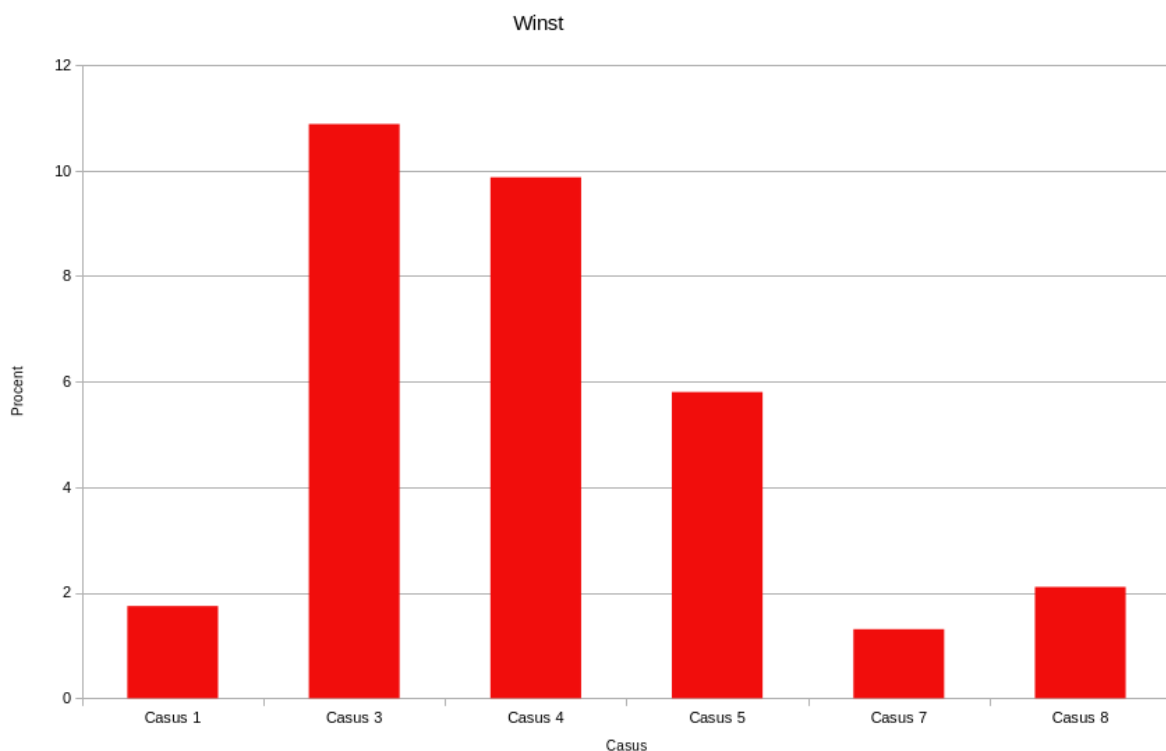
	Afstand tot leiding				
	0 m	1 m	2 m	5 m	10 m
Casus 1	13541	14035	13836	13573	13531
Casus 3	15293	15348	15042	14151	13403
Casus 4	15333	15224	14830	13895	13360
Casus 5	14696	14646	14292	13744	13458
Casus 7	13649	13923	13984	13730	13683
Casus 8	13746	13935	13807	13552	13466

Uit deze tabel blijkt dat de verwarming door de leiding in het algemeen een positieve invloed heeft op de gemaaide hoeveelheid gras. Dit geldt vooral voor de casussen 4 en 5. Voor deze gevallen is de meeropbrengst resp. 2027 en 1238 kg d.s./ha. Voor de casussen 1, 3 en 8 wordt de grootste hoeveelheid gras gemaaid op 1 m van de leiding. Boven de leiding vindt door de hogere temperatuur weer een reductie plaats. Voor casus 7 is de hoogste opbrengst berekend voor 5 m van de leiding: 13984 kg d.s./ha. De hoogste opbrengst is gevonden voor casus 3 op 1 m van de leiding: 15348 kg d.s./ha. De laagste waarde zien we op 10 m afstand van de leiding in casus 4: 13306 kg d.s./ha. Ook hier vinden we de oorzaak van de verschillen in gewasopbrengst in de verschillende bodemprofielen en randvoorwaarden, waardoor de verschillende (sub-optimale) temperatuursverlopen in de bodem ontstaan en dus een verschil in gewasopbrengst. Uit Figuur 2.3 worden de verschillen tussen de casussen en afstanden direct duidelijk.

Om een indruk te krijgen van de totale verandering in opbrengst is gekeken naar een strook land van 10 m breed, 5 m aan weerszijden van de leiding. Hierbij is de som van de gemaaide hoeveelheid gras en de hoeveelheid die aan het eind van het seizoen nog op het land aanwezig is beschouwd. Aannemende dat het verloop van de opbrengst met de afstand tot de leiding lineair is, kan de totale opbrengst van de strook worden vergeleken met de locatie waar de invloed van de leiding het kleinst is, in dit geval op 10 m afstand. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 2.4.



Figuur 2.3: De gemaaide hoeveelheid gras (in kg d.s./ha) als functie van de afstand tot de leiding voor de zes beschouwde casussen.



Figuur 2.4: Percentages winst aan grasopbrengst over een strook van 5 m aan weerszijden van de leiding t.o.v. de opbrengst op 10 m van de leiding voor de 6 doorgerekende casussen.

Uit deze figuur blijkt dat de verwarming door de leiding in alle casussen een meeropbrengst oplevert die varieert van 1,3% (casus 7) tot 10,8% (casus 3).

Hoofdstuk 3

Beperkingen, opmerkingen en conclusies

- Volgens afspraak is er slechts gerekend voor 1 jaar, nl. 2020.
- De hier getoonde resultaten gelden alleen voor de beschouwde profielen.
- De resultaten kunnen per grassoort verschillen.
- De invloeden van bodemtemperatuur en drukhoogte op de opbrengst van het gewas zijn niet-lineair en mogen niet los van elkaar worden beschouwd.
- Voor de hier beschouwde cases en voor het jaar 2020 blijkt de leidingverwarming een positief effect te hebben op de opbrengst van gras: de meeropbrengst varieert van 1,3% (casus 7) tot 10,8% (casus 3).
- Om meer algemene uitspraken te kunnen doen over de invloed van bodemverwarming op de gewasgroei moet een langere periode (bij voorkeur meer dan 15 jaar) worden doorgerekend.

Bibliografie

J.G. Kroes, J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, I. Supit, and P.E.V. van Walsum. Swap version 4; theory description and user manual. Technical report, Wageningen Environmental Research, Report 2780, 2017.

J. Van Esch. Warmteling rijswijk-leiden. modelberekeningen bodemtemperatuur en vochtgehalte. Technical report, Deltares, Rapport 11208927-001-GEO-0001-v1-warmteling rijswijk - leiden, 2023.