

GRAS DROGEN MET PV, WARMTEPOMP EN WARMTEOPSLAG

Opdrachtgever: TKI Agri&Food
Projectnummer: 060.34165
Datum: 7 oktober 2022
Aantal pagina's: 12

› **H.A. ZONDAG**



› INHOUD

GRAS DROGEN MET PV, WARMTEPOMP EN WARMTEOPSLAG

01. UITGANGSPUNTEN

02. RESULTATEN

03. CONCLUSIES

› **UITGANGSPUNTEN**

Naar aanleiding van de inventarisatie van warmteopslag technologie¹, is een case studie nader uitgewerkt t.b.v. van warmteopslag in de landbouw. Deze case studie is in overleg met de Wageningen University & Research en Petawatts samengesteld als volgt:

Indien een groot PV oppervlak op een boerderij geïnstalleerd is, kan deze PV onder volle zon meer elektriciteit genereren dan kan worden terug geleverd aan het net. Dit laatste is immers gelimiteerd door het vermogen van de aansluiting. In aanvulling daarop komt ook voor dat elektriciteitsstarieven tijdelijk negatief zijn; in dat geval is het wenselijk om geen elektriciteit terug te leveren, maar juist zoveel mogelijk af te nemen.

Tegelijk is er een behoefte aan warmte om gras te drogen. Normaal gesproken wordt gras buiten op het land gedroogd, maar dit levert wel enig kwaliteitsverlies op. Door vers gras direct mechanisch te drogen realiseer je een hogere voedingswaarde hetgeen ertoe kan leiden dat bedrijven minder (extern) krachtvoer hoeven aan te kopen. Minder aankoop van krachtvoer verlaagt de CO₂ footprint van het bedrijf.

Dat leidt tot de volgende onderzoeksvraag: Hoeveel gras zou gedroogd kunnen worden met dit overschot aan elektriciteit, in combinatie met een warmtepomp en een warmteopslag? En wat wordt dan het vereiste vermogen van de warmtepomp en grootte van de warmteopslag?

Voor het drogen van gras is uitgegaan van een hooibak, waarbij de droogwarmte wordt geleverd door een warmtepomp en aanvullend door een door de zon beschenen zwart metalen felsdak op de droogschuur, waaronder lucht wordt opgewarmd.

¹ TNO 2022 P10749 H.A. Zondag, Warmteopslag technologie voor toepassing in de landbouw

› UITGANGSPUNTEN

- Gras wordt dagelijks geoogst en zonder voordrogen in de droger gedaan, behalve op dagen dat er onvoldoende zon is en de warmteopslag leeg is. Vochtgehalte van het gras is bij aanvang 85% (15% ds), vochtgehalte van het geproduceerde hooi is 6% (94% ds).
- Het zwarte felsdak is 1000 m², en levert opgewarmde lucht . Hiervoor is een thermische efficiency aangenomen van 10% van de zoninstraling. De overtollige warmte van het felsdak wordt niet opgeslagen in de warmteopslag, maar gaat verloren.
- De PV installatie (niet op het felsdak maar op een bijgebouw!) is 200 kWp. De elektrische aansluiting is 56 kW. De elektriciteitstarieven en PV opbrengsten op kwartierbasis zijn data aangeleverd door Petawatts van het jaar 2020. Bij positieve tarieven wordt zoveel mogelijk terug geleverd (gelimiteerd door aansluitcapaciteit), bij negatieve tarieven wordt maximaal elektriciteit ingekocht en wordt de PV opbrengst niet terug geleverd.
- De warmteopslag is een warm water vat met een minimale temperatuur van 40°C en een maximale temperatuur van 80°C.
- Omdat een hooikist lage temperatuur warmte nodig heeft voor het drogen (omstreeks 40°C), kan een warmtepomp gebruikt worden. De warmtepomp laadt de warmteopslag op 80°C. Hiervoor is een COP verondersteld van 3.
- Efficiency van de droger is aangenomen als 30% (dus 30% van de warmte toegevoerd aan de droger wordt daadwerkelijk gebruikt om water te verdampen, de overige warmte gaat verloren)¹.

¹ Dit betreft een ruwe aanname, berekend uit praktijkdata van het pelletgebruik van een pelletgestookte hooibak. Over de warmtelevering door het ook aanwezige felsdak was geen data beschikbaar, dus deze is afgeschat voor de betreffende berekening.

› RESULTATEN

In de huidige berekeningen is alleen het technisch potentieel voor hoodrogen berekend; er is geen economische analyse gedaan.

In de resultaten wordt gekeken hoeveel droog hooi geproduceerd kan worden met het systeem. Voor de hoeveelheid droog hooi kunnen verschillende factoren in principe limiterend zijn:

- De hoeveelheid elektriciteit vanuit de PV en in geval van negatieve tarieven ook vanuit het net
- Het vermogen van de warmtepomp in combinatie met de warmte van het feldak
- Het vermogen van de droger
- De capaciteit van de warmteopslag (om bijvoorbeeld warmte te leveren als er 's nachts geen zon is)

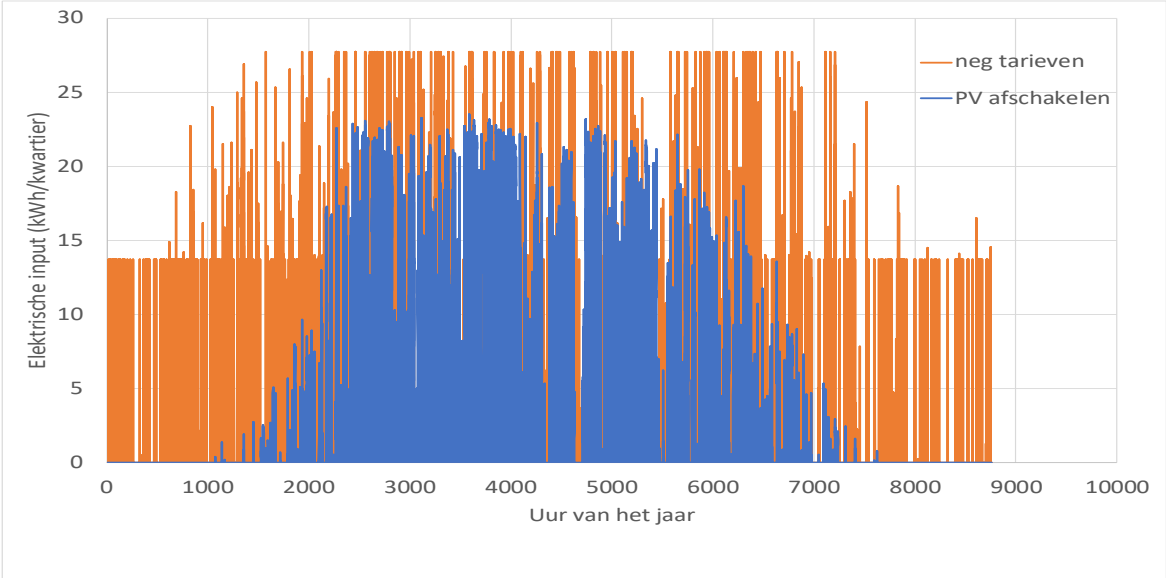
Na wat iteratie zijn de onderstaande waarden gehanteerd als referentie situatie:

PV	netaansluiting	warmtepomp	opslag	droger	hooi
200 kWp	56 kW	40 kW _{el}	16 m ³	100 kW _{th}	16 ton

RESULTATEN

PV	netaansluiting	warmtepomp	opslag	droger	hooi
200 kWp	56 kW	40 kW _{el}	16 m ³	100 kW _{th}	16 ton

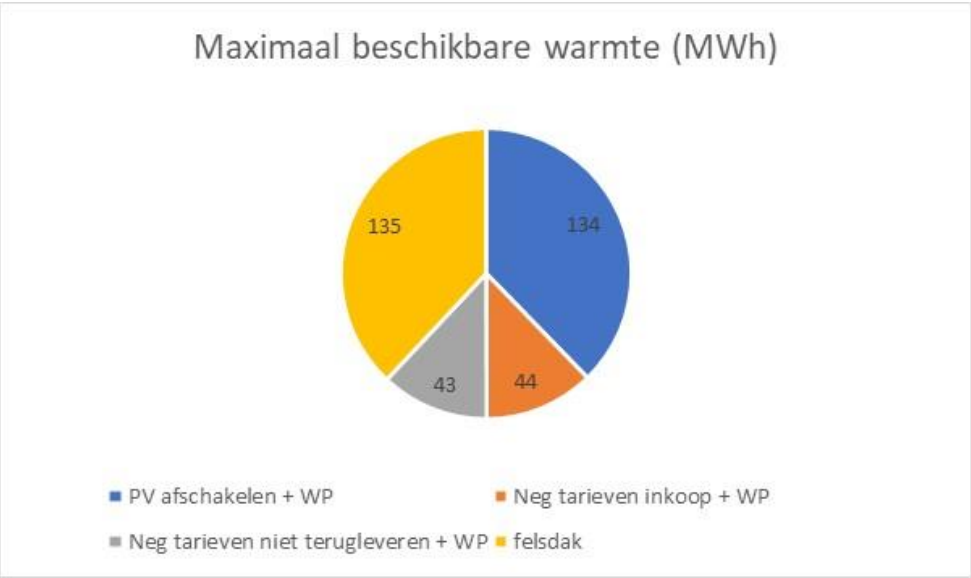
Een analyse van de bovenstaande referentiesituatie levert het volgende beeld:
De bijdrage van het felsdak, en de bijdrage van de niet-terugleverbare elektriciteit plus warmtepomp (WP) zijn ongeveer even groot, de bijdrage bij negatieve tarieven plus warmtepomp (maximaal afnemen + niet zelf terugleveren) is iets kleiner.



Bovenstaande figuur toont de beschikbare elektriciteit voor ieder uur van het jaar (jan-dec is 8760 uur):

1. PV piekopbrengst die niet kan worden teruggeleverd tgv beperkte aansluitingscapaciteit
2. PV opbrengst die niet wordt teruggeleverd op moment van negatieve tarieven
3. Ingekochte elektriciteit bij negatieve elektriciteitsprijzen (gelimiteerd door capaciteit aansluiting)

Terwijl 1 en 2 vooral spelen in de zomer, komt inkoop bij negatieve tarieven het hele jaar voor (bijvoorbeeld ten gevolge van windoverschotten in de winter).

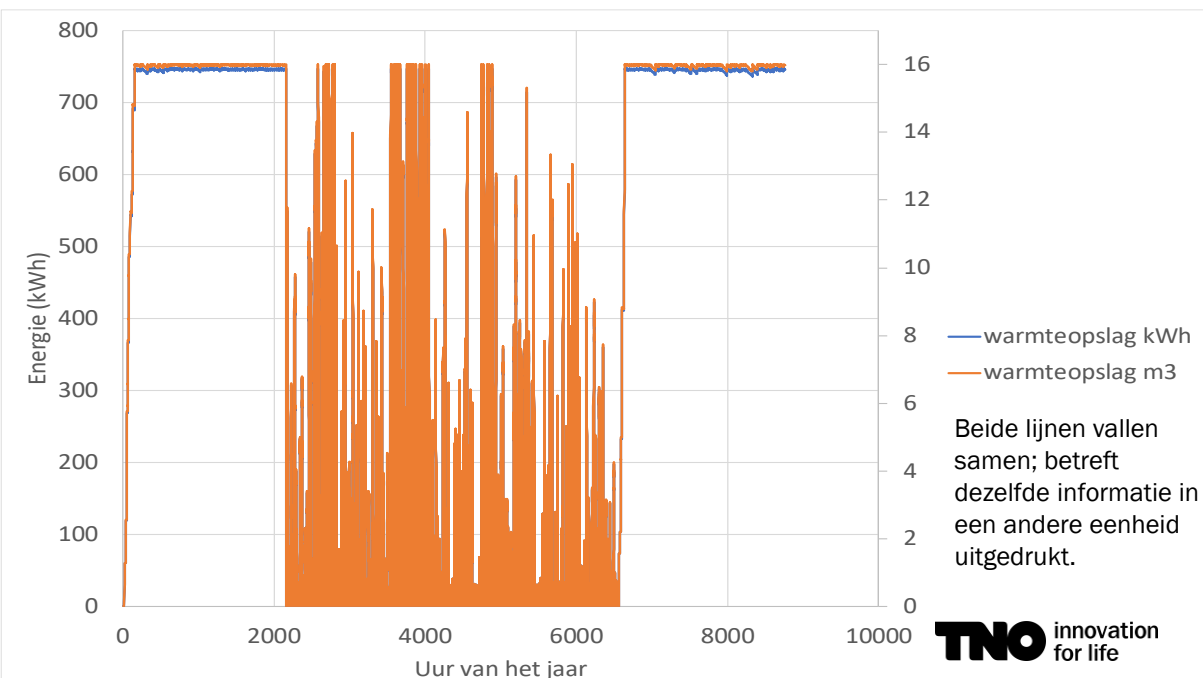
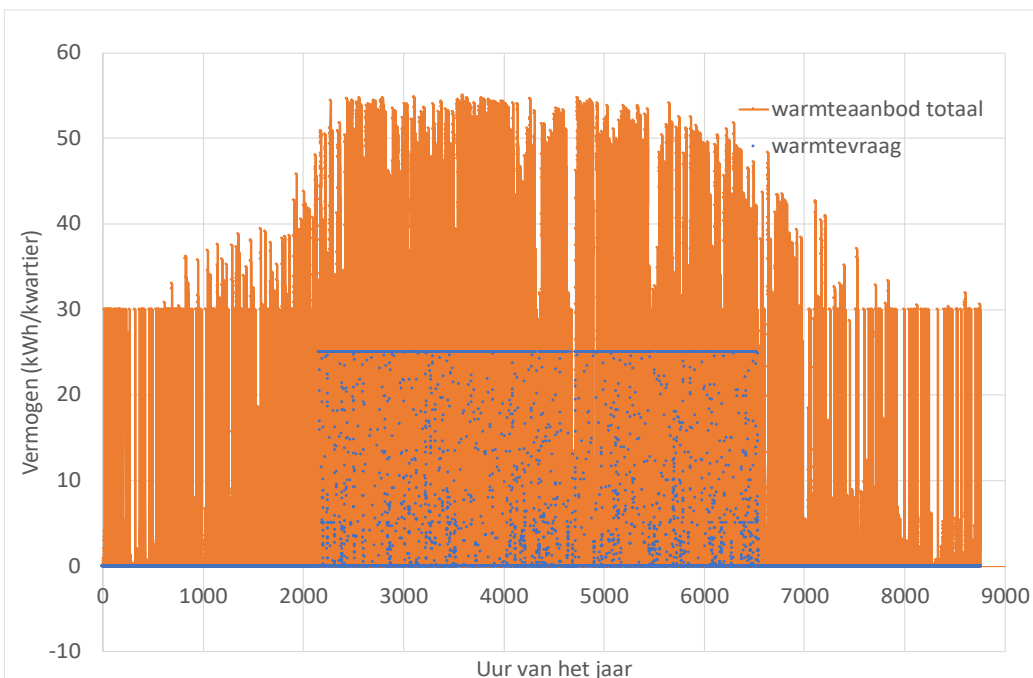


Bovenstaande figuur geeft de verhouding van de jaarbijdragen van de verschillende warmtebronnen bij het drogen. Het felsdak en de niet-terugleverbare piek hebben de grootste bijdragen. De twee bijdragen bij negatieve tarieven (extra inkopen en niet-terugleveren van PV) zijn ieder ongeveer een derde daarvan. Het totaal van deze bronnen is ruim 350 MWh aan warmte. De warmteopslag zelf komt niet in dit plaatje voor omdat dit geen onafhankelijke warmtebron is; de opslag wordt gevoed met de hierboven genoemde warmte uit de warmtepomp, indien er een aanbodoverschot van warmte is.

RESULTATEN

PV	netaansluiting	warmtepomp	opslag	droger	hooi
200 kWp	56 kW	40 kW _{el}	16 m ³	100 kW _{th}	16 ton

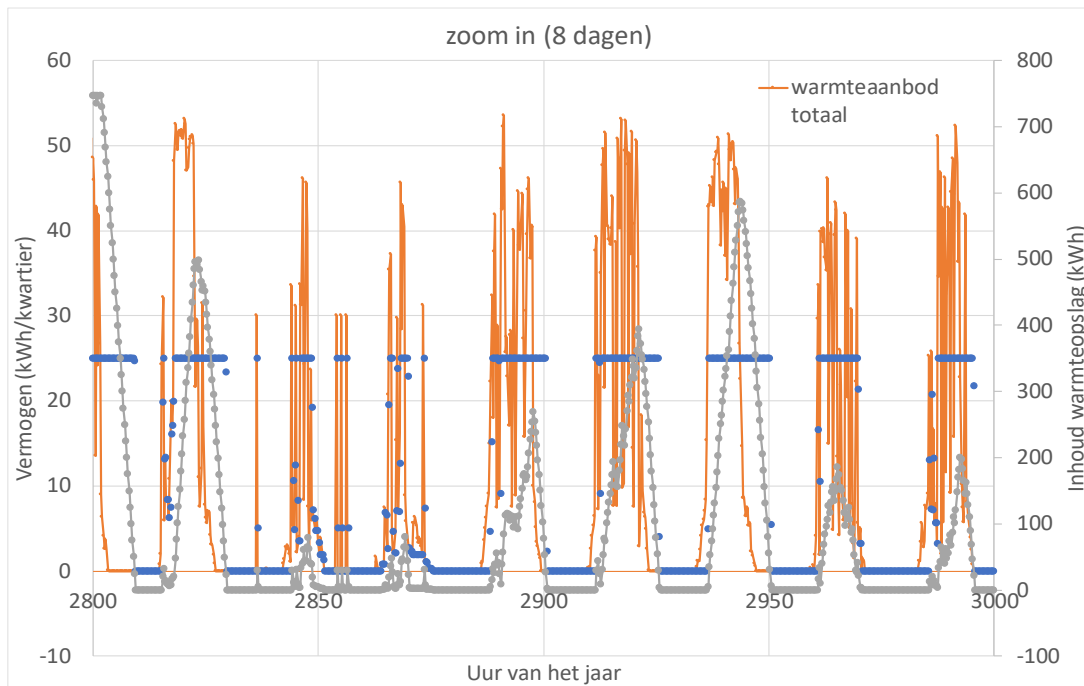
De warmtevraag van de grasdroger in de periode april – september is in principe continu, maar hiervoor is niet altijd voldoende warmte beschikbaar, waardoor de gevraagde warmte niet altijd kan worden geleverd (blauwe dots in linker grafiek zijn regelmatig onder 25 kWh/kwartier). Dit komt omdat de warmteopslag regelmatig leeg wordt getrokken in het droogseizoen in de referentiesituatie (zie de energie beschikbaar in de opslag in de rechter grafiek). Voor en na het droogseizoen zien we dat de opslag steeds maximaal geladen is, omdat er dan geen droogwarmte wordt onttrokken en er wel wordt geladen bij negatieve tarieven.



RESULTATEN

PV	netaansluiting	warmtepomp	opslag	droger	hooi
200 kWp	56 kW	40 kW _{el}	16 m ³	100 kW _{th}	16 ton

Als er geen warmteaanbod is vanuit de warmtepomp en het feldak, en de warmteopslag ook leeg is, dan wordt de grasdroger afgeschakeld. Dit gebeurt regelmatig in de referentiesituatie (zie grijze lijn in ingezoomde grafiek). Dit referentie scenario vereist dan ook een nauwkeurige beladingsstrategie waarin rekening wordt gehouden met de beschikbare energie.



Alternatieve strategie:

In het huidige referentie scenario wordt het drogen regelmatig onderbroken, omdat er geen warmte meer beschikbaar is. Een alternatief scenario is om elektriciteit bij te kopen om de warmtepomp continue te laten draaien. Voor continu drogen met een 100 kW_{th} droger gedurende de complete droogperiode (6 maanden) is 440 MWh_{th} nodig. Het systeem genereert ongeveer 350 MWh_{th}, dus er is ongeveer 90 MWh_{th} extra nodig. Met een COP van 3 komt dat neer op het bijkopen van ongeveer 30 MWh_{el} aan elektriciteit.

RESULTATEN

Gevoeligheidsanalyse en opschaling

PV	Net aan- sluiting	Warmte- pomp	COP	opslag	droger	uitleg	Hooi (Incl 6% vocht)
200 kWp	56 kW	40 kW _{el}	3	16 m ³	100 kW _{th}	referentie	16 ton
200 kWp	56 kW	40 kW _{el}	3	200 m ³	100 kW _{th}	Grotere opslag	17 ton
200 kWp	56 kW	120 kW _{el}	3	16 m ³	100 kW _{th}	Grotere warmtepomp	18 ton
200 kWp	56 kW	120 kW _{el}	3	200 m ³	100 kW _{th}	Grotere warmtepomp & opslag	23 ton
200 kWp	56 kW	120 kW _{el}	3	200 m ³	400 kW _{th}	Grotere droger & WP & opslag	23 ton
200 kWp	56 kW	40 kW _{el}	1	16 m ³	100 kW _{th}	El heater ipv warmtepomp	9 ton
200 kWp	56 kW	40 kW _{el}	3	16m ³	100 kW _{th}	Geen felsdak	9 ton
200 kWp	56 kW	40 kW _{el}	3	16m ³	100 kW _{th}	Geen neg tarief	14 ton

- Te zien valt dat dat in de referentie situatie vooral de capaciteit van de warmtepomp (40 kW_{el}) en de opslag (16 m³) limiterend is. Bij opschalen van warmtepomp en opslag kan de productie met bijna 50% toenemen, maar de daarvoor benodigde toename in capaciteit is veel groter; daarom nemen de kosten per hoeveelheid geproduceerd hooi toe.
- Bij het vervangen van de warmtepomp door een elektrische heater, het ontbreken van een felsdak of het niet voorkomen van negatieve elektriciteitstarieven, neemt het effectieve warmteaanbod aan de droger af en dus ook de hoeveelheid geproduceerd hooi.
- De theoretisch maximale opbrengst (de opbrengst als uitsluitend wordt gekeken naar de elektrische en thermische input, zonder beperkingen van opslag, warmtepomp vermogen en drogervermogen) is 27 ton hooi per jaar. Hiervoor zou echter een zeer grote seizoensopslag voor de warmte nodig zijn (>1000 m³) en een zeer groot warmtepompvermogen (>120 kW_{el}). Ook is het in dat geval nodig dat de overtollige warmte van het felsdak wordt opgeslagen, wat in de referentie niet gebeurt. Dit zou het systeem onnodig duur en complex maken.
- Het eindproduct is nu zeer droog hooi met 94%ds. Als het gras minder ver wordt gedroogd naar 80%ds, neemt in de referentiesituatie de opbrengst slechts beperkt toe naar 18 ton hooi. Dit beperkte effect is een gevolg van het hoge vochtgehalte in de belading (15%ds)

› CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Resultaat: In het onderzochte systeem wordt gras gedroogd met een warmtepomp, die wordt aangedreven met een combinatie van het niet-terugleverbare deel van de PV opbrengst en inkoop van elektriciteit bij negatieve tarieven. De overige uitgangspunten van de analyse zijn gedefinieerd onder “uitgangspunten” (zie slide 4). Voor de onderzochte casus wordt afgeschat dat, uitgaande van de flexibele energietarieven van 2020, met de warmtepomp en warmteopslag ongeveer 16 ton hooi geproduceerd zou kunnen worden. Een grotere opbrengst is mogelijk als de capaciteit van de warmtepomp groter wordt gekozen, maar het is te verwachten dat de kosten per geproduceerde hoeveelheid hooi daardoor zullen stijgen.

Kanttekeningen en aanbevelingen:

Met dit systeem wordt hooi intermitterend gedroogd (alleen als er elektriciteit is, anders staat de droger uit.) Dit vereist een goede beladingsstrategie, om te zorgen dat er geen te nat hooi in de droger achterblijft (hooibroei, verlies van kwaliteit). Een alternatieve route is om na te gaan wat de kosten zijn om de droger continu te laten draaien, door ook bij positieve tarieven minder elektriciteitsopbrengst van de PV terug te leveren en eventueel elektriciteit in te kopen. Mogelijk ligt er een optimum ergens tussen deze twee routes. Een andere aanbeveling is om na te gaan wat de economische terugverdientijd van dit systeem is, inclusief kosten van warmtepomp, hooibakdroger, feldak en warmteopslag en installatie daarvan.

› ONDERTEKENING

Energy Transition
Westerduinweg 3
1755 LE Petten
P.O. Box 15
1755 ZG Petten
The Netherlands

www.tno.nl

T +31 88 866 50 65

S. van Loo
Research Manager

H.A. Zondag
Author

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced and/or published by print, photoprint, microfilm or any other means without the previous written consent of TNO. In case this report was drafted on instructions, the rights and obligations of contracting parties are subject to either the General Terms and Conditions for commissions to TNO, or the relevant agreement concluded between the contracting parties. Submitting the report for inspection to parties who have a direct interest is permitted.

© 2022 TNO



› **BEDANKT VOOR
UW AANDACHT**

TNO innovation
for life