



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Memo TOjuli en thermische bruggen

In opdracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties

Memo TOjuli en thermische bruggen

Project W/E 9604.13 | EGO2000079
Aan Ruud Geerligs (RVO), Fred Brouwers (BZK)
Van Cees Leenaerts (W/E)
Datum 30 september 2020

1 Inleiding

De berekeningen van TOjuli ten behoeve van de vaststelling van een grenswaarde voor zomercomfort zijn uitgevoerd met de NTA validatietool. Thermische bruggen worden in de validatietool gemiddeld over de oriëntaties meegenomen in de berekening. In de GTO-berekeningen die ten grondslag liggen aan het huidige voorstel voor de zomercomfort eis zijn, zoals tot nu toe gebruikelijk in temperatuuroverschrijdingsberekeningen, geen thermische bruggen opgenomen.

Door RVO is gevraagd te onderzoeken welke invloed thermische bruggen volgens de werkelijke verdeling over de verschillende bouwdelen hebben op zowel TOjuli als de GTO-uren en of dit invloed heeft op de tot nu toe gestelde eis, dat de TOjuli-indicator maximaal 1 mag zijn.

Hiertoe zijn de GTO- en NTA8800-berekeningen die ten grondslag liggen aan de bepaling van de grenswaarde voor TOjuli opnieuw uitgevoerd, maar dan met specifieke gegevens van thermische bruggen. In deze memo worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd.

2 Werkwijze en uitgangspunten

In de GTO-berekeningen zijn thermische bruggen ingevoerd op basis van werkelijke koudebruglengtes en daaraan gekoppeld de waarden van het specifieke warmteverlies conform de forfaitaire waarden in NTA8800. De thermische bruggen zijn ingevoerd conform het voorstel daarvoor in de Regeling Bouwbesluit. TOjuli berekeningen zijn middels batch berekeningen met de NTA8800 validatietool 1.43 doorgerekend. De warmteverliezen van de thermische bruggen zoals die in de GTO-berekeningen zijn ingevoerd zijn daartoe bij elkaar opgeteld en ingevoerd in de validatietool. Dit gebeurt afzonderlijk voor de thermische bruggen van de funderingsaansluitingen en voor de overige thermische bruggen. In de validatietool kunnen warmteverliezen niet worden toegewezen aan een specifiek bouwdeel (er wordt wel onderscheid gemaakt tussen funderingsaansluitingen en overige aansluitingen). Het totale warmteverlies is in de validatietool oppervlakte gewogen verdeeld over de verschillende oriëntaties. In veel gevallen zal de werkelijkheid hier niet veel van afwijken. Het effect van een afwijkende verdeling tussen verschillende oriëntaties is reeds onderzocht. Verschillen treden vooral op bij een bewust ingevulde andere verdeling van thermische bruggen dan de werkelijke verdeling. Zie hiervoor W/E memo W/E 9604.11 "Invloed verdeling lijnvormige koudebruggen en kopgevels op TOjuli".

De aangehouden psi-waarden van de koudebruggen zijn conform de waarden in tabel I.1 uit NTA 8800. In de berekeningen van de varianten met passiefhuisisolatie zijn deze waarden gehalveerd.

144 van de 232 woningvarianten die in eerdere sessies zijn meegenomen zijn opnieuw berekend met thermische bruggen volgens bovenstaande uitgangspunten. De varianten 'Bouwbesluit' met tripleglas zijn niet opnieuw berekend omdat deze maar zeer beperkt afwijken van de varianten 'Bouwbesluit' met HR⁺⁺-glas. Ook de varianten met alleen zonwering op zuidelijke oriëntaties zijn niet opnieuw doorgerekend.

De relatie tussen het aantal GTO-uren en TOjuli is opnieuw bepaald en vergeleken met de relatie uit het reeds uitgevoerde onderzoek. Op basis van deze vergelijking wordt een voorstel gedaan voor een aanpassing van de grenswaarde voor de TOjuli-indicator.

3 Resultaten

De rekenresultaten zijn in de grafieken op pagina 5 en verder opgenomen. In bijlage 1 worden de numerieke rekenresultaten gegeven. Figuur 1 laat de correlatie zien tussen TOjuli en GTO-max (aantal GTO-uren berekend voor de meest ongunstige verblijfsruimte) voor alle nieuwe berekeningen met thermische bruggen. In figuur 2 staan de resultaten van dezelfde berekeningen uit het onderzoek naar de grenswaarde uit augustus 2019 ("Grenswaarde zomercomfort nieuwe woningen in Bouwbesluit", rapport W/E9604.05, d.d. 20-08-2020). De figuren 3 en 4 geven dezelfde waarden maar dan uitgesplitst naar de verschillende woningtypes; figuur 3 betreft de nieuwe berekeningen, met thermische bruggen en figuur 4 de oude berekeningen.

De resultaten betreffen de berekeningen met 'NTA 8800'-uitgangspunten, met een conservatieve inschatting van de invloed van de bewoners. Zoals is aangetoond in het rapport "Grenswaarden..." kan door actief gebruik van de voorzieningen, waarmee de temperatuur in de woning omlaag kan worden gebracht (bijvoorbeeld spuivoorzieningen, buitenzonwering en zomernachtventilatie voorzieningen) het aantal overschrijdingsuren behoorlijk omlaag gebracht worden ten opzichte van de waarden in de figuren 1 t/m 4, in orde grootte 1000 uur per jaar.

Resultaten van alle woningen tezamen

Als figuur 1 (resultaten met thermische bruggen) wordt vergeleken met figuur 2 ('oude' resultaten zonder thermische bruggen in GTO-berekeningen) dan is te zien dat de regressielijnen naar rechts zijn opgeschoven.

In tabel 1 is op basis van de formules van de regressielijnen van figuur 1 en 2 (dus op basis van de resultaten van alle woningen tezamen) berekend wat het effect op het aantal overschrijdingsuren en TOjuli is. In deze tabel is het aantal overschrijdingsuren bij TOjuli = 1 opgegeven. Ook staat in deze tabel bij welke waarde TOjuli van de nieuwe berekeningen met koudebruggen hetzelfde aantal overschrijdingsuren heeft als bij de oude berekeningen. In deze tabel is toegevoegd het resultaat van berekeningen van TOjuli zonder koudebruggen in combinatie met de oorspronkelijk berekende GTO-uren (ook zonder koudebruggen). Dit is een theoretische exercitie, bedoeld om te zien als in de oorspronkelijke berekeningen in zowel bij de berekening van TOjuli als bij de berekening van de GTO-uren van dezelfde uitgangspunten was uitgegaan. In tabel 1 is te zien dat in beide gevallen, te weten alle berekeningen met en alle berekeningen zonder koudebruggen rond TOjuli = 1,2 uitkomen.

Tabel 1. TOjuli grenswaarde op basis van regressielijnen van berekeningen met en geheel zonder koudebruggen, berekend bij GTO-uren die horen bij de oorspronkelijke grenswaarde, TOjuli = 1,0.

berekening GTO-uren:	zonder koudebruggen (oorspr. berekening)	met koudebruggen	zonder koudebruggen (oorspr. berekening)
berekening TOjuli:	met koudebruggen (oorspr. berekening)	met koudebruggen	zonder koudebruggen
overschrijdingsuren bij TOjuli = 1	1397	1083	1139
TOjuli bij 1397 overschrijdingsuren (conform oorspronkelijke berekening)	1,0	1,23	1,17

De voornaamste reden dat het aantal overschrijdingsuren omlaag is gegaan bij de nieuwe berekeningen is het feit dat het warmteverlies via de thermische bruggen de temperatuur in de woningen lager wordt. In de oude GTO-berekeningen waren deze thermische bruggen (zoals gebruikelijk is in temperatuuroverschrijdingsberekeningen) niet meegenomen. In de nieuwe berekeningen zijn de warmteverliezen door thermische bruggen in de GTO-berekeningen en in de TOjuli berekeningen nauwkeurig op elkaar afgestemd.

Voor een beperkt aantal combinaties woningen, massa en maatregelen zijn berekeningen uitgevoerd met de uitgangspunten volgens de regeling Bouwbesluit. De berekeningen betreffen varianten met een TOjuli van tussen ca. 0,8 en 1,8. Figuur 5 geeft de resultaten van deze berekeningen. In bijlage 2 worden de numerieke berekeningsresultaten gegeven. In figuur 5 is te zien dat de regressielijn de grenswaarde van 450 GTO-uren snijdt bij TOjuli = 1,25.

Differentiëring naar woningtype

De figuren 3 en 4 laten de relatie zien tussen TOjuli en GTO-max gedifferentieerd naar woningtype. Ten opzichte van de oude berekeningen (figuur 4) zijn de regressielijnen (in figuur 3) meer naar rechts opgeschoven, lopen vlakker en de individuele lijnen van de woningtypen en bouwmassa zijn verder uit elkaar komen te liggen.

Voor alle woningtype / bouwmassa combinatie is op basis van de regressielijnen bepaald wat de TOjuli grenswaarde is bij het aantal overschrijdingsuren, te weten 1400 per jaar, dat conform de regressielijn van alle oorspronkelijke berekeningen hoort bij TOjuli = 1,0. In tabel 2 zijn de resultaten hiervan per woningtype te zien. Er worden resultaten gegeven op basis van zowel de oorspronkelijke als van de nieuwe berekeningen.

Tabel 2. TOjuli grenswaarde op basis van regressielijnen van berekeningen met koudebruggen, berekend bij 1400 GTO-uren (gemiddeld aantal GTO-uren bepaald in de oorspronkelijke berekeningen bij TOjuli = 1,0). Berekeningen per woningtype.

	TOjuli grenswaarde berekend op basis van regressielijnen en 1400 GTO-uren	
	oorspronkelijke berekeningen	nieuwe berekeningen
tussenwoning zwaar	0,87	1,08
tussenwoning middellicht	0,82	1,05
tussenwoning licht	1,03	1,43
vrijstaande woning zwaar	1,27	1,40
vrijstaande woning middellicht	1,07	1,52
woongebouw zwaar	1,14	1,04

Voor alle woningtypen/massacombinaties, behalve voor woongebouw zwaar, is de berekende TOjuli grenswaarde hoger geworden. De verhoging loopt van 0,14 voor de combinatie vrijstaand zwaar tot 0,45 voor vrijstaand middellicht.

De uitgebreide berekening van koudebruggen leidt voor het woongebouw in tabel 2 juist tot een hogere TOjuli-grenswaarde. Dit komt doordat het totaal aan warmteverliezen door thermische bruggen in de nieuwe NTA 8800 berekeningen met specifieke koudebruggen procentueel meer is gestegen dan bij de andere woningen in relatie tot de oorspronkelijke NTA 8800 berekeningen (waarin is aangehouden dat de thermische bruggen 0,5 x forfaitair zijn). TOjuli is daardoor in de nieuwe berekeningen procentueel meer gedaald dan bij de andere woningen. De invloed van thermische bruggen op de GTO berekeningen voor het woongebouw is procentueel minder groot dan de wijziging van de thermische bruggen op TOjuli.

In tabel 2 zien we voor de nieuwe berekeningen een duidelijke tweedeling. Een groep rond een TO_{juli} -waarde van rond 1,05 en een groep rond 1,45. Een grenswaarde gebaseerd op de groep woningen met een grenswaarde rond 1,45 zou inhouden dat de combinaties woongebouw zwaar, tussenwoning zwaar en middellicht een te hoog risico lopen op oververhitting. Terwijl een bij grenswaarde rond 1,05 voor de combinaties tussenwoning licht en vrijstaand zwaar en middellicht vaak meer maatregelen zouden moeten worden genomen dan strikt noodzakelijk om te voldoen aan de TO_{juli} -grenswaarde of door middel van GTO-berekening aangetoond zou moeten worden dat wel aan de GTO-eis wordt voldaan.

Waarom geen gedifferentieerde grenswaarden voor TO_{juli} ?

Een gedifferentieerde waarde bepalen roept veel vragen op. Ten eerste zal dan ondubbelzinnig bepaald moeten worden welke type woning waar onder valt. Ten tweede zal duidelijkheid moeten komen wat exact licht, middellicht en zwaar is en of dit per woning bepaald wordt of per rekenzone. Ten derde zal aanvullend onderzoek gedaan moeten worden voor alle woningtypen per massa die hier niet genoemd staan. Tenslotte zal dit een uitdaging worden om goed te kunnen communiceren.

Lichte bouwmethoden

Bij lichte bouwmethoden moeten er de nodige maatregelen getroffen worden om te voldoen aan de gestelde TO_{juli} -grenswaarde. Zonwering (donkere screens) en zomernachtventilatie zijn (in de voor deze studie berekende varianten) nodig om te voldoen in het geval van vrijstaande woningen middellicht. De tussenwoning middellicht voldoet vrij eenvoudig aan de TO_{juli} -eis mits er zonwering wordt toegepast. Bij de tussenwoning licht zien we dat isolatie op bouwbesluitniveau met zonwering en zomernachtventilatie voldoet. Indien de woning op passiefhuisniveau wordt geïsoleerd zien we dat TO_{juli} veelal niet meer voldoet (allen met de nodige zonwering en zomernachtventilatie dwars). Opvallend hierbij is dat de GTO-uren veelal wel aanleiding geven dat deze woning voldoet.

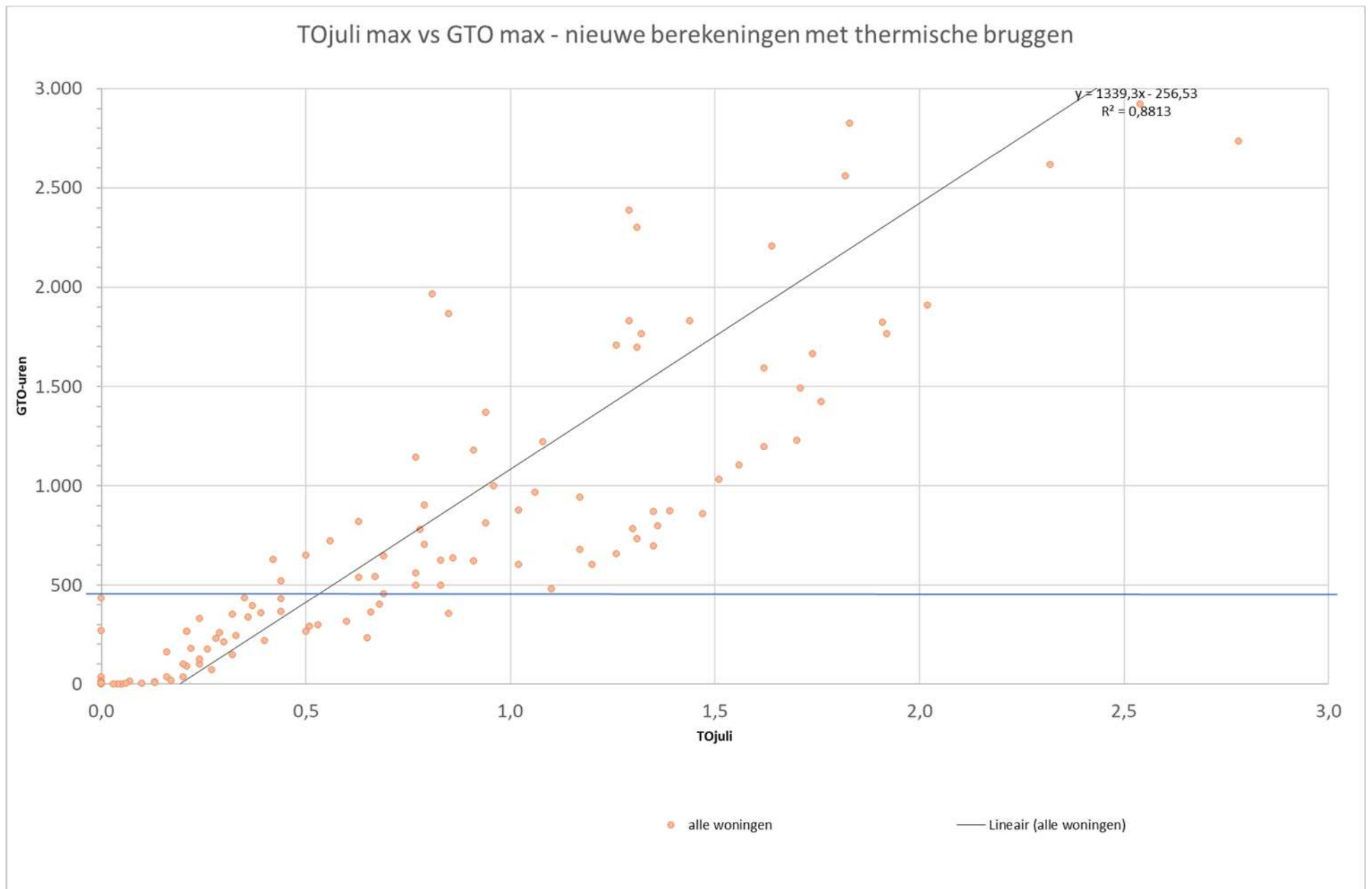
Bij lichte tussenwoningen en middellichte vrijstaande woningen zal vaker de afweging gemaakt moeten worden om te kiezen voor maatregelen om aan de TO_{juli} grenswaarde te voldoen of met het inzicht dat een gebouwsimulatieberekening geeft, nauwkeuriger te bepalen wat minimaal nodig is om het aantal GTO-uren te beperken.

4

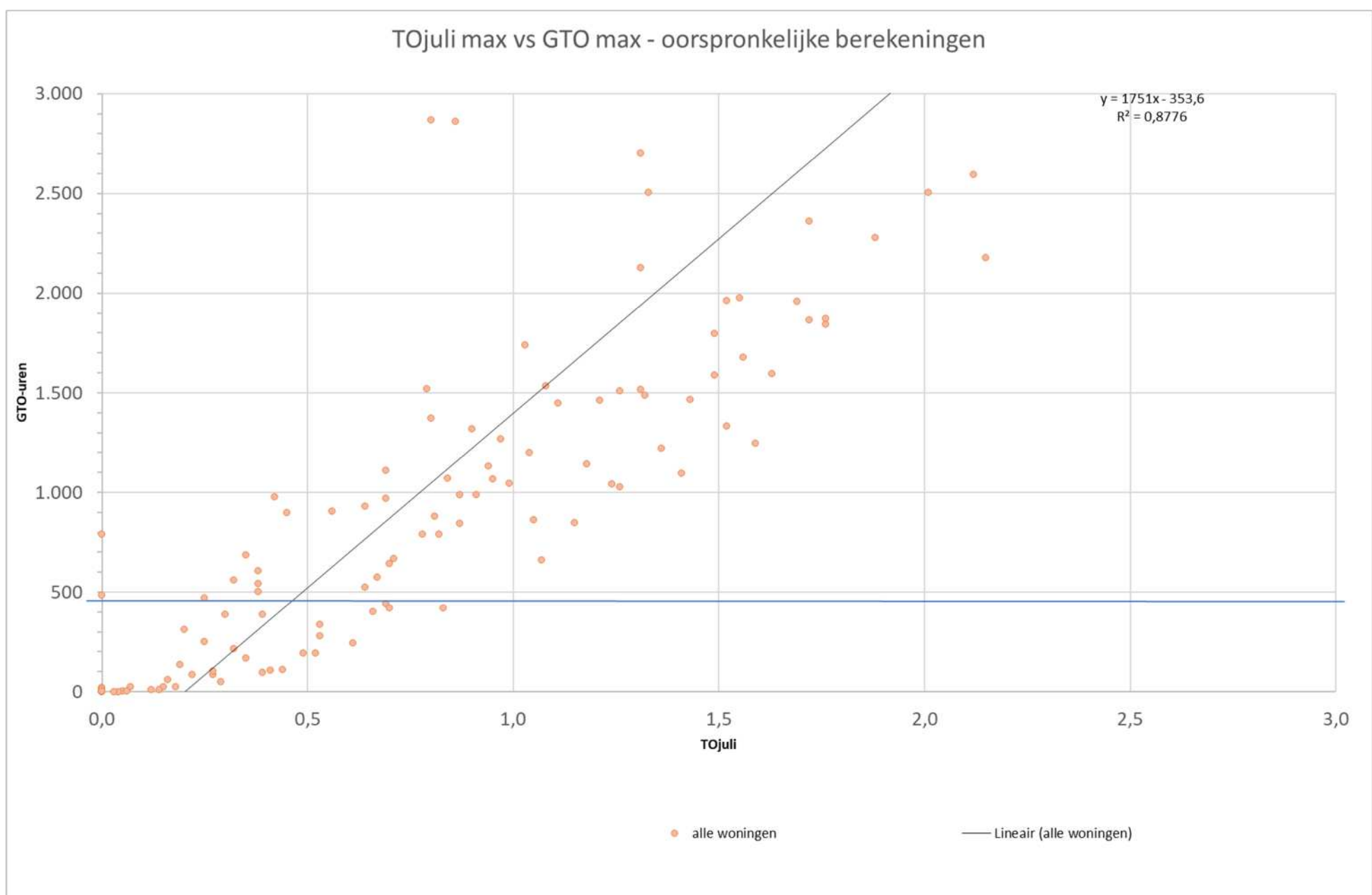
Conclusie

Door thermische bruggen mee te nemen in de temperatuuroverschrijdingsberekeningen daalt het aantal GTO-uren. Wanneer in de bepaling van TO_{juli} in de NTA-validatietool exact dezelfde warmteverliezen door thermische bruggen worden meegenomen als in de temperatuuroverschrijdingsberekeningen verschuift de regressielijn van het verband tussen TO_{juli} en GTO-max zodanig ten opzichte van de oorspronkelijke berekeningen voor de bepaling van de grenswaarde (zie "Grenswaarde zomercomfort nieuwe woningen in Bouwbesluit", rapport W/E9604.05, d.d. 20-08-2020) dat het gerechtvaardigd is de grenswaarde enigszins bij te stellen.

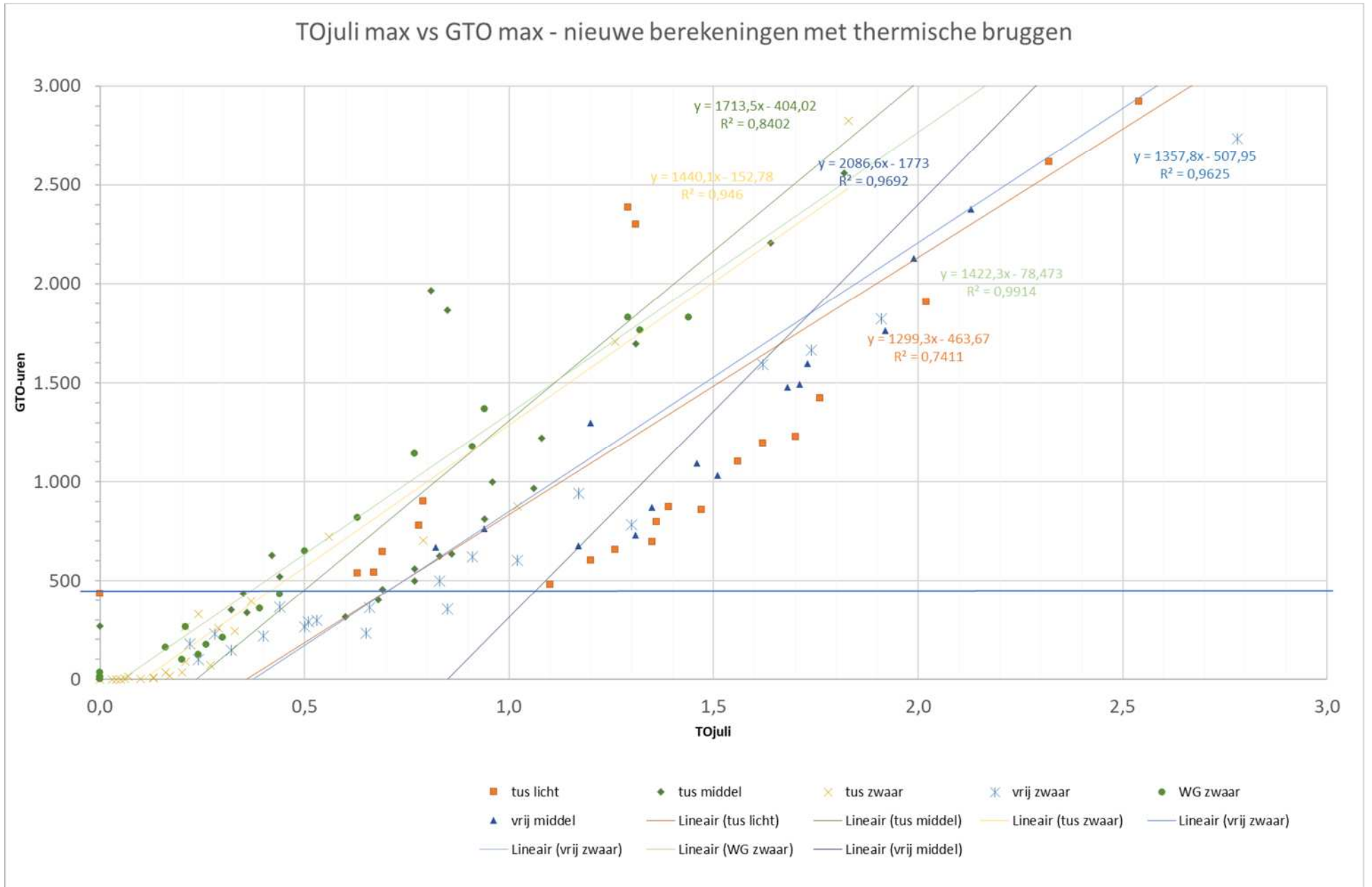
Het voorstel is om in plaats van een grenswaarde van 1,0 een waarde van 1,2 aan te houden. Hoewel er, net als in de oorspronkelijke berekeningen, verschillen in resultaten zijn tussen berekeningen voor verschillende woningtype-massa combinaties wordt niet aanbevolen om een gedifferentieerde grenswaarde aan te houden. TO_{juli} is daarvoor een te grove indicator en zijn de onderlinge verschillen relatief te klein. Er is altijd de mogelijkheid om aan te tonen dat aan de eisen wordt voldaan middels een temperatuuroverschrijdingsberekening.



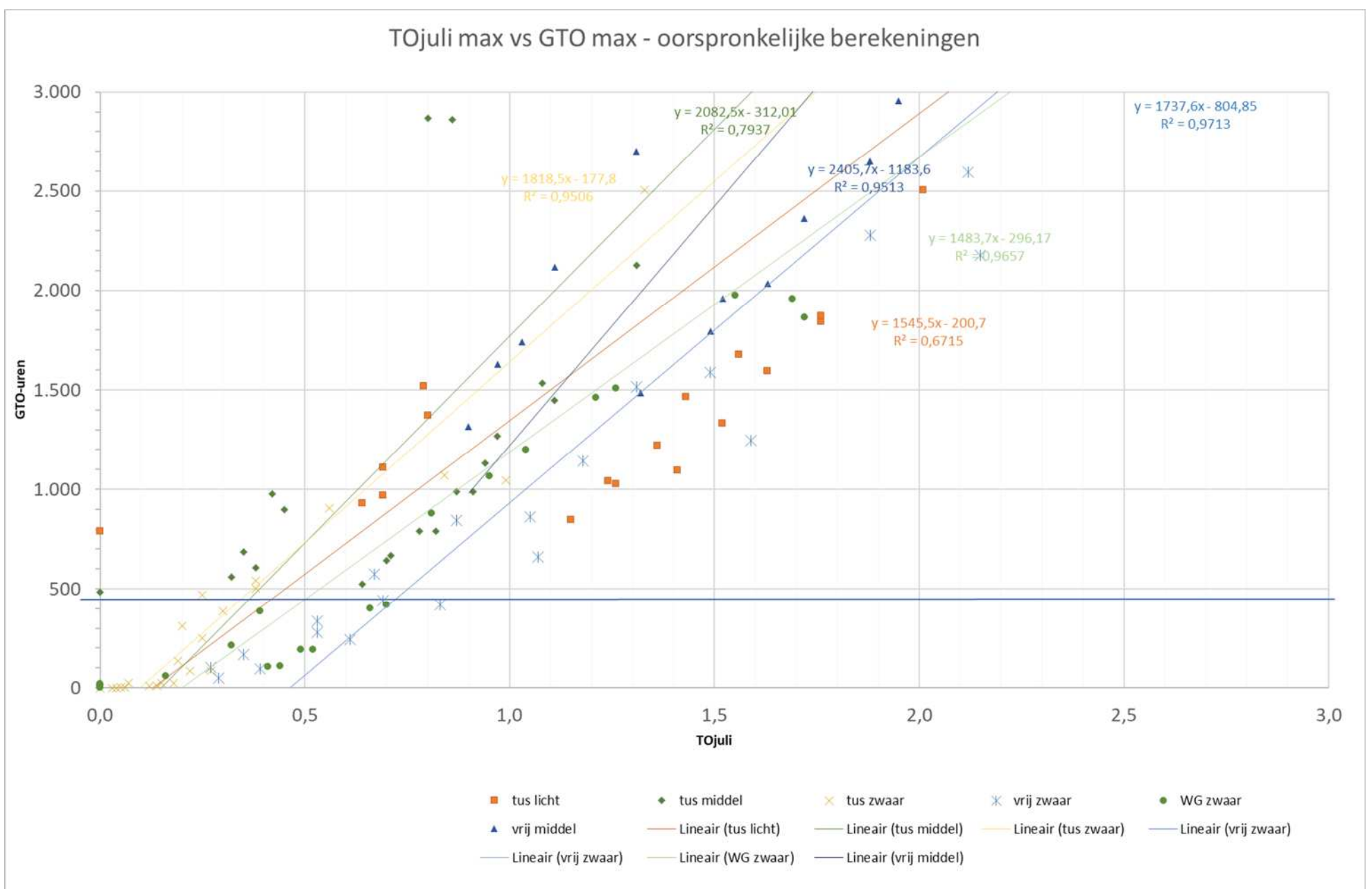
Figuur 1. Relatie tussen TOjuli en GTO-max op basis van de nieuwe berekeningen met thermische bruggen.



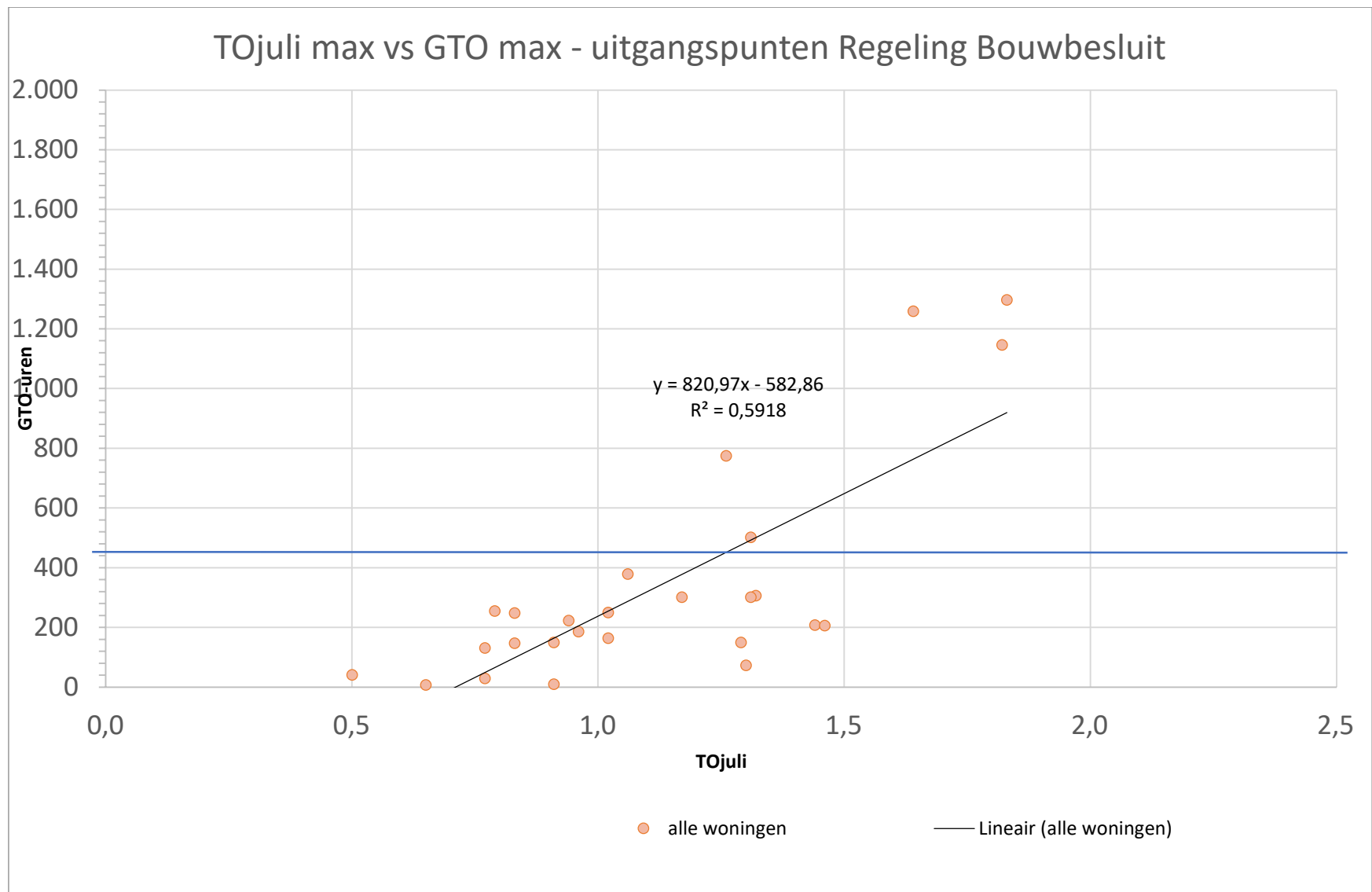
Figuur 2. Relatie tussen TOjuli en GTO-max op basis van de berekeningen van het rapport "Grenswaarde zomercomfort nieuwe woningen in Bouwbesluit" d.d. 20-08-2020.



Figuur 3. Relatie tussen TOjuli en GTO-max op basis van de nieuwe berekeningen met thermische bruggen; resultaten uitgesplitst naar woningtype.



Figuur 4. Relatie tussen TOjuli en GTO-max op basis van de berekeningen van het rapport "Grenswaarde zomercomfort nieuwe woningen in Bouwbesluit" d.d. 20-08-2020; resultaten uitgesplitst naar woningtype.



Figuur 5. Relatie tussen TOjuli en GTO-max voor berekeningen met thermische bruggen en met de uitgangspunten volgens de Regeling Bouwbesluit ('bewust bewonersgedrag').

Bijlage 1. Overzicht berekeningsresultaten nieuwe berekeningen met thermische bruggen (met 'NTA 8800'-uitgangspunten)

Var N Variant			GTO BG / wk	GTO 1e voor / slk	GTO 1e achter	GTO zolder	GTO max	GTO gemiddeld	NO	ZW	ZO	NW
1	Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus zwaar	1.706	1.126	1.318		1.706 1.383	0,18	1,26		
2	Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus zwaar	242	93	138		242 158	0,09	0,33		
3	Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus zwaar	87	27	33		87 49	0,06	0,21		
4	Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus zwaar	36	8	18		36 21	0,06	0,16		
5	Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus zwaar	612	501	705		705 606	0,11	0,79		
6	Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus zwaar	36	20	35		36 30	0,06	0,20		
7	Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus zwaar	9	0	10		10 6	0,04	0,13		
8	Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus zwaar	2	0	1		2 1	0,04	0,10		
9	Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	tus zwaar	163	181	331		331 225		0,24		
10	Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	tus zwaar	5	0	13		13 6		0,07		
11	Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	tus zwaar	0	0	0		0 0		0,05		
12	Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	tus zwaar	0	0	0		0 0				
13	Fc 1,00	zonw - Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus zwaar	2.824	1.743	1.885		2.824 2.151	0,32	1,83		
14	Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus zwaar	722	296	329		722 449	0,16	0,56		
15	Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus zwaar	394	110	111		394 205	0,11	0,37		
16	Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus zwaar	259	52	51		259 121	0,10	0,29		
17	Fc 1,00	zonw - Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus zwaar	835	721	876		876 811	0,15	1,02		
18	Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus zwaar	70	27	36		70 44	0,08	0,27		
19	Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus zwaar	18	0	8		18 9	0,05	0,17		
20	Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus zwaar	7	0	1		7 3	0,05	0,13		
21	Fc 1,00	zonw - Passief ZNV dwars qv;10 0,4	tus zwaar	136	137	264		264 179	0,04	0,21		
22	Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	tus zwaar	1	0	1		1 1		0,06		
23	Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	tus zwaar	0	0	0		0 0		0,04		
24	Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	tus zwaar	0	0	0		0 0		0,03		
25	Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus middel	3.266	1.299	2.204		3.266 2.256	0,80	2,09		
26	Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus middel	964	445	627		964 679	0,58	1,06		
27	Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus middel	634	332	421		634 462	0,50	0,86		
28	Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus middel	498	284	330		498 370	0,47	0,77		
29	Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus middel	2.206	1.037	1.951		2.206 1.731	0,63	1,64		
30	Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus middel	625	362	542		625 510	0,46	0,83		
31	Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus middel	401	279	364		401 348	0,39	0,68		
32	Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus middel	314	233	291		314 279	0,37	0,60		
33	Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	tus middel	1.863	891	1.814		1.863 1.523		0,85		
34	Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	tus middel	521	324	503		521 449		0,44		
35	Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	tus middel	337	247	333		337 306		0,36		
36	Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	tus middel	262	208	270		270 246				
37	Fc 1,00	zonw - Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus middel	4.695	1.649	2.383		4.695 2.909	1,01	2,51		
38	Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus middel	1.695	614	740		1.695 1.016	0,74	1,31		
39	Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus middel	1.222	453	492		1.222 722	0,64	1,08		
40	Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus middel	998	379	398		998 592	0,61	0,96		
41	Fc 1,00	zonw - Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus middel	2.558	1.172	1.940		2.558 1.890	0,73	1,82		
42	Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus middel	812	408	546		812 589	0,54	0,94		
43	Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus middel	559	302	373		559 412	0,46	0,77		
44	Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus middel	456	260	302		456 340	0,44	0,69		
45	Fc 1,00	zonw - Passief ZNV dwars qv;10 0,4	tus middel	1.966	947	1.723		1.966 1.545	0,33	0,81		
46	Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	tus middel	629	336	481		629 482		0,42		
47	Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	tus middel	435	260	329		435 341		0,35		
48	Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	tus middel	351	223	262		351 279		0,32		
49	Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus licht	3.566	1.467	2.395		3.566 2.476	1,39	2,83		
50	Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus licht	1.226	594	803		1.226 875	1,11	1,70		
51	Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus licht	858	466	571		858 632	0,99	1,47		
52	Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus licht	697	400	480		697 525	0,95	1,35		
53	Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus licht	2.616	1.186	2.131		2.616 1.978	1,14	2,32		
54	Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus licht	873	482	699		873 685	0,91	1,39		
55	Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus licht	602	373	496		602 490	0,81	1,20		
56	Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus licht	482	322	412		482 405	0,78	1,10		
57	Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	tus licht	2.300	1.042	2.010		2.300 1.784		1,31		
58	Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	tus licht	779	428	659		779 622		0,78		
59	Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	tus licht	540	333	464		540 446		0,67		
60	Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	tus licht	435	292	385		435 371				
61	Fc 1,00	zonw - Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus licht	4.771	1.660	2.427		4.771 2.953	1,68	3,26		
62	Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus licht	1.908	640	823		1.908 1.124	1,36	2,02		
63	Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus licht	1.422	486	590		1.422 832	1,22	1,76		
64	Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus licht	1.194	418	487		1.194 700	1,18	1,62		
65	Fc 1,00	zonw - Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus licht	2.923	1.145	1.986		2.923 2.018	1,30	2,54		
66	Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus licht	1.101	433	641		1.101 725	1,06	1,56		
67	Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus licht	796	331	453		796 527	0,95	1,36		
68	Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus licht	658	288	373		658 440	0,92	1,26		
69	Fc 1,00	zonw - Passief ZNV dwars qv;10 0,4	tus licht	2.387	903	1.758		2.387 1.683	0,66	1,29		
70	Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	tus licht	902	339	555		902 599		0,79		
71	Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	tus licht	646	267	395		646 436		0,69		
72	Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	tus licht	537	230	323		537 364		0,63		

Var N Variant			GTO BG / wk	GTO 1e voor / slk	GTO 1e achter	GTO zolder	GTO max	GTO gemiddeld	NO	ZW	ZO	NW
73 Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	vrij zwaar	3.867	2.942	3.156	2.291	3.867	3.064	0,72	3,26	1,74	0,56
74 Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	vrij zwaar	603	589	556	591	603	585	0,43	1,02	0,42	0,29
75 Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	vrij zwaar	252	307	261	363	363	296	0,32	0,66	0,25	0,20
76 Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	vrij zwaar	130	188	161	264	264	185	0,29	0,50	0,19	0,18
77 Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	vrij zwaar	2.733	2.389	2.598	1.980	2.733	2.425	0,58	2,78	1,43	0,44
78 Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	vrij zwaar	331	424	404	498	498	414	0,34	0,83	0,33	0,23
79 Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	vrij zwaar	116	212	192	298	298	204	0,26	0,53	0,20	0,16
80 Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	vrij zwaar	60	130	96	218	218	126	0,24	0,40	0,15	0,14
81 Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	vrij zwaar	1.120	1.409	1.591	1.401	1.591	1.380	0,31	1,62	0,76	0,22
82 Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	vrij zwaar	94	236	222	366	366	229	0,18	0,44	0,18	0,12
83 Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	vrij zwaar	23	106	86	229	229	111	0,14	0,28	0,11	0,09
84 Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	vrij zwaar	6	55	35	178	178	69	0,13	0,22	0,08	0,08
85 Fc 1,00	zonw - Passief ZNV geen qv;10 0,4	vrij zwaar	6.797	4.721	4.895	3.653	6.797	5.016	1,23	4,66	2,64	0,94
86 Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	vrij zwaar	1.664	1.238	1.188	908	1.664	1.250	0,75	1,74	0,72	0,49
87 Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	vrij zwaar	942	699	612	509	942	691	0,58	1,17	0,44	0,34
88 Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	vrij zwaar	620	442	361	352	620	444	0,53	0,91	0,32	0,30
89 Fc 1,00	zonw - Passief ZNV enkel qv;10 0,4	vrij zwaar	4.443	3.522	3.697	2.865	4.443	3.632	0,90	3,83	2,04	0,66
90 Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	vrij zwaar	781	736	690	610	781	704	0,53	1,30	0,50	0,34
91 Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	vrij zwaar	355	353	291	337	355	334	0,40	0,85	0,30	0,23
92 Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	vrij zwaar	223	233	185	220	233	215	0,37	0,65	0,22	0,20
93 Fc 1,00	zonw - Passief ZNV dwars qv;10 0,4	vrij zwaar	1.354	1.684	1.821	1.607	1.821	1.617	0,34	1,91	0,85	0,24
94 Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	vrij zwaar	101	224	208	289	289	205	0,20	0,51	0,18	0,12
95 Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	vrij zwaar	23	84	58	146	146	78	0,15	0,32	0,11	0,09
96 Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	vrij zwaar	6	37	13	98	98	38	0,14	0,24	0,08	0,08
97 Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	WG zwaar	3.386	3.058	0	0	3.386	1.611		2,55	2,03	
98 Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	WG zwaar	1.179	1.046	0	0	1.179	556		0,91	0,64	
99 Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	WG zwaar	817	663	0	0	817	370		0,63	0,42	
100 Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	WG zwaar	651	482	0	0	651	283		0,50	0,33	
101 Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	WG zwaar	1.179	1.763	0	0	1.763	735		1,32	1,05	
102 Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	WG zwaar	252	357	0	0	357	152		0,39	0,28	
103 Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	WG zwaar	144	174	0	0	174	79		0,26	0,18	
104 Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	WG zwaar	99	98	0	0	99	49		0,20	0,14	
105 Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	WG zwaar	266	7	0	0	266	68		0,21	0,18	
106 Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	WG zwaar	35	0	0	0	35	9				
107 Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	WG zwaar	15	0	0	0	15	4				
108 Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	WG zwaar	7	0	0	0	7	2				
109 Fc 1,00	zonw - Passief ZNV geen qv;10 0,4	WG zwaar	4.542	3.836	0	0	4.542	2.095		3,11	2,45	
110 Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	WG zwaar	1.828	1.463	0	0	1.828	823		1,29	0,90	
111 Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	WG zwaar	1.367	1.083	0	0	1.367	612		0,94	0,63	
112 Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	WG zwaar	1.142	887	0	0	1.142	507		0,77	0,50	
113 Fc 1,00	zonw - Passief ZNV enkel qv;10 0,4	WG zwaar	1.230	1.829	0	0	1.829	765		1,44	1,07	
114 Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	WG zwaar	262	429	0	0	429	173		0,44	0,30	
115 Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	WG zwaar	141	211	0	0	211	88		0,30	0,20	
116 Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	WG zwaar	94	123	0	0	123	54		0,24	0,16	
117 Fc 1,00	zonw - Passief ZNV dwars qv;10 0,4	WG zwaar	161	0	0	0	161	40		0,16	0,12	
118 Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	WG zwaar	9	0	0	0	9	2				
119 Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	WG zwaar	1	0	0	0	1	0				
120 Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	WG zwaar	1	0	0	0	1	0				
121 Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	vrij middel	6.328	3.448	4.493	2.162	6.328	4.108	1,58	4,02	2,62	1,38
122 Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	vrij middel	1.762	1.159	1.246	970	1.762	1.284	1,20	1,92	1,20	0,99
123 Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	vrij middel	1.032	847	774	776	1.032	857	1,05	1,51	0,93	0,83
124 Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	vrij middel	732	710	583	685	732	678	1,00	1,31	0,81	0,79
125 Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	vrij middel	5.443	3.248	4.287	2.118	5.443	3.774	1,41	3,61	2,33	1,22
126 Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	vrij middel	1.491	1.091	1.173	952	1.491	1.177	1,07	1,71	1,06	0,88
127 Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	vrij middel	870	803	729	765	870	792	0,93	1,35	0,83	0,74
128 Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	vrij middel	617	670	550	676	676	629	0,89	1,17	0,72	0,70
129 Fc 1,00	zonw - BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	vrij middel	4.663	3.007	4.058	2.061	4.663	3.447	0,98	2,56	1,62	0,84
130 Fc 0,35	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	vrij middel	1.297	1.022	1.106	936	1.297	1.090	0,75	1,20	0,73	0,61
131 Fc 0,20	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	vrij middel	751	761	683	757	761	738	0,66	0,94	0,58	0,51
132 Fc 0,12	zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV dwars qv;10 0,4	vrij middel	536	640	518	669	669	591	0,63	0,82	0,50	0,48
133 Fc 1,00	zonw - Passief ZNV geen qv;10 0,4	vrij middel	9.564	4.585	5.478	2.493	9.564	5.530	2,05	5,12	3,30	1,75
134 Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	vrij middel	3.327	1.517	1.549	844	3.327	1.809	1,57	2,51	1,53	1,27
135 Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	vrij middel	2.129	1.076	963	620	2.129	1.197	1,37	1,99	1,20	1,07
136 Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	vrij middel	1.596	885	724	501	1.596	926	1,31	1,73	1,03	1,01
137 Fc 1,00	zonw - Passief ZNV enkel qv;10 0,4	vrij middel	7.289	4.057	4.964	2.327	7.289	4.659	1,74	4,41	2,81	1,47
138 Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	vrij middel	2.378	1.305	1.345	785	2.378	1.453	1,33	2,13	1,29	1,06
139 Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	vrij middel	1.479	923	819	576	1.479	949	1,16	1,68	1,01	0,89
140 Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	vrij middel	1.092	754	618	467	1.092	733	1,11	1,46	0,87	0,84
141 Fc 1,00	zonw - Passief ZNV dwars qv;10 0,4	vrij middel	5.498	3.473	4.389	2.125	5.498	3.871	1,06	2,78	1,71	0,88
142 Fc 0,35	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	vrij middel	1.827	1.132	1.160	739	1.827	1.215	0,81	1,30	0,78	0,64
143 Fc 0,20	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	vrij middel	1.130	802	718	544	1.130	799	0,71	1,03	0,61	0,54
144 Fc 0,12	zonw no-z-nw Passief ZNV dwars qv;10 0,4	vrij middel	840	674	536	442	840	623	0,68	0,89	0,53	0,51

Bijlage 2. Overzicht berekeningsresultaten GTO-berekeningen met uitgangspunten volgens de Regeling Bouwbesluit

Variant		GTO BG / wk	GTO 1e voor / slk	GTO 1e achter	GTO max	GTO gemiddeld	NO	ZW	ZO	NW
tussen zwaar Fc 1,00 zonw - BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus zwaar	775	339	491	775	535	0,18	1,26		
tussen zwaar Fc 1,00 zonw - BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus zwaar	197	142	255	255	198	0,11	0,79		
tussen zwaar Fc 1,00 zonw - Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus zwaar	1.297	648	704	1.297	883	0,32	1,83		
tussen zwaar Fc 1,00 zonw - Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus zwaar	207	142	250	250	200	0,15	1,02		
tussen middellicht Fc 0,35 zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus middel	379	125	272	379	259	0,58	1,06		
tussen middellicht Fc 0,12 zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	tus middel	131	51	119	131	100	0,47	0,77		
tussen middellicht Fc 1,00 zonw - BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus middel	1.259	538	1.226	1.259	1.008	0,63	1,64		
tussen middellicht Fc 0,35 zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	tus middel	228	99	248	248	192	0,46	0,83		
tussen middellicht Fc 0,35 zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus middel	502	101	224	502	276	0,74	1,31		
tussen middellicht Fc 0,12 zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	tus middel	186	35	98	186	106	0,61	0,96		
tussen middellicht Fc 1,00 zonw - Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus middel	1.146	413	963	1.146	841	0,73	1,82		
tussen middellicht Fc 0,35 zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	tus middel	223	59	187	223	156	0,54	0,94		
vrijstaand zwaar Fc 0,35 zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	vrij zwaar	87	98	164	164	116	0,43	1,02	0,42	0,29
vrijstaand zwaar Fc 0,35 zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	vrij zwaar	47	63	147	147	86	0,34	0,83	0,33	0,23
vrijstaand zwaar Fc 0,12 zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	vrij zwaar	1	0	10	10	4	0,53	0,91	0,32	0,30
vrijstaand zwaar Fc 0,35 zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	vrij zwaar	58	50	73	73	60	0,53	1,30	0,50	0,34
vrijstaand zwaar Fc 0,12 zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	vrij zwaar	0	0	7	7	2	0,37	0,65	0,22	0,20
appartement Fc 0,35 zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	WG zwaar	150	9	0	150	53		0,91	0,64	
appartement Fc 0,12 zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	WG zwaar	41	0	0	41	14		0,50	0,33	
appartement Fc 1,00 zonw - BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	WG zwaar	306	169	0	306	158		1,32	1,05	
appartement Fc 0,35 zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	WG zwaar	150	9	0	150	53		1,29	0,90	
appartement Fc 0,12 zonw no-z-nw Passief ZNV geen qv;10 0,4	WG zwaar	29	0	0	29	10		0,77	0,50	
appartement Fc 1,00 zonw - Passief ZNV enkel qv;10 0,4	WG zwaar	208	83	0	208	97		1,44	1,07	
vrijstaand middellicht Fc 0,12 zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV geen qv;10 0,4	vrij middel	192	162	301	301	218	1,00	1,31	0,81	0,79
vrijstaand middellicht Fc 0,12 zonw no-z-nw BB_HR++ ZNV enkel qv;10 0,4	vrij middel	191	162	301	301	218	0,89	1,17	0,72	0,70
vrijstaand middellicht Fc 0,12 zonw no-z-nw Passief ZNV enkel qv;10 0,4	vrij middel	206	115	101	206	141	1,11	1,46	0,87	0,84

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Croeselaan 15 | 3521 BJ Utrecht
Postbus 8242 | 3503 RE Utrecht
T +31 (0) 88 042 42 42
E klantcontact@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties.

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | November 2020

Publicatienummer: RVO-160-2020/BR-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.