

NOTITIE

Onderwerp	Hitte-analyse herinrichting stationsgebied zuidzijde Eindhoven
Project	Hittestress onderzoek stationsgebied zuidzijde Eindhoven
Opdrachtgever	Gemeente Eindhoven
Projectcode	127792
Status	Definitief 02
Datum	10 december 2021
Referentie	127792/21-018.853
Auteur(s)	ir. A. Goede, J.M. Timmermans MSc

Gecontroleerd door	ir. J.D. Klein
Goedgekeurd door	ir. A. Goede
Paraaf	



Bijlage(n)	Input weerdata PET-model
------------	--------------------------

Aan	Gemeente Eindhoven	T. Schoester
Kopie	Gemeente Eindhoven	L. Postmes

1 AANLEIDING HITTE-ANALYSE

De gemeente Eindhoven werkt aan de herinrichting van het stationsgebied. Aan de zuidzijde zijn woningen, kantoren, fietsenstallingen en een vernieuwd stationsplein ontworpen. De herontwikkeling van een gebied beïnvloedt het risico op hittestress. Bebouwing en verharding zullen warmte vasthouden terwijl de vegetatie, schaduw en water verkoeling geven. Deze notitie beantwoordt de vraag welk effect de herinrichting van het stationsgebied zuidzijde heeft op hittestress in het gebied zelf en de directe omgeving.

Deze notitie bestaat uit een toelichting van de gebruikte methode (paragraaf 2), uitgangspunten (paragraaf 3) interpretatie van de resultaten (paragraaf 4) en een conclusie van de analyse (paragraaf 5).

2 METHODE VOOR STRESSTEST HITTE

Voor beoordelen van hittestress worden vanuit het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie 2 standaard stresstesten geadviseerd, namelijk hittestress door warme nachten en de hittekaart gevoelstemperatuur. Witteveen+Bos werkt met wetenschappelijk onderbouwde modellen om de hittestress in de huidige en toekomstige situatie te vergelijken. Het effect van de herinrichting van het stationsgebied zuidzijde is met 2 methodes geanalyseerd:

- 1 gevoelstemperatuur (PET¹) voor hittestress in de buitenruimte op een hete zomerdag;

¹ Ontwikkeling Standaard Stresstest Hitte (met erratum) (rivm.nl)

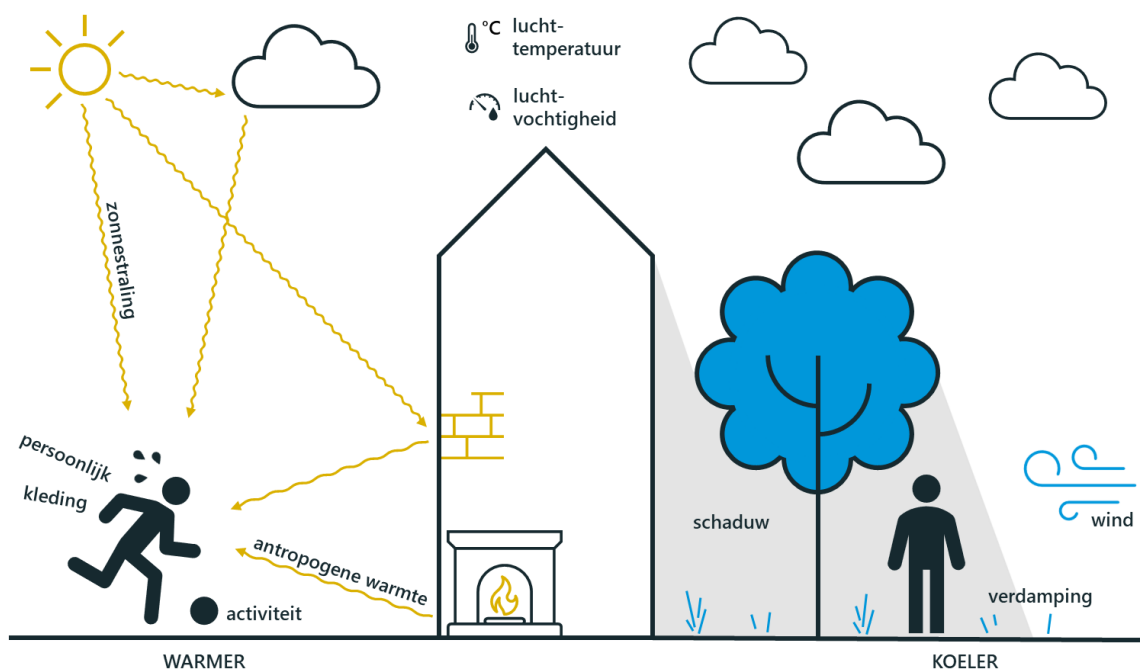
- 2 stedelijk hitte-eiland (UCAM¹) voor gezondheidsrisico's van langdurige blootstelling aan hitte, dus ook in de nacht.

In het stationsgebied zijn beiden van toepassing, omdat het effect op de bezoekers van het stationsplein en mensen die langer in het gebied verblijven, relevant zijn.

2.1 Hittekaart gevoelstemperatuur (PET)

Het PET-model berekent de hittestress in de buitenruimte door middel van de fysiologisch equivalente temperatuur (PET), ook wel de gevoelstemperatuur. De hittekaart gevoelstemperatuur geeft aan hoe warm een persoon het heeft op een specifieke locatie op een hete zomermiddag. Deze indicator is relevant voor het stationsgebied, omdat dit een plek is waar veel mensen verblijven, wandelen en fietsen. Het is belangrijk dat er overdag een aangenaam klimaat en voldoende verkoeling is voor bezoekers van het stationsgebied.

Afbeelding 2.1 Factoren van invloed op de gevoelstemperatuur



De gevoelstemperatuur die een persoon ervaart wordt beïnvloed door meer dan de luchttemperatuur, ook de persoon zelf, de omgeving en andere weersvariabelen spelen een rol, zie afbeelding 2.1. Gevoelstemperatuur wordt uitgedrukt in graden Celsius en is een indicator voor hittestress, zie tabel 2.1. Het PET-model berekent de gemiddelde gevoelstemperatuur op basis van de volgende variabelen:

- weer (luchttemperatuur, straling, wind, relatieve luchtvochtigheid);
- omgeving (bebouwingshoogte, verharding, vegetatie, bomen, wateroppervlak).

Tabel 2.1 Overzicht van PET-klassen met bijbehorende perceptie en fysiologisch stressniveau

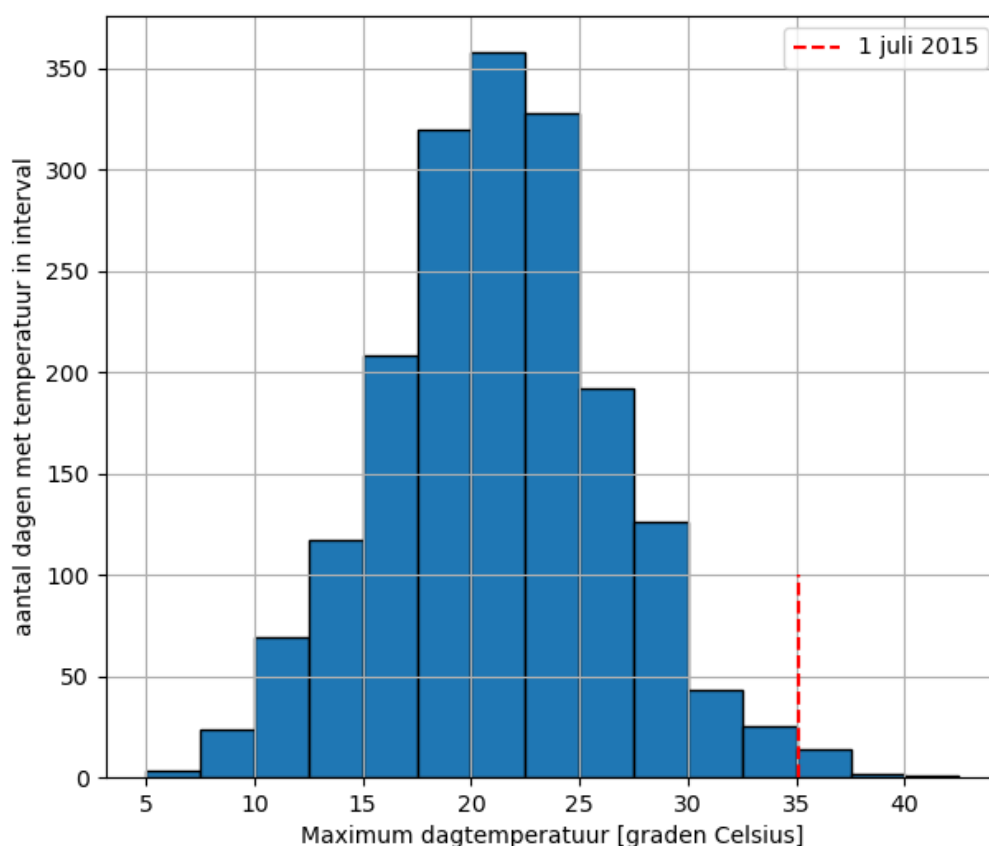
Gevoelstemperatuur (°C)	Ervaring	Fysiologisch stressniveau
18-23	comfortabel	geen stress

¹ Urban Climate Assessment and Management - eindrapport (klimaatadaptatienederland.nl)

Gevoelstemperatuur (°C)	Ervaring	Fysiologisch stressniveau
23-29	beetje warm	lichte hittestress
29-35	warm	matige hittestress
35-41	heet	grote hittestress
>41	zeer heet	extreme hittestress

De methode voor het berekenen van de gevoelstemperatuur is gestandaardiseerd voor heel Nederland en gaat uit van 1 juli 2015. Dit is een hete zomerdag die 1 op de 1.000 zomerdagen (in de maanden april tot en met september) voorkomt, zie afbeelding 2.2. De rode stippellijn geeft de maximum temperatuur op 1 juli 2015 aan. Het gaat dus om een extreme situatie.

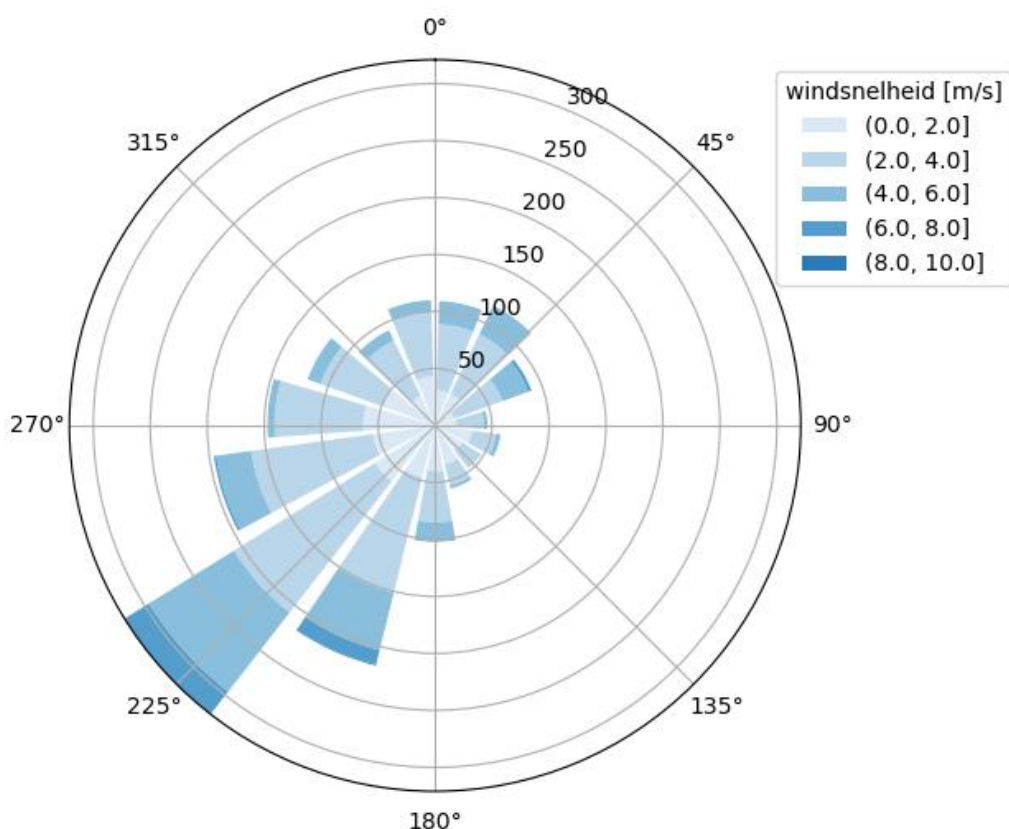
Afbeelding 2.2 Histogram van maximum dagtemperatuur voor zomers (april t/m september) in 2010 tot en met 2019 gemeten op KNMI station Eindhoven



De windrichting op deze dag was oost tot zuidoost. Hoewel deze windrichting in Nederland relatief weinig voorkomt (zie afbeelding 2.3), gaan hittedagen vaak gepaard met oostenwind¹. De windrichting in de PET-methode staat daarom standaard op oostenwind (90°).

¹ Validatierapport Landelijke Hitteskaat (klimaat-effectatlas.nl)

Afbeelding 2.3 Windroos Eindhoven (KNMI meetstation) gemiddelde windrichting en -snelheid per dag voor zomers (april tot en met september) in 2010 tot en met 2019



De technische toelichting¹ geeft meer achtergrond over de methode en gebruikte data.

2.2 Stedelijk hitte-eiland en hittestress door warme nachten (UCAM)

Urban Climate Assessment and Management (UCAM), berekent het etmaalgemiddelde stedelijk hitte-eiland effect. Het stedelijk hitte-eiland wordt veroorzaakt door de hoge mate van bebouwing en verharding in steden. De bebouwing en verharding houden warmte vast, wat in de avond en nacht een hogere luchttemperatuur veroorzaakt in de stad. De etmaalgemiddelde luchttemperatuur op wijkniveau is een indicator voor de gezondheidsrisico's die worden veroorzaakt door langdurige blootstelling aan hitte. Het stedelijk hitte-eiland geeft het verschil in luchttemperatuur aan ten opzichte van landelijk gebied, zie tabel 2.2. Deze indicator is relevant voor de hittestress door warme nachten bij de bewoners in en direct naast het projectgebied.

Tabel 2.2 Overzicht hitte gerelateerde gezondheidsrisico's door stedelijk hitte-eiland (UHI)

Categorie	UHI °C	Omschrijving / duiding	
0.	0 - 0,89	comfortabel	geen invloed, geen gezondheidsrisico's van de gebouwde omgeving
I.	0,89 - 1,89	acceptabel	beperkt gezondheidsrisico door bebouwingsinvloed
II.	1,89 - 2,83	risicovol	extra gezondheidsrisico door bebouwingsinvloed voor gevoelige doelgroepen

¹ Technische toelichting landelijke hittekaart gevoelstemperatuur (klimaat-effectatlas.nl)

Categorie	UHI °C	Omschrijving / duiding	
III.	> 2,83	onacceptabel	extra gezondheidsrisico door bebouwingsinvloed voor iedereen

Het UCAM-model berekent het etmaalgemiddelde stedelijk hitte-eiland tijdens een hittegolf (luchttemperatuur) in graden Celsius op basis van de volgende variabelen:

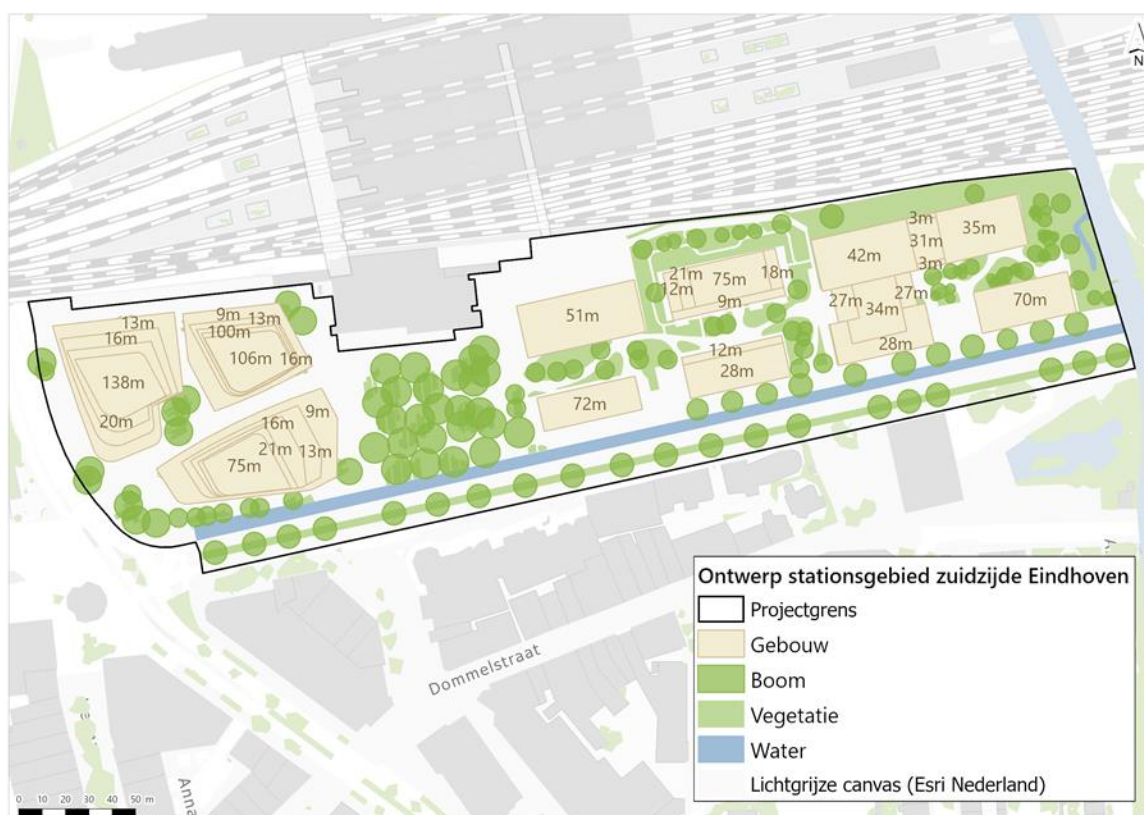
- wijktype (bebouwingsdichtheid en -hoogte);
- vegetatie;
- verharding;
- wateroppervlak;
- albedowaarde van materialen (weerkaatsingsvermogen van daken, muren en bestrating).

Het UCAM-eindrapport¹ geeft meer achtergrond over de methode en gebruikte data.

3 UITGANGSPUNTEN

In de hitte-analyse zijn het ontwerp en de huidige situatie vergeleken. Voor het ontwerp is uitgegaan van de tekening, zoals weergegeven op afbeelding 3.1. In het projectgebied worden kantoren en woontorens gebouwd en de openbare ruimte van het Stationsplein en tussen de nieuwe gebouwen wordt heringericht. Er komt meer groen en bomen in de openbare ruimte en een watergang langs het gebied. Ook wordt de Stationsweg heringericht, langs de weg wordt een rij bomen geplaatst. Voor de huidige situatie is uitgegaan van open data. De uitgangspunten voor beide methodes zijn hieronder verder toegelicht.

Afbeelding 3.1 Ontwerp herinrichting stationsgebied zuidzijde



¹ Urban Climate Assessment and Management - eindrapport (klimaatadaptatienederland.nl)

3.1 Uitgangspunten PET-input

Voor de berekening van de gevoelstemperatuur in de huidige situatie is de data gebruikt zoals beschreven in de technische toelichting¹. Voor het berekenen van het ontwerp is de data binnen de projectgrens vervangen door het ontwerp in afbeelding 3.1. De hoogtes van de 3 gebouwen aan de oostzijde (District E) zijn in het ontwerp 138 m, 106 m en 75 m hoog. In het bestemmingsplan is ruimte voor een bouwhoogte van 170 m, 120 m en 90 m. Beide varianten zijn doorgerekend. In de data zijn de perronoverkapping van Eindhoven Centraal Station en Piazza Center Eindhoven niet weergegeven, maar deze geven wel beschutting, waardoor de gevoelstemperatuur lager is dan in de buitenruimte. Daarom zijn de locaties onder de overkappingen in deze analyse beschouwd als binnenruimte.

Er zijn 2 aanpassingen in de methode gedaan, om de resultaten van het ontwerp en de huidige situatie beter te kunnen vergelijken:

- in de technische toelichting staat beschreven dat de weerdata voor Nederland wordt geïnterpoleerd voor de input van het model. Omdat de analyse alleen gericht is op Eindhoven, is voor zowel de huidige situatie als ontwerp gebruik gemaakt van de weerdata van het dichtstbijzijnde KNMI station: 370 in Eindhoven (zie bijlage I);
- omdat de sky view-factor (de verhouding tussen gebouwhoogte en straatbreedte) voor het ontwerp is berekend, wordt ook voor de huidige situatie een berekening van sky view-factor gebruikt in plaats van de beschikbare kaart van het KNMI te gebruiken.

¹ [Technische toelichting landelijke hittekaart gevoelstemperatuur \(klimaat-effectatlas.nl\)](#)

3.2 Uitgangspunten UCAM-input

Voor het berekenen van het stedelijk hitte-eiland van het ontwerp is de informatie uit afbeelding 3.1 gebruikt. Voor de berekening van het stedelijk hitte-eiland in de huidige situatie is de informatie uit afbeelding 3.2 gebruikt, deze is gebaseerd op de volgende data:

- Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) 3D voor de contouren en hoogtes van gebouwen;
- Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) voor de contouren van vegetatie en water;
- PDOK luchtfoto voor de contouren van vegetatie en bomen die niet in de BGT staan. Vegetatie is berekend met de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), waarbij vegetatie een waarde heeft van $> 0,16$.

Afbeelding 3.2 Huidige situatie stationsgebied zuidzijde



Daarnaast neemt UCAM de albedowaarde van materialen (weerkaatsingsvermogen van daken, muren en bestrating) mee in de berekening. Voor de bestrating is uitgegaan van grijze betonsteen en voor de gevels en daken is uitgegaan van tabel 3.1.

Tabel 3.1 Materiaalgebruik gebouwen stationsgebied zuidzijde

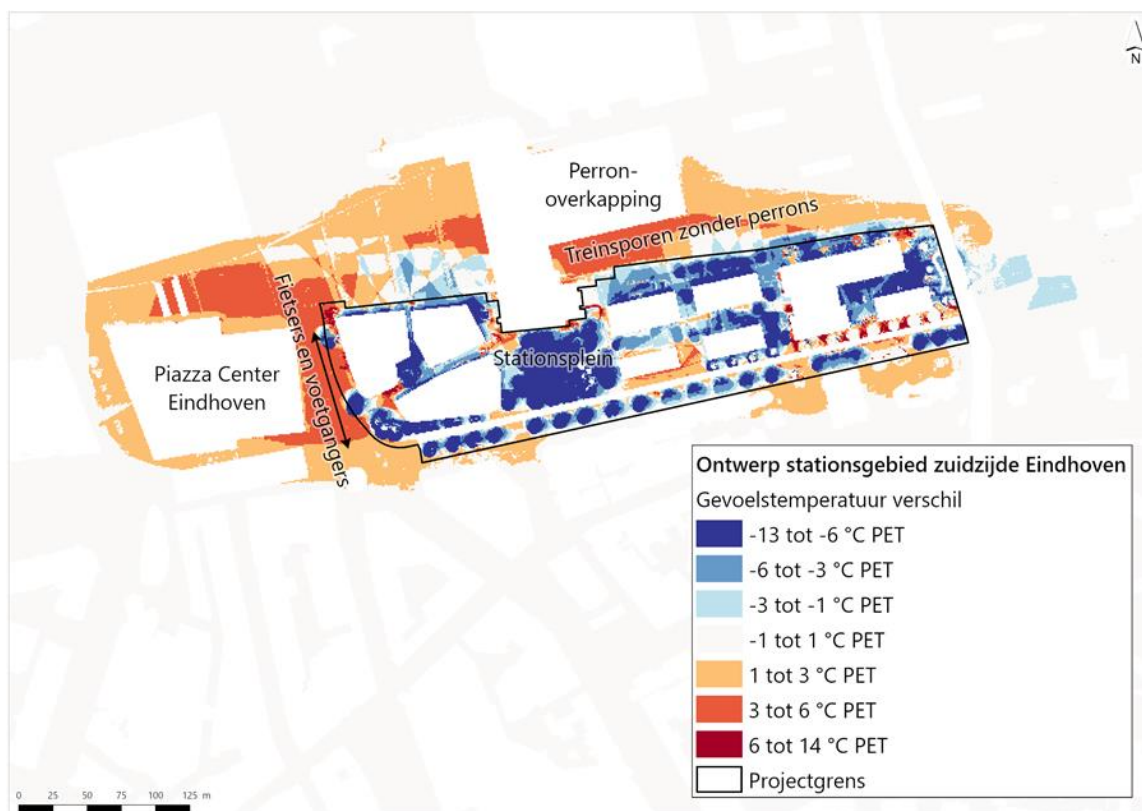
Gebouw	Gevel	Dak
District E	lage delen: grotendeels glas gecombineerd met lichtrode natuursteen hoge delen: glas en voor een klein deel aluminium	lage delen: grijze tegels en groen hoge delen: donkergrijs
Lichthoven A	rood	graskruidenmengsel en kleine heesters
Lichthoven TSH	gele en bruine baksteen	donkergrijs

Gebouw	Gevel	Dak
Lichthoven C	beton travertin	donkergrijs
Lichtoven D	lichtrode baksteen	kleinschalige beplanting
EDGE kantoorgebouw	50 % donkergrijs beton en 50 % glas	hoge daken: sedum met PV lage daken 75 % vegetatie en 25 % grijze betontegels
EDGE woontoren	50 % aluminium en 50 % glas	sedum met PV

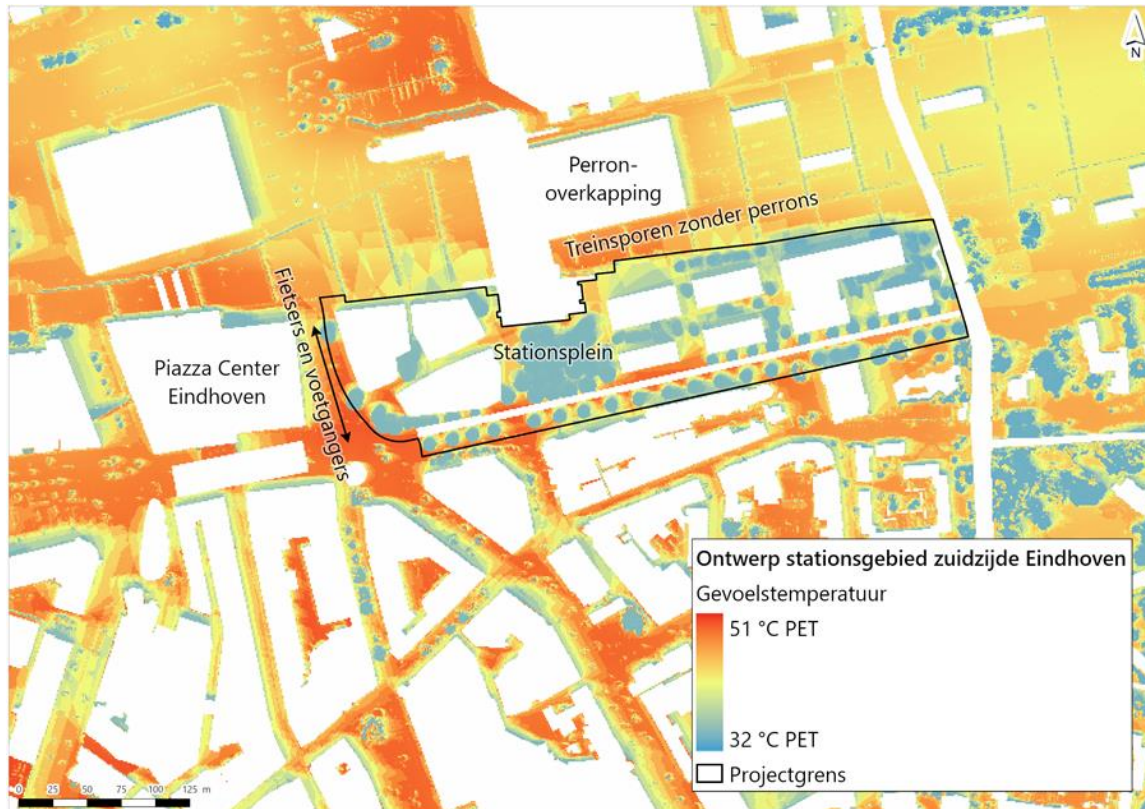
4 RESULTATEN

Uit de analyse blijkt dat de herontwikkeling van het stationsgebied zowel voor opwarming als verkoeling zorgt. Afbeelding 4.1 geeft het verschil in gevoelstemperatuur op een hete zomerdag ruimtelijk weer tussen het ontwerp (afbeelding 4.2) en de huidige situatie (afbeelding 4.3). In onderstaande tekst worden de lokale verschillen toegelicht.

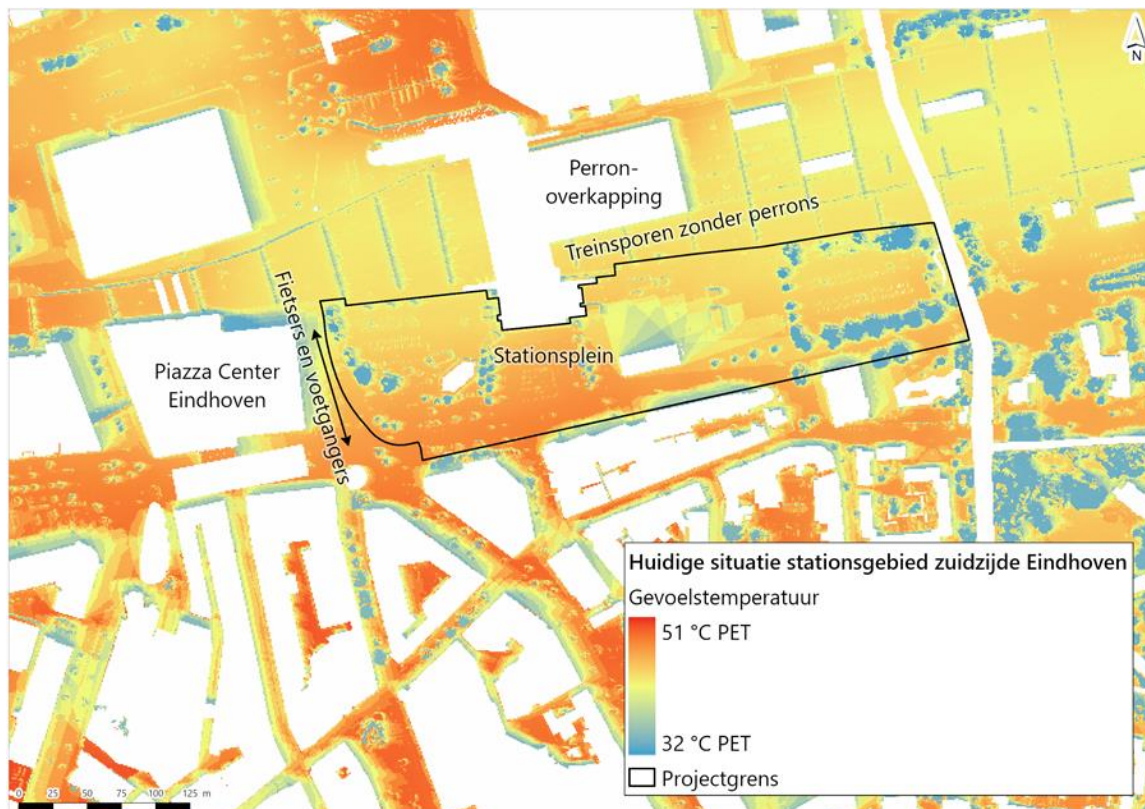
Afbeelding 4.1 Verskil gevoelstemperatuur ontwerp ten opzichte van huidige situatie



Afbeelding 4.2 Hittekaart gevoelstemperatuur ontwerp stationsgebied zuidzijde



Afbeelding 4.3 Hittekaart gevoelstemperatuur huidige situatie stationsgebied zuidzijde



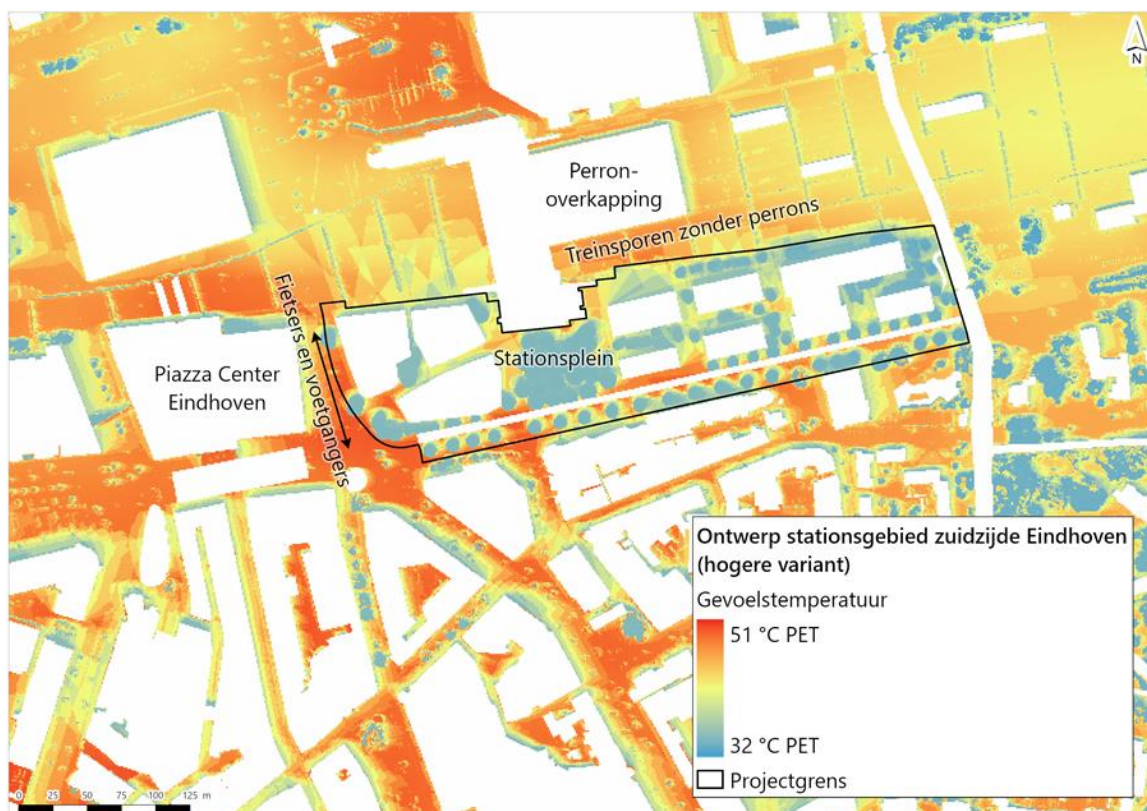
In het projectgebied leidt de herontwikkeling over het algemeen tot een forse verlaging van de gevoelstemperatuur, zie afbeelding 4.1. Door de toevoeging van vegetatie, bomen, water en schaduw in het gebied worden meer aangename verblijfsplekken in de openbare ruimte gecreëerd. De gevoelstemperatuur daalt op een aantal locaties, waaronder het Stationsplein, de Stationsweg en de openbare ruimte tussen de nieuwe gebouwen met 6 tot 13 °C. Dit zijn locaties waar eerst een hoge gevoelstemperatuur door veel verharding en weinig schaduw was, zie afbeelding 4.3.

In de directe omgeving van het projectgebied stijgt de gevoelstemperatuur, zie afbeelding 4.1. Er zijn 2 locaties waar de gevoelstemperatuur tot wel 6 °C stijgt. Namelijk het spoor en de perrons van Eindhoven Centraal Station en het gebied rond Piazza Center Eindhoven. Deze opwarming heeft vooral te maken met windreductie door de nieuwe hoogbouw. De windrichting op de gemodelleerde hete zomerdagen is oostelijk, daarom heeft de bebouwing in het projectgebied dit effect op de genoemde gebieden. Verder stijgt de gevoelstemperatuur licht (tot 3 °C) op het 18 Septemberplein.

Het belangrijkste aandachtspunt is de verhoging van gevoelstemperatuur overdag van het winkelgebied rond Piazza Center Eindhoven. Dit vergroot het risico op hittestress, omdat voetgangers daar gebruik van maken om naar het winkelgebied te lopen. Ook stijgt de gevoelstemperatuur op sporen en perrons van Eindhoven Centraal Station. Dit heeft beperkt effect op hittestress, omdat er een perronoverkapping is waar mensen in de schaduw kunnen wachten op de trein.

Voor de 3 gebouwen aan de oostzijde (District E) zijn 2 verschillende bouwhoogtes doorgerekend. Het effect van de bouwhoogtes is nauwelijks te zien in de resultaten, het grootste verschil is de langere slagschaduw die de gebouwen geven, zie afbeelding 4.4.

Afbeelding 4.4 Hittekaart gevoelstemperatuur voor variant met hogere gebouwen District E



4.1 Invloed van vegetatie en materiaalgebruik op stedelijk hitte-eiland

Het effect van de herontwikkeling op het stedelijk hitte-eiland en warme nachten is klein, zie tabel 4.1. Het berekende verschil in etmaalgemiddelde stedelijk hitte-eiland is een daling van 0,2 °C. Het effect blijft binnen dezelfde categorie voor hittegerelateerde gezondheidsrisico's. Het aantal warme nachten neemt toe met 1 nacht per jaar.

Tabel 4.1 Resultaten UCAM herinrichting stationsgebied zuidzijde

	Etmaalgemiddelde stedelijk hitte-eiland (ten opzichte van ruraal)	Warme nachten per jaar (gemiddelde nachttemperatuur >20 °C)	Categorie voor hitte gerelateerde gezondheidsrisico's
Huidige situatie	2,3 °C	16	II. risicovol: extra risico door bebouwingsinvloed voor gevoelige doelgroepen
Ontwerp	2,1 °C	17	II. risicovol: extra risico door bebouwingsinvloed voor gevoelige doelgroepen
Ruraal	-	2	-

De 2 belangrijkste variabelen voor het veranderen van het stedelijk hitte-eiland zijn de bebouwing en de vegetatie. Aan de ene kant versterkt de toename van hoge bebouwing de luchttemperatuur in de nacht, doordat warmte meer wordt vastgehouden. Aan de andere kant zorgt de toename van vegetatie van 14 % naar 33 % voor een verlaging van de luchttemperatuur. Het materiaalgebruik heeft een klein effect op de temperatuur vergeleken met de verdichting en vegetatie.

5 CONCLUSIE

De herinrichting van het stationsgebied zuidzijde heeft kleine invloed op hittestress in het projectgebied en de directe omgeving. Het ontwerp heeft zowel positieve als negatieve effecten.

5.1 Gevoelstemperatuur daalt in het stationsgebied en stijgt in de directe omgeving

In het projectgebied zelf veroorzaakt de herinrichting over het algemeen een afname van hittestress. De gevoelstemperatuur daalt op het Stationsplein, de Stationsweg en in de openbare ruimte tussen de nieuwe gebouwen met 6 tot 13 °C. Dit is een verbetering ten opzichte van de huidige situatie, omdat hier overdag veel mensen verblijven. In de directe omgeving van het projectgebied stijgt de gevoelstemperatuur over het algemeen tot 3 °C. Bij het spoor en de perrons van Eindhoven Centraal Station en het gebied rond Piazza Center Eindhoven stijgt de gevoelstemperatuur tot 6 °C. Het gebied rond Piazza Center Eindhoven is een aandachtspunt, vanwege het grote aantal mensen dat hier overdag verblijft. De oorzaak van de stijging is de windreductie. Doordat de wind in het model oostelijk is, heeft dit effect op het gebied ten westen van het projectgebied.

5.2 Kleine verandering etmaalgemiddelde stedelijk hitte-eiland en warme nachten

De herinrichting van het stationsgebied zuidzijde heeft beperkt effect op hittegerelateerde gezondheidsrisico's door langdurige blootstelling aan hitte. Het aantal warme nachten per jaar neemt met 1 toe en de etmaalgemiddelde temperatuur daalt met 0,2°C.

5.3 Bebouwing en vegetatie belangrijkste factoren

Naast de toename van bebouwing is er in het gebied ook een toename van vegetatie, schaduw en water ten opzichte van de huidige situatie. Hierdoor worden positieve en negatieve effecten grotendeels afgevlakt.



BIJLAGE: INPUT WEERDATA PET-MODEL

Tabel I.1 KNMI weerdata van station 370 Eindhoven voor referentiedag 1 juli 2015

Datum YYYYMMDD	Tijd (uur)	Wind- richting (graden)	Uur- gemiddelde wind- snelheid (0.1 m/s)	Wind- snelheid laatste 10 minuten (0.1 m/s)	Tempera- tuur (0.1 graden Celsius)	Globale straling (J/cm ²)	Relatieve lucht- vochtigheid (%)
20150701	1	90	30	30	204	0	55
20150701	2	90	20	30	194	0	59
20150701	3	90	20	20	191	0	62
20150701	4	100	20	10	183	2	66
20150701	5	120	20	20	202	29	60
20150701	6	120	30	40	220	77	54
20150701	7	110	30	30	247	133	48
20150701	8	110	30	30	265	190	44
20150701	9	90	40	40	280	233	40
20150701	10	90	40	40	300	264	36
20150701	11	110	40	50	317	306	31
20150701	12	130	50	60	324	317	33
20150701	13	120	50	50	337	306	32
20150701	14	140	40	40	343	289	30
20150701	15	130	40	30	348	250	30
20150701	16	120	40	40	347	201	30
20150701	17	100	40	40	343	148	31
20150701	18	110	50	50	337	94	32
20150701	19	120	40	40	325	44	34
20150701	20	110	30	30	305	9	40
20150701	21	110	30	30	292	0	40
20150701	22	120	30	30	279	0	43
20150701	23	130	30	30	270	0	46
20150701	24	130	40	30	259	0	49
20150702	1	130	30	30	248	0	53
20150702	2	130	30	30	244	0	53
20150702	3	120	20	20	236	0	56
20150702	4	140	20	30	227	3	61
20150702	5	130	20	30	237	26	59
20150702	6	140	40	30	260	67	54
20150702	7	160	40	30	283	119	48