



12-6-2025

Het stedelijk hitte-eiland en hoogbouw: Een onderzoek naar aandrijvers, oplossingen en de ruimtelijke context.

Eindverslag



abdirahman Ismail (1030216)

GEMEENTE ROTTERDAM

HOGESCHOOL ROTTERDAM

Het stedelijk hitte-eiland en hoogbouw: Een onderzoek naar aandrijvers, oplossingen en de ruimtelijke context.

OPDRACHTGEVER

Gemeente Rotterdam
Wilhelminakade 179
3072 AP Rotterdam

AUTEUR

Abdirahman Ismail
Telefoonnummer: +31686255516
Studentnummer: 1030216
Emailadres: 1030216@hr.nl

OPLEIDING

Watermanagement
Instituut voor de Gebouwde Omgeving (IGO)
Hogeschool Rotterdam

BEDRIJFSBEGELEIDER

E.J.C Schoor (Eduard)
Emailadres: ejc.schoor@rotterdam.nl

DOCENTBEGELEIDERS

T.H Heikoop (Rick)
Emailadres: t.h.heikoop@hr.nl

2^e LEZER

E. Arends (Emiel)
Emailadres: e.arends@rotterdam.nl

DATUM

12-6-2025

VERSIE

Definitief



Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport voor een onderzoek over de relatie tussen hoogbouw en het stedelijk hitte-eiland, een onderwerp dat van groot belang is in het kader van klimaatverandering en gezondheid. Het Plan van Aanpak beschrijft een literatuurstudie binnen de factoren en maatregelen van hoogbouw op het stedelijk hitte-eiland. Ten slotte wordt dit onderzoek afgesloten door het toepassen van de bevonden kennis op een casestudy in the Kop van Zuid.

Ik wil graag de Gemeente Rotterdam en mijn begeleiders Eduard Schoor en Rick Heikoop bedanken voor hun ondersteuning. Daarnaast wil ik Tara van Iersel bedanken voor de begeleiding in de eindfase van het onderzoek. Verder wil ik Daniela Maiullari en Arjan Droste bedanken voor de input die zij leverden in de interviews. Ten slotte wil ik Emiel Arends en Simone Taks bedanken voor hun inzichten tijdens de beleidsanalyses.

Mijn naam is Abdirahman Ismail, student aan de opleiding Watermanagement aan de Hogeschool Rotterdam. Ik heb gedurende mijn studie een passie ontwikkeld voor water met een specifieke interesse in hitte, wateroverlast en droogte.

Hitte is een breed probleem wat zich steeds vaker afspeelt in de wereld. Met name de stedelijke gebieden ondervinden veel last aan de stijgende temperatuur. Dit is tot stand gekomen door klimaatverandering in combinatie met de groeiende verstedelijking. Hierdoor is er dringend behoefte om dit probleem zoveel mogelijk te mitigeren. Dit onderzoek focust zich op een specifiek aspect binnen verstedelijking. Namelijk, de relatie tussen hoogbouw en het stedelijk hitte-eiland effect.

Mijn onderzoek voer ik uit bij de Gemeente Rotterdam. Door een uitgebreid literatuuronderzoek, interviews en een casestudie ga ik de belangrijkste factoren en maatregelen tussen hitte en hoogbouw inventariseren. De resultaten van mijn onderzoek zullen worden gebruikt als startsignaal voor verdere onderzoeken binnen dit onderwerp. Het doel is om de verkregen kennis zoals de factoren van hoogbouw die hitte versterken en de maatregelen die dit kunnen verminderen te gebruiken voor de casestudy: Kop van Zuid.

In dit onderzoek is er gebruik gemaakt van AI voor het transcriberen van interviews en als hulpmiddel voor het verkrijgen van toegang tot data van het KNMI. Daarnaast is er AI gebruikt als hulpmiddel voor het uitvoeren van eenvoudige berekeningen zoals: de UCR en oriëntatie berekeningen.

Ik wil mijn dank uitspreken aan de Gemeente Rotterdam voor de mogelijkheid om dit onderzoek uit te voeren en aan mijn begeleiders voor hun voortdurende ondersteuning en begeleiding. Ik hoop dat mijn onderzoek een waardevolle bijdrage levert aan de kennisontwikkeling en praktijkoplossingen binnen het veld van hitte, hopelijk een stap dichterbij de oplossing.

Veel leesplezier



Samenvatting

In dit onderzoek is de relatie tussen hoogbouw en het stedelijk hitte-eiland effect onderzocht. Dit is gedaan aan de hand een literatuuronderzoek naar de stedelijke morfologie, wind, materiaalgebruik en oriëntatie. Er is onderzocht hoe hoogbouw effect heeft op deze factoren en wat dit betekent voor de vorming van het UHI. Er is gebleken dat hoogbouw door haar hoogte voornamelijk effect heeft op de dichtheid in de stad. De dichtheid een belangrijke parameter die effect heeft op het heat-trapping fenomeen. De thermische massa in de stad stoot warmte uit in de nacht die op zij beurt niet snel de atmosfeer in kan door de dichtheid. Hierdoor stijgt het UHI. Wind is een factor die bewezen is als verkoelend element in de stad. Hoogbouw kan wind blokkeren d.m.v. het Manhattan-effect. Hierdoor neemt de snelheid van de wind af waardoor warmte niet snel de straat uit kan. Vervolgens is er in Londen en New York onderzocht naar de huidige situatie omtrent beleid voor hoogbouw en hitte. Er is gebruik gemaakt van 3 categorieën van maatregelen: gebouwniveau, buitenruimte en stedelijke morfologie. Uit de beleidsanalyse bleek dat Londen en New York voornamelijk maatregelen in de buitenruimte en op gebouwniveau toepassen. Dit zijn maatregelen zoals groene daken, bomen aanplanten, reflectieve gevels etc. Er is vervolgens aan twee experts bij de TU delft gevraagd welke categorie voor hoogbouw het effectiefst is. Uit de interviews bleek dat maatregelen vanuit de stedelijke morfologie een groter effect hebben bij het mitigeren van de effecten van hoogbouw op het UHI. Ten slotte is er een hoogbouwanalyse uitgevoerd voor de Cooltower en de New Orleans. Deze hoogbouwwerken en hun omgeving zijn beoordeeld op 3 categorieën die zijn voortgevloeid uit de literatuurstudie. Deze zijn: stedelijke morfologie, bouwmaterialen en wind. Uit de analyses bleek dat de stedelijke morfologie bij beide gebouwen erg compact was waardoor het UHI hoog was. Daarnaast werden in beide situaties thermisch ongunstige materialen gebruikt zoals bakstenen, beton en glas. Tot slot was er wel een verschil in het windklimaat. De Cooltower kende weinig stedelijke ventilatie door de compacte structuur. En haaks staande oriëntatie t.o.v. de wind. De New Orleans daarentegen had een gunstige oriëntatie en had ondanks de compactheid een beter windklimaat dan de Cooltower. Er werden daarnaast ook interviews afgenomen met beleidsmedewerkers bij de Gemeente Rotterdam. Uit de interviews kwam naar voren dat er beleid omtrent het UHI en hoogbouw ontbrak. Dit kwam doordat de effecten hoogbouw op het UHI niet bekend zijn. Daarnaast is dit belangrijk voor het implementeren van maatregelen of dit verschilt tussen hoogbouw en laagbouw. Vervolgens wordt er ook gepleit voor een verbreding van de NEN8100 norm om ook hitte mee te nemen. Ten slotte wordt er ook opgeroepen voor co-creatie van klimaatexperts, stedenbouwkundigen en projectontwikkelaars bij de aanleg van hoogbouw



INHOUD

1. Inleiding.....	7
1.1 aanleiding.....	7
1.2 Maatschappelijke context	8
1.2 probleemstelling.....	9
1.5 WAM competenties.....	10
2. Theoretisch kader.....	11
2.1 Stedelijk Hitte-eiland.....	11
2.2 Beleid omtrent hitte	14
2.2.1 Europees beleid	14
2.2.2 Landelijk beleid	15
2.2.3 Gemeentelijk beleid.....	16
2.3.3 Hoogbouwvisie	17
2.3.4 Pilot wind als kans.....	18
2.4 Kennishiaat	19
2.5 Doelstelling.....	19
2.6 Conceptueel model.....	20
3. Onderzoeksopzet	21
3.1 Hoofdvraag.....	21
3.2 Deelvragen & Methode	21
3.2.1 Deelvraag 1	21
3.2.2 Deelvraag 2.....	22
3.2.3 Deelvraag 3	25
3.3 Beantwoording hoofdvraag.....	28
3.5 Beroepsproduct	28
5. Resultaten	30
5.1 Deelvraag 1	30
5.2 Deelvraag 2	34
5.2.1 overzicht maatregelen per schaal.....	34
5.2.2 Analyse resultaten.....	35
5.2.3 Conclusie deelvraag 2	40
5.3 Deelvraag 3 – Hoogbouwanalyse Rotterdam & beleidsinterviews.....	41
5.3.1 Hoogbouwanalyse	41
5.3.2 Beleidsinterviews.....	46
deelconclusie deelvraag 3	49
6. Discussie.....	51
7. conclusie.....	52
8. Aanbevelingen	54



Bibliografie.....	56
-------------------	----



Begrippen -en Afkortingenlijst

UHI= Urban Heat Island

UCR= Urban Canyon Ratio

SVF= Sky view factor

JRC= Joint Research Center

PET= Physiological Equivalent Temperature (gevoelstemperatuur in de buitenruimte)

UBL= Urban Boundary Layer

UCL= Urban Canopy Layer

NAS= Nationaal Adaptatie Strategie

RIVM= Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu



I. INLEIDING

I.1 AANLEIDING

Het stedelijk hitte-eiland effect is een groeiend probleem in grote steden op aarde. Het hitte eiland effect is het temperatuurverschil tussen stedelijk gebied en het omliggende rurale gebied in de nacht (Berghe, 2014). Dit temperatuurverschil wordt gevormd door verschillende oorzaken. Zo bestaan rurale gebieden vooral uit grasvelden, weilanden en andere soorten onverharde grond. Stedelijke gebieden daarentegen zijn voornamelijk verhard door de vele wegen, gebouwen en straten. Deze verharde gebieden absorberen het zonlicht waardoor de stad erg opwarmt. - Het stedelijk hitte-eiland effect is het sterkst in de nacht. De rurale gebieden koelen snel af maar de stedelijke gebieden houden de warmte vast. Het warmer worden van de stad zorgt ook voor implicaties op verschillende gebieden. Zo stijgt het aantal doden door hitte, voornamelijk onder kwetsbare groepen zoals kinderen en bejaarden.

Het hitte-eilandeffect wordt versterkt door de groei van steden. Hoewel veel steden nog steeds uitbreiden wordt er ook binnen de stadsgrenzen gebouwd. Bij het "verdichten" binnen de stad worden er vaak door ruimte tekort hoogbouw ingezet. Het is bekend dat bebouwing leidt tot een hoger hitte-eiland effect. Echter is het voor hoogbouw onbekend wat de bijkomstige effecten zijn door hun hoogte en massa (He, et al., 2023). Rotterdam is van plan om in de komende decennia voornamelijk te verdichten doormiddel van woontorens. Volgens de hoogbouwvisie uit 2019 moeten er in de komende jaren 50000 nieuwe woningen bij komen. (Gemeente Rotterdam, 2022)

Om dit probleem zo min mogelijk te versterken door verstedelijking is het essentieel om de stad koel te houden. Dit wordt al gedaan op verschillende manieren zoals: de aanleg van koele plekken, vergroening van straten, en de aanleg van parken. Helaas is er een gapend kennisgat over hoe hoogbouw effect hebben op hitte-eiland effect. De Gemeente Rotterdam wil het effect van de hoogbouw op het stedelijk hitte-eiland in kaart brengen. De basis van het stedelijke hitte-eiland effect is dat het warmer is in de stad dan op het platteland. In de afgelopen decennia is het temperatuurverschil tussen urbaan en rurale gebied toegenomen door verstedelijking. Zo is Nederland koploper in de EU als het gaat om de aanleg van verharding in relatie tot het totale oppervlak. Dit komt namelijk op 1,74% in de afgelopen 20 jaar (David Evers, 2019). Nederland is dus aan het verharderen, waardoor het hitte-eiland effect zal toenemen. Dit heeft dus effect op de inwoners van de stad. Zo is gebleken uit onderzoek dat het sterftecijfer met ruim 12% kan toenemen tijdens een hittegolf. Dit komt neer op zo'n 40 doden per dag in Nederland (Maud M.T.E. Huynen, 2001). Dit cijfer zal alleen maar toenemen als gevolg van hitte. Hittestress heeft dus specifiek ook een effect op de lichamelijke gezondheid van kwetsbare groepen. Hittegolven zorgen namelijk voor een sneller kloppend hart wat continu bezig is om het lichaam te laten afkoelen d.m.v. het verwijden van aderen en zweten. Dit zet het cardiovasculair systeem onder druk wat extra negatieve gevolgen heeft voor kwetsbare groepen. Zo kan het leiden tot beroertes en uitputting (Kluck, et al., 2016). De Kwetsbare groepen zijn volgens (RIVM, sd):

1. Jonge kinderen en baby's
2. Chronisch zieke mensen
3. Zwangere vrouwen
4. Daklozen
5. Mensen met overgewicht
6. Sociaal geïsoleerde mensen

Verder is ook te zien aan het aantal ziekenhuisopnames op warme dagen dat hitte een rol speelt bij de gezondheid. Ten slotte is slecht slapen ook een symptoom van hittestress. Door warme nachten vallen mensen trager in slaap, worden ze vaker wakker in de nacht en is het lastig om weer in slaap te vallen. Dit kan leiden tot vermoeidheid en andere gezondheidsproblemen (Kluck, et al., 2016).



Hitte kan naast menselijke schade ook schade hebben op vitale onderdelen van de stad. Allereerst hebben ze kans om elektriciteitsnetwerken te schaden. Verder zorgen ze voor hogere energierekeningen door het gebruik van airconditioning. Daarnaast hebben hoge temperaturen effect op rails, bruggen en wegen omdat deze kunnen uitzetten of zelfs smelten. Dit levert de gemeente torenhoge onderhoudskosten, tevens is de levensduur van deze onderdelen is door de hitte dan ook drastisch lager (Buijs, 2013).

1.2 MAATSCHAPPELIJKE CONTEXT

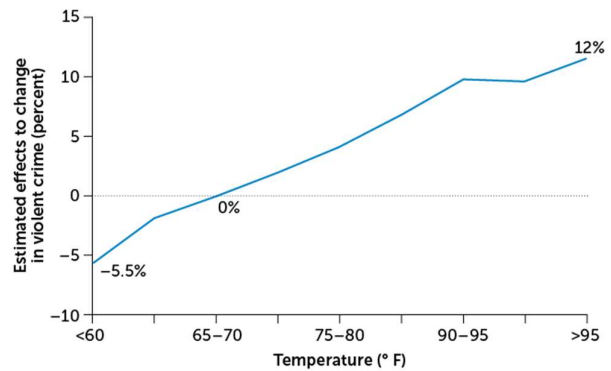
Het stedelijk hitte-eiland effect is zoals hierboven is beschreven een urgent probleem. Het speelt zich steeds vaker af in de stad en brengt de nodige implicaties met zich mee. Zo zorgt een toename van hittestress voor een hogere gevoelstemperatuur. In figuur 1 is te zien dat in de Gemeente Rotterdam er in vrijwel alle stadswijken een hogere gevoelstemperatuur optreedt. Een gevoelstemperatuur van 23 graden wordt al gezien als lichte hittestress, bij 35 graden wordt er al gesproken over sterke hittestress enzovoorts. Dit kan erge gevolgen hebben voor kinderen, senioren, zwangere vrouwen en niet-fitte mensen. (Rotterdams weerwoord, sd)



Figuur 1 PET-kaart gemeente Rotterdam (Rotterdams weerwoord, sd)

Naast gezondheidsimplicaties zorgt hittestress ook voor de uitval van vitale infrastructuur in de stad. In het bijzonder wordt er gekeken naar drinkwater, dat door hogere temperaturen een broedplaats kan worden voor ziektekiemen. Volgens de drinkwaterwet mag drinkwater maximaal 25 graden Celsius worden. Dit begint door de combinatie van aanleg van warmteleidingen en hittestress een steeds moeilijker wordende opgave te worden. Naast drinkwater heeft ook het oppervlaktewater last van de hitte. Net zoals drinkwater zorgen hoge temperaturen voor broedplaatsen van ziektekiemen in het oppervlakte water. Dit zijn ziekteverwerkers als: blauwalg, stank en botulisme. Dit heeft natuurlijk weer implicaties voor mensen maar ook voor de biodiversiteit in de stad. (Rotterdams weerwoord, sd)

Naast deze implicaties zorgt hitte ook voor een veranderende psychologische toestand bij mensen. Het zorgt voor hogere mate van agressie. Zo is uit een onderzoek gebleken dat hitte effect heeft op de productiviteit van mensen. Ten eerste zorgt hitte voor slechtere scores op school. Uit onderzoek bleek dat studenten die een toets maken op een dag van 32 graden 10% minder kans hebben om te slagen dan als ze hem op een dag van 24 graden maakten (Gupta, 2021). Ten tweede zorgt het voor een verlaagde arbeidsproductiviteit. De hitte zorgt voor meer fouten tijdens het werk. Ten derde zorgt hitte voor een hogere criminaliteit. In figuur 2 is te zien dat een hogere temperatuur leidt tot een stijging in gewelddadige misdaad. Kortom hitte heeft naast gezondheidsimplicaties ook mentale implicaties. (Gupta, 2021)



Figuur 2, Effecten van verhoogde temperatuur op geweldadige misdaad in Los Angeles (Gupta, 2021)

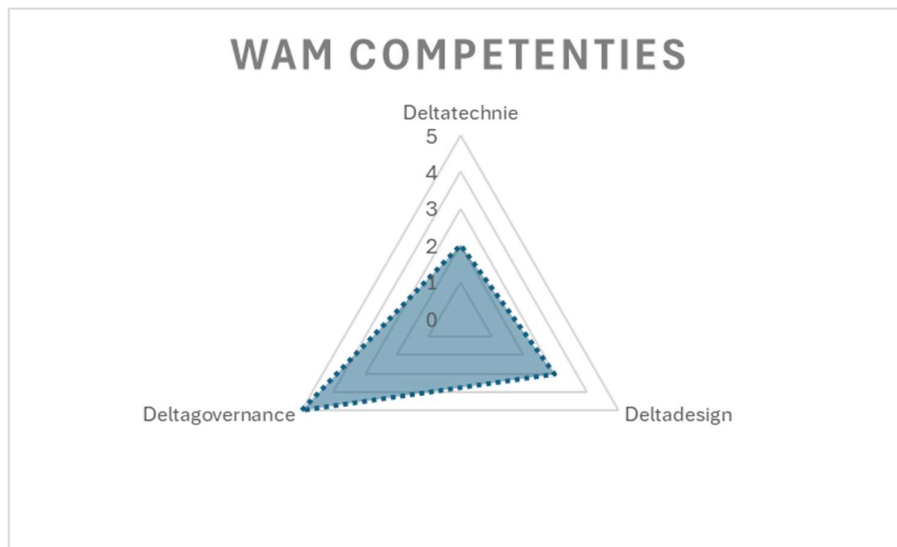
1.2 PROBLEEMSTELLING

Zoals eerder kort is vermeld is het groeiende stedelijke hitte-eiland effect een drastisch probleem. De voornaamste reden is dat door de concentratie aan bebouwing warmte langer blijft hangen in de stad in vergelijking met het platteland. In de stad hebben verschillende type bebouwing een ander effect op de temperatuur in de nacht. Dit varieert door materiaalgebruik, grootte en plaatsing in de stad. In de afgelopen decennia is Rotterdam bezig met de aanleg van hoge woontorens. Deze torens zijn uniek door hun hoogte, materiaalgebruik en effect op het klimaat in de stad. Echter is het onduidelijk hoe een hoogbouwwerk daadwerkelijk effect heeft op het UHI en in hoeverre dit effect verschilt met dat van laagbouw. Door de groeiende hoogbouw aanleg wordt dit dus een belangrijk onderdeel van de bestrijding tegen het stedelijk hitte-eiland effect. Het is essentieel om te weten welke onderdelen van hoogbouw juist een versterkend effect hebben op het stedelijk hitte-eiland effect.

I.5 WAM COMPETENTIES

De competenties van de opleiding watermanagement komen voor op de volgende manieren:

Competentie	Relevantie
Deltatechniek	In dit onderzoek komt er geen deltatetechniek voor. Er worden enkele kenmerkende aspecten van hoogbouw afgetoetst op hun effect op het UHI. Echter word dit gedaan d.m.v. een literatuuranalyse. Deze aspecten kunnen echter worden gebruikt voor vervolgonderzoek waarin er berekeningen worden gemaakt.
Deltadesign	In dit onderzoek komt deze competentie voor in de vorm van de gebiedsanalyse van 2 hoogbouwwerken. Er word gewerkt met het herkennen van factoren d.m.v. observaties, GIS-kaarten en eenvoudige berekeningen
Deltagovernance	In dit onderzoek komt deze competentie voor door een maatregelenanalyse die voornamelijk word uitgevoerd door het lezen van beleidsstudies. Daarnaast worden er interviews afgenomen met de Gemeente Rotterdam over huidige beleidsmatige toestanden omtrent hoogbouw en het UHI



2. THEORETISCH KADER

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het stedelijk hitte-eiland, de maatregelen ervoor en het beleid op Europees, landelijk en gemeentelijk niveau.

2.1 STEDELIJK HITTE-EILAND

In dit onderzoek wordt er gewerkt met het stedelijk hitte-eiland effect. Het UHI is een steeds groter wordend probleem. De definitie van het UHI is als volgt:

“Het fenomeen dat de temperatuur in een stedelijk gebied gemiddeld hoger is dan in het omliggende landelijk gebied.”

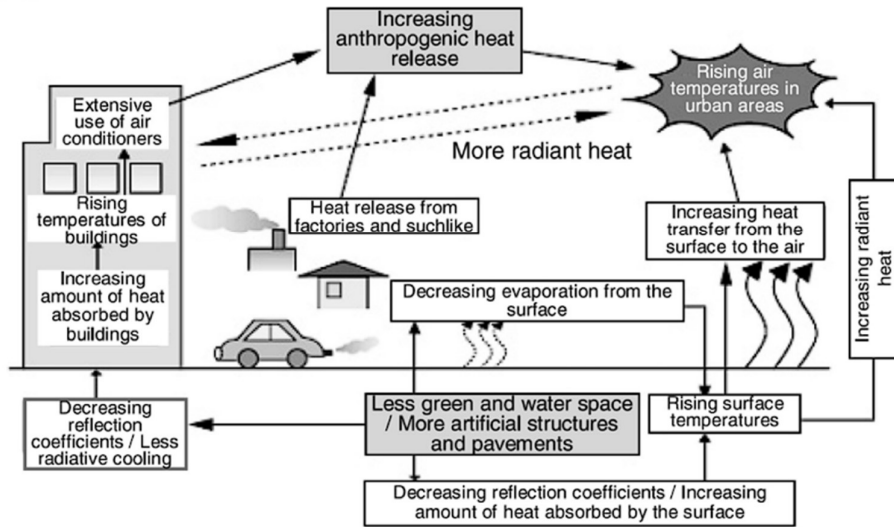
Het UHI is een probleem dat wordt versterkt en verzwakt door verschillende factoren. Volgens (Mohajerani, 2017) is de atmosferische en geografische staat van het gebied een cruciale factor hierbij. Het varieert namelijk per seizoen en ook qua locatie in de stad, daarnaast heeft de tijd van de dag ook te maken hiermee. Zo koelt de stad niet snel af door het asfalt en beton die de warmte absorberen. Het UHI wordt ook versterkt door de gebouwde staat van de stad. Hoewel er wel een kennisgat is wat het effect van de indeling van stedelijk gebied op het UHI is. Daarnaast is stedelijke wildgroei juist de voornaamste versterker van het UHI, hierdoor zijn er veel oplossingen bedacht op het gebied van verdichten binnen de stad. Hierbij wordt er dus gekeken naar hoogbouw en het opvullen van lege delen binnen de stad (Stone, Hess, & Frumkin, 2010). In tegenstelling tot, vind (Debbage & Shepherd) dat aaneengesloten stedelijke gebieden een versterkt effect heeft op het UHI. (Mohajerani, 2017)

Volgens (Mohajerani, 2017) kan de stedelijke atmosfeer in twee categorieën worden uitgedrukt. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen de urban canopy layer (UCL) en de urban boundary layer (UBL). Elk van deze lagen heeft effect op het uhi. De UCL strekt vanaf het maaiveld tot hoogte van de daken, en het UBL strekt vanaf de gemiddelde dak hoogte tot een paar kilometer de lucht in. Het UCL heeft te maken met de lokale hitte in de stad. Deze wordt voornamelijk bepaald door factoren zoals gebouwen, bestrating, materiaalgebruik en de stedelijke indeling. Het UBL daarentegen is afhankelijk van het UCL. Het UCL genereert hitte die wordt opstijgt en dan terecht komt in de luchtlaag boven de stad. De UBL stijgt in hoogte waardoor deze zich verspreid in de atmosfeer boven de stad. Uit het onderzoek van (Mohajerani, 2017) heeft onderzoek gedaan naar de schommelingen in temperatuur van de stoep door omgevingsomstandigheden. Hierin bleek dat de ligging van de stad een effect heeft op de luchtstroom in de stad. Dit kan juist het UHI versterken maar ook verzwakken. Volgens (Massaro, 2023) was namelijk wind de meest significante aandrijver van het UHI. Uit het onderzoek van (Mohajerani, 2017) is ook gebleken dat ononderbroken luchtstroom een verkoelend effect heeft op de stoep. Terwijl het ontbreken van wind er toe leidt dat hitte minder snel de straat uit kan.

Verder wordt het UHI versterkt door een aantal andere factoren. Ten eerste is het gebruik van materiaal met een hoge absorptiefactor een gebruikelijk iets geworden binnen de stad. Deze materialen zijn nemen langzaam veel warmte op en stoten dit in de nacht traag uit. Dit heeft een groots effect op het stedelijk hitte-eiland. Ten tweede is in de afgelopen jaren het energieverbruik drastisch toegenomen. Hiermee wordt bedoeld op het gebruik van verkoeling en verwarming. Door klimaatverandering zal het energie verbruik alleen maar toenemen. Het energieverbruik is een factor die ook bijdraagt aan het hitte-eiland effect (Mohajerani, 2017). In figuur 3 is te zien dat antropogenese hitte een belangrijk factor is in de stijging van het UHI. Daarnaast is ook te zien hoe factoren zoals materiaalgebruik ook een rol spelen in hogere temperaturen.



How the urban heat island effect occurs



Figuur 3, De werking van het stedelijk hitte-eiland effect, (Mohajerani, 2017)

Stedelijke morfologie

Een belangrijke factor binnen hitte is de indeling van een gebied. In de stad bestaat deze indeling voornamelijk uit gebouwen. Hierbij komen er verschillende elementen kijken zoals de hoogte van gebouwen, de dichtheid, breedte en oriëntatie van straten. Volgens (Ema, Emmanuel, & Fernando, 2007) zorgen een hoge bebouwingsdichtheid en nauwe straten voor een minder efficiënte uitstoot van hitte in de atmosfeer. Dit heeft te maken met het UCR (urban canyon ratio). Dit is de verhouding van gebouwhoogte t.o.v. de straatbreedte. Daarnaast heeft dit ook effect op de sky view factor. Dit is het percentage van de atmosfeer dat te zien is vanuit de straat (Eliasson, 1996). Deze parameters vormen de indeling van de stad en hebben daarom effect op het stedelijk hitte-eiland effect.

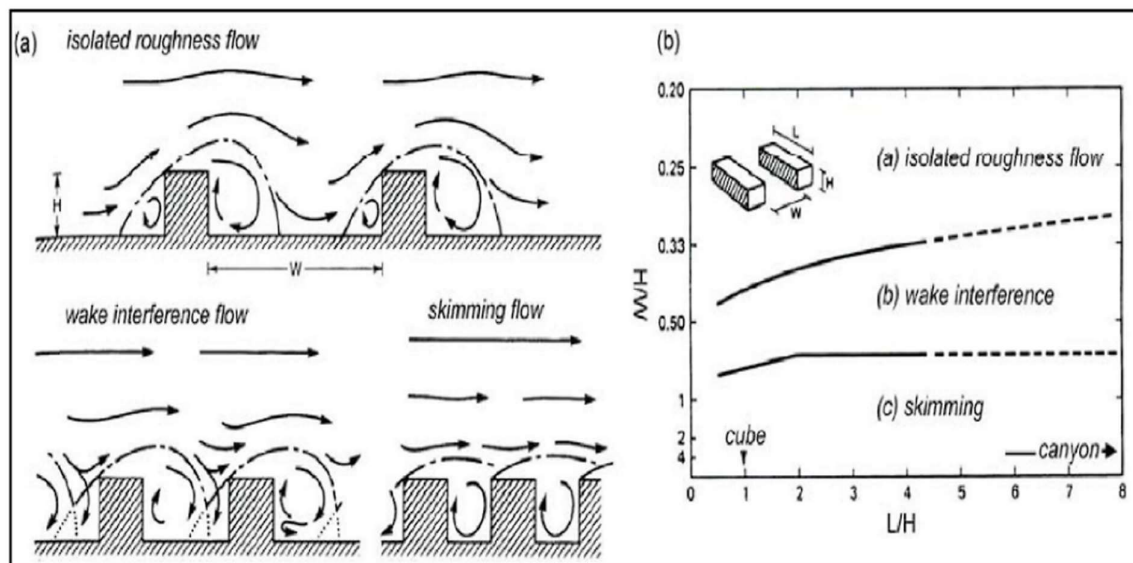
Materiaalgebruik

Een andere factor is de thermische massa in de stad. Deze is afhankelijk van de gebruikte materialen. De albedo is een belangrijke parameter hiervoor. Dit is de mate van reflectie die materiaalsoort heeft en is afhankelijk van de kleur (Synnefa, Santamouris, & Akbari, 2007). Een laag albedo zorgt voor een hogere absorptie van hitte. Daarnaast is de thermische massa een belangrijke parameter. Dit heeft te maken met de capaciteit van warmte die een materiaalsoort heeft (Santamouris, Synnefa, & Karlessi, 2011). Ten slotte speelt de emissiviteit een rol bij de uitstoot van warmte. Een lage emissiviteit leidt tot het langer vasthouden van warmte. (Stauce, Bart, Ottele, & Jonker, 2022)

Wind

Zoals genoemd in het onderzoek van (Kazmimierz, 1999) hebben dichtheden en windstromen een directe relatie met elkaar. Windstromen worden namelijk beïnvloed door de geometrie van gebouwen en straten. Hierbij kan er worden gedacht aan het UCR maar ook de verhouding tussen de straatlengte en straatbreedte. De effecten van luchtstromen in de stad zijn essentieel en ook veel. Zo heeft het effect op de gezondheid van de mens, de hitte in zowel de buitenruimte als in de gebouwen, en het energieverbruik van gebouwen. Om luchtstromen te reguleren is het belangrijk om de stedelijke inrichting hierop af te stemmen. Immers hebben gebouwen een duidelijke impact op de stroom van lucht door de stad. Zoals eerder benoemd wordt de luchtstroom in de stad onderverdeeld in 2 lagen: de UCL en de UBL. De wind stroomt in de UBL zijn voornamelijk ondoorbroken door dat deze laag zich boven de gebouwde omgeving bevindt. De UCL daarentegen verduurt veel meer onderbrekingen door de aanwezigheid van gebouwen. (Shishegar, 2013) Dit zorgt voor een vertraagde luchtstroom in de UCL. Zoals eerder besproken hebben de hoogte van gebouwen

en de breedte van straten effect op het UHI. Daarnaast geldt dit hetzelfde voor de lengte en breedte van de straat. Dit effect wordt veroorzaakt door de manier waarop lucht zich gedraagt in de street canyon. Dit kan gebeuren op de volgende 3 manieren die hieronder te zien zijn. (Shishegar, 2013)



Figuur 4 Luchtstromen bij verschillende UCR verhouding (Shishegar, 2013)

Er worden in figuur 4 hierboven 3 situaties beschreven. In elk van de situatie is de verhouding tussen gebouwhoogte en straatbreedte anders. In de eerste situatie is de verhouding tussen de gebouwhoogte en straatbreedte groot. In deze situatie wordt de wind in eerste instantie doorbroken door het gebouw maar is er geen interactie met wind vanuit de luwzijde. Hierdoor neemt de windsnelheid af maar niet zo drastisch als de andere situaties. In de tweede en derde situatie zijn de verhoudingen verkleind. Hierdoor ontstaat er een cirkelvormige vortex binnen de street canyon die zorgt voor een trage windsnelheid. (Shishegar, 2013)

De relatie tussen het UCR en wind zijn in overvloed onderzocht. Zo heeft (Al-Sallal & Al-Rais, 2012) onderzoek gedaan naar de windsnelheid in smalle straten. Uit dit onderzoek bleek dat door de smalle straten de windsnelheid toenam. Dit zorgde voor een groter bereik van de win naar andere smalle straten, daarnaast zorgde dit voor een verkoelend effect. Zoals eerder verteld zorgen diepe street canyons voor een trage windsnelheid, echter in het onderzoek van (Priyadarsini & Wong, 2006) is gebleken dat het strategisch plaatsen van hoogbouw in straten waarin de wind parallel loopt een positief verkoelend effect heeft. De windsnelheid nam toe met 90% en de temperatuur zakte met 1 graad. Daarnaast deden zij hetzelfde onderzoek waarin een perpendiculaire luchtstroom aanwezig was. Hier waren de resultaten nog positiever waarin bleek dat de windsnelheid hier was verdubbeld en de straat afkoelde met 1,1 graden. Uit dit onderzoek blijkt dus dat het beheren van de street canyons en de strategische plaatsing van hoogbouw als kans kan worden gezien om juist het UHI te verzwakken.

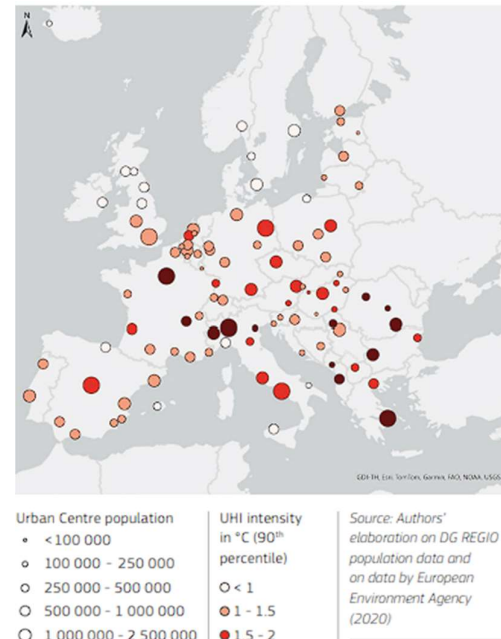
Verder heeft (Joahnsson, 2006) onderzoek gedaan naar de relatie van het UCR en luchtstromen. Hierbij werd er over een periode van 1,5 gemeten in zowel diepe als ondiepe street canyons. Binnen dit onderzoek kwam aan de relatie tussen het wind en street canyon geometrie aan het licht. In de diepe canyons was de windsnelheid (0,4 m/s) ruim een half in vergelijking met de windsnelheid in ondiepe canyons (0,8m/s).

2.2 BELEID OMTRENT HITTE

2.2.1 EUROPEES BELEID

Binnen de Europese Unie wordt er regelmatig onderzoek gefinancierd om het UHI tegen te gaan in steden (IPCC, 2023). Dit onderzoek wordt uit gevoerd door het Joint Research Centre (JRC). Dit is de wetenschappelijke tak van de Europese Commissie. Volgens het JRC heeft ruim 1.5 miljard mensen op aarde last van de toenemende temperaturen. In de afgelopen 40 jaar is er ruim 500 miljard euro uitgegeven aan de bestrijding hiervan, daarnaast zijn er tussen de 90000 en 150000 doden gevallen in heel Europa door weersomstandigheden. 85% van de doden kwam door extreme hitte. Ook zijn er tussen 1983 en 2016 in de zomers al in 10000 steden wereldwijd recordtemperaturen vastgesteld (Europese Unie, 2024).

Europese steden hebben veel verharde grond, met als gevolg dat steden de hotspots van hitte worden in een land. Dit zorgt voor mogelijkheden om beleid te richten op het verzachten van de hotspots. Zo is bijvoorbeeld te zien in figuur 5 dat de grootte van de stad en het aantal inwoners meestal een direct effect heeft op het stedelijk hitte-eiland effect. Daarnaast heeft elke stad unieke eigenschappen die ook effect kunnen hebben op het hitte-eiland effect. Zo is er een onderzoek gedaan naar grote steden wereldwijd waaronder Parijs, Londen en Moskou. Het is gebleken dat de industriële gebieden het meest bijdroegen aan het hitte-eiland effect. Daarnaast ook de ongereguleerde stedelijke gebieden, zoals sloppenwijken en illegale aanbouw hebben een verhoogd effect. Dit geeft dus aan dat het onderzoeken van hitte variaties in de stad essentieel is in de bestrijding van hitte (Mentashi, 2022).



Figuur 5, De intensiteit van het UHI in Europese steden, (Europese Unie, 2024)

Door (Europese Unie, 2024) te raadplegen, is het al mogelijk om enkele belangrijke bevindingen en strategische aanbevelingen te verzamelen die kunnen bijdragen aan een beter en meer geïnformeerd besluitvormingsproces, evenals een effectiever beleidsbeheer van extreme hitte in steden. De strategieën omvatten:

- Het benutten van bestaande gegevens en monitoring- en modelleringssystemen van de stedelijke thermische omgeving, mede mogelijk gemaakt door informatie uit satelliet-remote sensing. Dit kan betekenen dat het stedelijke bestuursteam moet worden geüpdatet, inclusief nieuw personeel met de juiste technische expertise (Massaro, 2023), (Europese Unie, 2024).
- Het richten op gebieden met een hoge blootstelling en kwetsbare wijken bij het plannen van specifieke interventies. Bijvoorbeeld, een gelijkmatige verdeling van groen vereist meer vegetatie om dezelfde vermindering in blootstelling te bereiken (Massaro, 2023), (Europese Unie, 2024).
- Het ontwerpen van klimaatadaptatieplannen die gevoelig zijn voor de ruimtelijke dimensie. De impact van adaptatiestrategieën, zoals waar stedelijk groen te implementeren, kan aanzienlijk variëren afhankelijk van de locatie en wordt beïnvloed door de stedelijke morfologie en bevolkingsverdeling. Ruimte is van belang en elke stad is uniek, ondanks het bestaan van gemeenschappelijke patronen (Europese Unie, 2024)
- Het waarborgen van een evenwichtige combinatie tussen gebouwen, groene ruimtes en bestrating, aangezien deze drie elementen de lokale temperaturen het meest beïnvloeden (Mentashi, 2022). Dit

omvat het zorgvuldig beheren van ruimtelijke ordeningskeuzes, die het lokale microklimaat kunnen beïnvloeden (Europese Unie, 2024)

- Het in kaart brengen van de brede beschikbaarheid van onderbenutte delen van stedelijke gebieden, zoals braakliggende terreinen, en het herintroduceren van geschikte hoeveelheden stedelijk groen waar de bodemgesteldheid dit toelaat. Deze delen van de stad kunnen worden ingezet als knooppunten voor groene en blauwe infrastructuur, in lijn met de EU-bodemstrategie voor 2030 en het Thematische Partnerschap over Groenere Steden binnen de Stedelijke Agenda voor de EU. (Europese Unie, 2024)
- Het combineren van meerdere strategieën, aangepast aan de lokale omstandigheden, op een holistische manier. Een voorbeeld hiervan is het overwegen van het gecombineerde koelingseffect van waterlichamen naast de bekende rol van groene infrastructuur. (Europese Unie, 2024)

2.2.2 LANDELIJK BELEID

In 2003 en 2006 waren er twee grote hittegolven in Nederland die respectievelijk voor 1400 en 1000 slachtoffers zorgden. Dit was een belangrijke aanleiding voor het opstellen van het Nationaal Hitteplan in 2007. Hierbij waren het Rode Kruis en RIVM belangrijke partijen die in opdracht van het ministerie van volksgezondheid, welzijn en sport het plan ontwikkelden. Daarnaast werd in 2007 er een waarschuwingssysteem opgezet voor hitte. In 2017 riep het Klimaatverbond Nederland op tot het opstellen van lokale hitteplannen voor gemeentes, de voornaamste reden hiervoor was de decentralisatie van de zorg. In 2019 werd een 'Handleiding Lokaal Hitteplan' uitgereikt om gemeentes te ondersteunen bij het opstellen van een lokaal hitteplan. Hite is verder vanwege de decentralisatie opgepakt door de gemeentes, GGD 's woningbouwcorporaties, adviesbureaus etc. (Samen Klimaatbestendig, 2025)

Vanuit het rijk werd op 2 juni 2025 de hitte aanpak gepresenteerd. Deze is als gevolg van de evaluatie van de Nationale Adaptatiestrategie (NAS) 2016 opgesteld. Volgens de NAS was vanuit het rijk weinig sturing op hitte en dat dat een van de drijvende factoren is achter de onvoldoende aanpak van hitte. Dit rapport heeft als doel de visie van het rijk op de hitteopgave te verhelderen (Rijksoverheid, 2025). Dit wordt uitgevoerd door:

1. De risico's van hitte te verduidelijken
2. Samenwerkingsdoelen opstellen tussen verschillende partijen
3. Inzetten op 4 themalijnen en verder bouwen hierop

Volgens het Rijk is samenwerking van instanties essentieel in het bestrijden van hitte. Hiervoor zijn in de hitte aanpak 3 principes opgesteld (Rijksoverheid, 2025):

1. Het stimuleren van onderzoeken in het kader van hitte. Het rijk wil hittedata centraliseren en bundelen op een digitale bereikbare locaties. Daarnaast wil het kennisgaten vinden en deze opvullen. (Rijksoverheid, 2025).
2. Hite als een integraal thema te behandelen. Dit kan bijvoorbeeld door bij wegwerkzaamheden enkele verkoelende maatregelen toe te passen. Of door bij de aanleg van woningen ventilatie mee te nemen of groene daken (Rijksoverheid, 2025).
3. Het waarborgen van goede communicatie is essentieel voor hitte. Hiervoor is er een hittekrachtschaal van 1 tot 10 ontwikkeld. De schaal is gericht aan bewoners maar ook gemeentes die uiteindelijk de communicatie zelf dienen te regelen. Zo kunnen lokale overheden bij extreme hitte de juiste crisismaatregelen treffen. (Rijksoverheid, 2025).

Het Rijk heeft op 4 themalijnen opgesteld gericht op initiatieven binnen de desbetreffende themalijn. Dit zorgt voor een duidelijk overzicht van wie waar mee bezig is. Dit zijn de 4 themalijnen:

1. Gebied: Lokaal inzicht op hitte is van belang voor de aanpak ervan. In 2025 zullen er stresstesten plaatsvinden door gemeentes. De stresstesten zorgen voor het identificeren van knelpunten. Deze



knelpunten worden dan besproken met verschillende partijen en uitgewerkt tot een uitvoeringsagenda. Het Rijk wil zich de komende tijd richten op kennisontwikkeling van de verschillende maatregelen tegen hitte. Dit zorgt voor effectievere keuze in maatregelen. Daarnaast wil het Rijk dat hitte meer wordt meegenomen in projecten. Zo roept het op tot financiering tegen hittebestrijding bij grote bouwprojecten. Verder wordt de energietransitie genoemd als mogelijkheid om straten die worden opengelegd voor het warmtenet meteen hittebestendig te maken. (Rijksoverheid, 2025).

2. **Gezondheid:** Het Rijk heeft sinds 2007 het Nationaal Hitteplan, dat is opgesteld door het RIVM. Het is een waarschuwingsnetwerk dat voornamelijk zorginstanties voorziet van informatie over hittegolven. Hitteplannen worden in de afgelopen jaren ook lokaal opgesteld door gemeentes. Dit gebeurde met behulp van de 'Handleiding Lokale Hitteplan'. Het Rijk wil in 2026 een vernieuwde handleiding presenteren om het aantal lokale hitteplannen te verdubbelen in 2028. Daarnaast wordt de schaal voor hittekracht in gebruik genomen en word deze in 2026 opgenomen in het Nationaal Hitteplan. Het Rijk wil op dit gebied aan de slag door ook integraal hitte aan bestaande programma's te koppelen. Dit zijn o.a. 'Een tegen eenzaamheid', Gezond en Actief Leven Akkoord. (Rijksoverheid, 2025).
3. **Gebouw:** Gebouwen kunne zowel positief als negatief zijn voor hitte. Hierdoor is het belangrijk dat gebouwen goed kunnen ventileren en isoleren. Er wordt veel onderzoek gedaan op dit gebied. Zo wordt er geëxperimenteerd met zonweringen, witte verf, ventilatie en schaduw. Het Rijk wil hier op doorbouwen door hier in gesprek over te gaan bij woningcorporaties. Dit komt door de grote aantal bewoners dat gebruik maakt hiervan. Daarnaast kunnen huurders vaak geen effectieve maatregelen treffen en zijn daardoor afhankelijk van de verhuurder. Het Rijk stuurt ook verder door ook aan te kaarten dat het gebruik van airco's ook een knelpunt is waardoor er naast de warmtetransitie ook een koudetransitie moet zijn. Ten slotte is het informeren van bewoners over maatregelen tegen hitte die zij kunnen toepassen essentieel. (Rijksoverheid, 2025).
4. **Calamiteiten:** Bij een hittecalamiteit is het van belang om voorbereid te zijn. Het belangrijkste hierbij is adequate en heldere communicatie tussen hulpdiensten, zorgverleners en gemeenten. Door goede communicatie tussen verschillende niveaus kunnen de effecten van de calamiteit worden gereduceerd. Om calamiteiten goed te kunnen sturen is zoals eerder vermeld het Nationaal Hitteplan van belang. Er wordt gewerkt met een codesysteem. Code geel is een waarschuwing voor kwetsbare groepen, code oranje is een waarschuwing voor iedereen. De crisisbeheersing wordt meestal door lokale en regionale overheden uitgevoerd. De organisatie hiervan gebeurt door veiligheidsregio's die plannen ontwikkelen voor de lokale instanties. De rol van het Rijk is voornamelijk coördinerend hierin. Echter worden er nu mogelijkheden verkent waarin het Rijk een grotere rol hierin kan spelen. Zo is een mogelijke rol dat bij een code rood het Rijk richtlijnen en woordvoering op zich neemt zoals tijdens de COVID-19 pandemie. Ten slotte wil het RIVM het codesysteem uitwerken door grenswaardes op te stellen voor elke code. Het doel hiervan is het concreter maken van de impact van hitte op de zorg. (Rijksoverheid, 2025).

De hitte aanpak wordt opgenomen in de Nationale Adaptatiestrategie van 2026.

2.2.3 GEMEENTELIJK BELEID

Binnen de gemeente rotterdam is het Rotterdams Weerwoord verantwoordelijk voor het aanpakken van klimaatproblemen in de stad. Hieronder valt ook hittestress. Om de klimaatproblemen aan te pakken heeft het weerwoord het "Programmakader Rotterdams Weerwoord 2030" opgesteld. Dit rapport bevat een uitgebreide analyse over de voornaamste klimaatproblemen in de stad. Hieronder vallen: hittestress, wateroverlast en droogte. Binnen het rapport zijn gevolgen van hittestress uitgebreid beschreven. Volgens figuur 6 wordt er door het CBS verwacht dat het jaarlijks aantal doden door hittestress in 2050 is verdrievoudigd. Dit is zonder de vergrijzing in 2050. Als deze wordt meegenomen zullen de effecten



vertienvoudigen (Rotterdams Weerwoord, 2022).

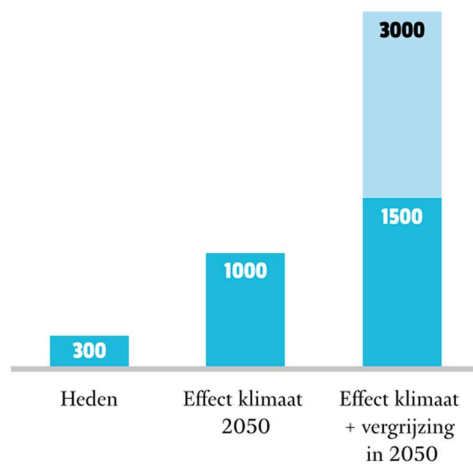


Fig. 1.07 Verwachte aantal hittestoffers in 2019 en in 2050, rekening houdend met klimaatverandering en vergrijzing bij ongewijzigd beleid.

Figuur 6 Mortaliteit door hittestress, (Rotterdams Weerwoord, 2022)

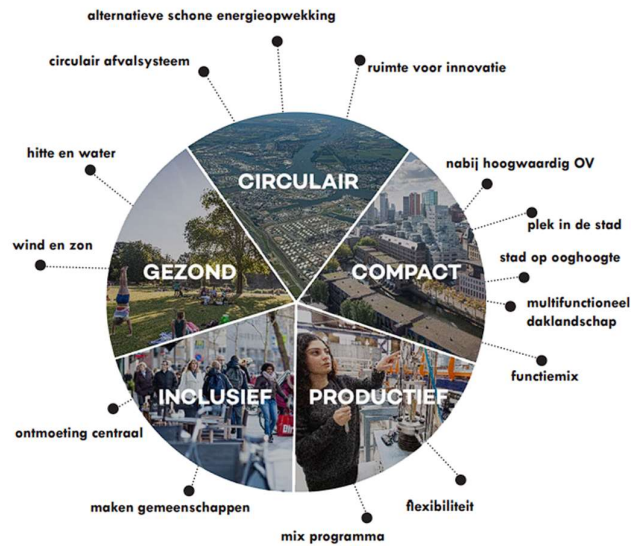
Naast de menselijke slachtoffers heeft de biodiversiteit het ook slecht te verduren door de aanhoudende hitte. Ook de waterkwaliteit zal erop achteruitgaan. Verder heeft het ook slechte implicaties voor de infrastructuur, door het uitzetten van treinrails, tramrails, en bruggen. Om dit te voorkomen en dit probleem te mitigeren heeft het weerwoord 5 verschillende soorten oplossingen opgesteld:

1. Het inzetten van vergroening om het stedelijk hitte-eiland te mitigeren. Het minder aanleggen van verharding en het verbeteren van de ventilatie (Rotterdams Weerwoord, 2022)
2. Het tegengaan van verhitting door het gebrek aan koele ruimtes. Dit zal worden gedaan door het aanleggen van koele plekken op loopafstand, daarnaast het verlagen van de gevoelstemperatuur in buitenruimtes die worden gebruikt (Rotterdams Weerwoord, 2022)
3. Het verlagen van de temperatuur van vastgoed. Hierbij komen maatregelen kijken als zonweringen maar ook het bouwen met reflecterende en lichte materialen (Rotterdams Weerwoord, 2022).
4. Het vergroten van het bewustzijn van dit probleem onder kwetsbare rotterdammers. Dit zijn ouderen, kleine kinderen en zwakkeren. Het plan is om naast bewustzijn ook te leren hoe deze mensen zich kunnen beschermen tijdens extreme hitte (Rotterdams Weerwoord, 2022)
5. Het beheren van infrastructuur op een hittebestendige en duurzame manier (Rotterdams Weerwoord, 2022).

2.3.3 HOOGBOUWVISIE

De gemeente Rotterdam heeft sinds de millenniumwisseling een hoogbouwvisie opgesteld elke 10 jaar. Deze visie is opgesteld als kader voor hoogbouwontwikkelingen in de stad. De visie bevat uitgangspunten en doelen waaraan hoogbouw moet voldoen in de stad. Daarnaast richt het zich op de locatie waar hoogbouw komt te staan en hoe dit moet aansluiten op de omgeving. Zo zijn er hoogbouwzones opgesteld die aansluiten op het openbaar vervoer. Dit zijn locaties als de kop van zuid, Feyenoord city en de alexanderknoop. In figuur 7 staan de 5 perspectieven van de Gemeente Rotterdam voor hoogbouw in de stad:

1. De circulaire stad: het gebruik van schone energie en het stimuleren van circulair hergebruik van bijvoorbeeld afval, water en energie
2. De Compacte stad: Hoogbouw wordt alleen aangelegd in gebieden met een fatsoenlijk openbaar vervoersnetwerk. Dit is onderdeel van het doel van de gemeente om het gebruik van openbaar vervoer te stimuleren.
3. De gezonde stad: hoogbouw moet bijdragen aan een prettig klimaat, hierbij moet er rekening worden gehouden met windhinder en gevaar, sunspots en beschaduwing.
4. De inclusieve stad: In hoogbouw dient er een mogelijkheid te zijn voor ontmoeting en gemeenschapsvorming.
5. De productieve stad: hoogbouw moet bijdragen aan de wensen van de stad en moet hier functioneel op aangesloten worden (wonen, werken, recreëren)



De 5 perspectieven voor Rotterdam: de concept Omgevingsvisie Rotterdam, gerelateerd aan hoogbouw

Figuur 7, 5 perspectieven voor hoogbouw in Rotterdam (Gemeente Rotterdam, 2022)

De Hoogbouwvisie spreekt beperkt over de invloed van hoogbouw op hitte. Het bespreekt wel andere fysische factoren zoals windhinder & gevaar, schaduw, en leefbaarheid. Dit zorgt voor een relevantie voor dit onderzoek dat als basis genomen kan worden als toevoeging van de hoogbouwvisie. (Gemeente Rotterdam, 2022)

2.3.4 PILOT WIND ALS KANS

De gemeente Rotterdam heeft het onderzoek op wind in de afgelopen 5 jaar vergroot. In de hoogbouwvisie werd voorheen vooral rekening gehouden met wind als het ging om hinder en gevaar. Stedelijke ventilatie werd daarmee juist een onderbelichte factor, en zelf ongewenst. Echter is bewezen uit de wetenschap dat stedelijke ventilatie veel baat heeft bij de bestrijding van het hitte probleem. Volgens de NEN8100 normen worden windstudies bij hoogbouw vooral gedaan om 2 parameters te meten. Dit zijn windhinder en windgevaar. De gemeente heeft in 2024 een grootschalig windonderzoek gedaan samen met het adviesbureau Actiflow. In dit onderzoek is verder gekeken dan de hierboven benoemde parameters. Er is onderzocht wat de potentie van wind is voor het ventileren van de steden. Ventilatie van steden zorgt immers voor een reductie van de hittestress en een verbeterde luchtkwaliteit. Dit was een eerste stap voor de gemeente om wind te onderzoeken op een andere manier dan voorheen. Wind werd namelijk voorheen gezien als een boosdoener maar het blijkt ook mee te kunnen dragen aan het oplossen van het hitteprobleem. (Gemeente Rotterdam, 2024)

2.4 KENNISHIAAT

Het theoretisch kader verduidelijkt een aantal belangrijk onderdelen binnen het UHI en de beperking ervan. Ten eerste is het UHI gedefinieerd en zijn er enkele factoren beschreven die effect hebben hierop. Deze factoren zijn materiaalgebruik, stedelijke morfologie en wind. Uit het theoretisch kader is gebleken dat dit de voornaamste aandrijvers zijn van het UHI. Ten tweede zijn er beleidsanalyses gedaan op 3 niveaus: Europees, landelijk en gemeentelijk. Uit deze twee onderwerpen kunnen twee kennishiaten kunnen worden omschreven:

1. Welke bijdrage heeft hoogbouw op het versterken van het stedelijk hitte-eiland effect middels de genoemde factoren. Er is namelijk een kennisgat over hoogbouw wanneer het in een dichte stedelijke morfologie zit. Daarnaast is het onduidelijk hoe materialen een versterkt of verzwakt effect hebben op de opname van warmte als deze in een hoogbouw setting staan. Tot slot heeft hoogbouw een effect op de windcirculatie in de stad. Wat betekent hoogbouw voor deze factoren en hoe vertaalt dit zich naar het UHI.
2. In het beleid van zowel hoogbouw als hitte wordt er weinig gesproken over de relatie tussen de twee. Het ontbreken hiervan is een essentiële stap om de relatie tussen de twee te snappen. Het is onduidelijk wat het bewustzijn over hoogbouw en hitte is bij overheden.

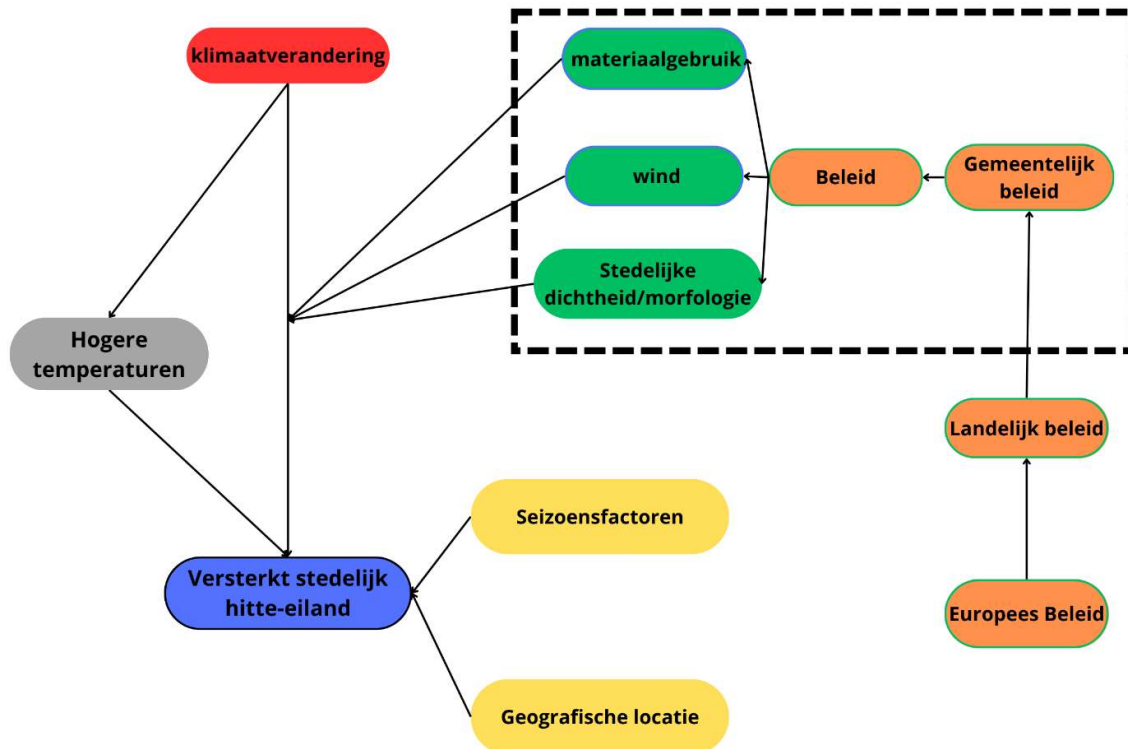
2.5 DOELSTELLING

Het doel van dit onderzoek is het in kaart brengen van de relatie van hoogbouw en hitte op zowel micro klimatologische schaal als beleidsmatige schaal. Ten eerste wordt er onderzocht hoe hoogbouwwerken effect hebben op het UHI aan de hand van de stedelijke morfologie, materiaalgebruik en wind. Het doel is om te concluderen of dit een versterkt effect is ten opzichte van laagbouw. Ten tweede wordt er een maatregelenstudie gedaan waarin moet blijken welke maatregelen voor hoogbouw het effectiefst zijn. Ten slotte wordt er een beleidsanalyse uitgevoerd bij de Gemeente Rotterdam. Hier doel hiervan is op halen van informatie over het huidige beleid omtrent hitte en hoogbouw. Daarnaast wordt gevraagd over knelpunten die hierbij plaatsvinden en de staat van communicatie tussen verschillende afdelingen.



2.6 CONCEPTUEEL MODEL

Voor dit onderzoek is er een conceptueel model opgemaakt dat in figuur 8 te zien is. Het conceptueel model heeft als doel om de afbakening van het onderzoek te laten zien en te onderscheiden welke onderwerpen dus van belang zijn en welke buiten het onderzoek vallen. Uit het theoretische kader is gebleken dat de stedelijke morfologie, wind en materiaalgebruik belangrijke factoren zijn die invloed hebben op het UHI. Daarnaast is gebleken dat het UHI wel voorkomt in gemeentelijke, landelijke en Europese beleidsdocumenten. Echter is er weinig duidelijkheid of de focus hiervan ligt op deze factoren. In dit onderzoek wordt het gemeentelijk beleid samen met de factoren meegenomen. In figuur 8 is te zien hoe het onderzoek in elkaar zit. In het zwarte vak is te zien op welke onderdelen het onderzoek zich richt.



Figuur 8 Conceptueel model

3. ONDERZOEKSOPZET

Dit onderzoek is een zogeheten exploratief onderzoek. Bij dit type onderzoek wordt een onderwerp onderzocht waar niet veel kennis van is. Verder is dit type onderzoek gekenmerkt door voornamelijk kwalitatief onderzoek (George, 2023). De data die verzameld wordt komt voornamelijk voort uit literatuuronderzoek, het afnemen van interviews en observaties.

3.1 HOOFDVRAAG

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt als volgt:

“Wat zijn de effecten van hoogbouw op het stedelijk hitte-eiland effect?”

In dit hoofdstuk worden de deelvragen beschreven. In hoofdstuk 4 worden deze beantwoord.

3.2 DEELVRAGEN & METHODE

3.2.1 DEELVRAAG I

“Wat zijn de belangrijkste kenmerken van hoogbouw die van invloed zijn op het stedelijk hitte-eiland effect?”

Deze deelvraag zal worden beantwoord aan de hand van een literatuuronderzoek. Het doel van deze deelvraag is het verzamelen van de verschillende factoren en hun invloed op uhi. De literatuur die gekozen wordt voor deze deelvraag moet voldoen aan verschillende criteria:

1. De rapporten moeten peer-reviewed zijn of beleidsdocumenten
2. De artikelen moeten specifiek gaan over **hoogbouw of laagbouw** en het **UHI**.
3. De studies moeten ook kwantitatieve resultaten bevatten om de mate van invloed van de verschillende factoren te kunnen rangschikken.

Er is gekozen voor deze criteria om de kwaliteit en relevantie van het literatuuronderzoek te waarborgen. Dit zorgt er ook voor dat de informatie die wordt verzameld goed afgekaderd is en toepasbaar is voor de rest van het onderzoek. Het onderzoek zal worden uitgevoerd met literatuur. De literatuur zal worden verzameld op de volgende manieren:

1. Gebruik maken van websites zoals google scholar, researchgate etc.
2. De Study and Research Tool van de HR. In dit register staan alle belangrijke wetenschappelijke databases.

Verder zal er gebruik worden gemaakt van zoek strategieën. Deze zijn cruciaal voor het vinden van de juiste artikelen voor de juiste onderwerpen. Hieronder is de zoekstrategie te zien in een tabel vorm.

Categorie	Zoektermen	Combinaties	Toelichting
Stedelijk hitte-eiland effect (UHI)	Urban Heat Island, UHI, heat island, temperature urban	"Urban Heat Island" AND "high-rise buildings"	Basisconcepten van UHI en hun relatie met stedelijke gebieden
Hoogbouw en effecten op UHI	Skyscrapers, high-rise buildings, tall buildings, dense urban, urban form	"High-rise buildings" AND "Urban Heat Island"	Het effect van hoogbouw op het UHI.
Bouwmaterialen en reflectie	Albedo, building materials, thermal properties, heat	"Building materials" AND "albedo" AND "Urban Heat Island"	Hoe materialen zoals beton en glas invloed hebben op warmteabsorptie.

	retention, concrete, glass		
Stedelijke morfologie	Urban morphology, urban structure, building density, density, urban canyon, ventilation	"Urban morphology" AND "high-rise buildings" AND "UHI"	De invloed van stedenbouwkundige opzet en dichtheid op UHI.
Wind- en luchtcirculatie	Wind, ventilation, urban canyon, wind flow, air circulation, airflow, heat dispersal	"Urban canyon" AND "wind circulation" AND "high-rise"	Hoe wind en luchtstromen beïnvloed worden door hoogbouw.
Schaduw en oriëntatie	Shadow, Orientation, Sun exposure,	"Shadow" AND "Orientation" AND "high-rise"	Welke effect heeft de oriëntatie van hoogbouw op de schaduwvorming en het opnemen van hitte

Het doel van de eerste deelvraag is het onderzoeken van de effecten van de bovengenoemde categorieën. Deze categorieën zijn voor de duidelijkheid als volgt:

1. Wind- en luchtcirculatie
2. Stedelijke morfologie
3. Schaduw
4. Oriëntatie
5. Bouwmateriaal

De reden voor de keuze van deze 5 categorieën is de veronderstelling dat hoogbouw het voornaamste effect heeft op deze onderdelen. Deze categorieën zullen de basis vormen voor de beoordelingscriteria die gebruikt wordt bij de ruimtelijke analyse van deelvraag 3.

3.2.2 DEELVRAAG 2

"Wat is de perceptie van experts op de maatregelen tegen het UHI in Londen en New York om de effecten van hoogbouw op het UHI te verminderen?"

Deze deelvraag wordt beantwoord met een combinatie van verschillende onderzoeksmethodes. Het doel van deze vraag is het inventariseren van maatregelen die genomen dienen te worden bij hoogbouw. Het inventariseren zal worden uitgevoerd doormiddel van 3 methodes.

1. Een inventarisatie van de literatuur: Wat zijn volgens wetenschappelijke studies en algemene beleidsstukken maatregelen voor het stedelijk hitte-eiland effect? Welke soort maatregelen zijn dit, en in welke schaal worden ze uitgevoerd (Gebouw, buitenruimte, ruimtelijke indeling). Het doel van dit onderdeel is het verzamelen van de relevante maatregelen uit de studies en categorieën van maatregelen op te stellen die in het vervolg van de deelvraag worden gebruikt.
2. Interviews met experts van de TU delft: Vervolgens worden er twee experts binnen stedelijk microklimaat en de gebouwde omgeving bij de TU delft geïnterviewd. De interviews hebben als doel om expertkennis en meningen op te halen om het probleem van hoogbouw op het UHI te verminderen. Binnen de interviews wordt er gebruik gemaakt van een korte vragenlijst op basis van de drie schalen (gebouw, buitenruimte en ruimtelijke indeling). Door de informatie van de experts op te halen kan worden geconcludeerd welke maatregelen deze experts zien als kansrijk binnen dit probleem en welke juist in contrast "kansloos". De vragenlijst is te vinden in bijlage 7.
3. Beleidsanalyse van twee steden binnen het C40 netwerk: Er worden als laatste onderdeel van deze deelvraag twee beleidsanalyses uitgevoerd in twee steden in het C40 netwerk. De steden die worden geselecteerd hebben de volgende eisen:

- De stad moet binnen het C40 netwerk van de gemeente Rotterdam zitten. De reden hiervoor is dat eventueel na dit onderzoek de gemeente makkelijk contact kan op leggen met de stad gezien ze in hetzelfde netwerk zitten.
- De stad moet ontwikkeld zijn binnen de hoogbouw. Rotterdam is een opkomende stad binnen de hoogbouw waardoor het extra waardevol kan zijn om te kijken naar steden die hier juist al in zijn gespecialiseerd.
- De steden moeten in een vergelijkbare of hetere klimaatzone, hierdoor kan er gekeken worden naar steden die al een temperatuur hebben waar Rotterdam zich al op moet voorbereiden door klimaatverandering.

Het doel van dit onderdeel is het analyseren en bekijken van welke maatregelen voorkomen in deze partnersteden.

Integratie van de onderzoeksmethodes

Uit de inventarisatie van maatregelen zal er worden gewerkt met een categorisatie in schalen. De schalen die worden meegenomen zijn als volgt:

1. Gebouwniveau: maatregelen op gebouw niveau worden gezien als maatregelen die achteraf kunnen/worden toegepast op gebouwen. Voorbeelden hiervan zijn: reflectieve daken, groene daken, groene gevels, reflectieve gevels etc.
2. Stedelijke morfologie: Dit zijn maatregelen die genomen kunnen worden in de ontwerpfase van een hoogbouwwerk. Hierbij kan gedacht worden aan: vorm, oriëntatie, ruimte tussen bebouwing, zorgen voor verschillende gebouwhoogtes en rekening houden met natuurlijke ventilatie van zowel de stad als het gebouw zelf.
3. Buitenruimte: Maatregelen die worden toegepast op de buitenruimte. Hierbij kan worden gedacht aan vergroenen, bomen aanplanten, reflectief asfalt, zonneschermen(schaduw), waterdoorlatende verharding etc.

Na het overzichtelijk opdelen van de maatregelen in de categorieën worden elk van deze geanalyseerd binnen het beleid van de gekozen steden. Voor dit onderdeel is er inspiratie op gedaan uit het onderzoek van (Brandsma, Lenzholzer, Carsjens, Brown, & Tavares, 2024). In dit onderzoek werden er interviews afgenomen met verschillende steden op het gebied van hun beleid omtrent klimaat. Hierin werden er vragen gesteld over o.a. de aanwezigheid, concreetheid en juridische binding van maatregelen. Op basis hiervan zijn voor deze analyse de volgende parameters meegenomen:

1. Aanwezigheid: Komt de desbetreffende schaal van maatregelen voor binnen het beleid van de stad? Is dit een centraal onderdeel hiervan of staat het aan de zijlijn?
2. Concreetheid: Is er een duidelijk actieplan voor de schaal van maatregelen? Zijn er kwantitatieve gegevens over het aanleggen hiervan of word het enkel alleen genoemd als mogelijke maatregel?
3. Beleidsverplichting voor derde partijen: Zijn er juridische verplichtingen gekoppeld aan het implementeren van de schaal maatregelen door derde partijen of voor de overheidsinstantie van de stad?

De beoordeling van de interviews zal plaatsvinden aan de hand van 1 parameter.

1. Effectiviteit: Hoe sterk schatten de experts de effecten van de schaal van maatregelen schaal in? Is dit de voornaamste schaal die ze aanraden of zijn er andere schalen?

Vervolgens zullen de schalen van maatregelen een beoordelingsscore krijgen. Deze beoordelingsscore wordt weergegeven in de tabel hieronder en onderbouwd ook wanneer deze score wordt gegeven



Categorie (Brandsma, Lenzholzer, Carsjens, Brown, & Tavares, 2024)	Groen	Oranje	Rood
Aanwezigheid	De schaal is een sterk onderdeel binnen het programma hitte. Het kent een duidelijk hoofdstuk.	De schaal wordt genoemd maar heeft echter geen hoofdstuk en word in bredere thema's genoemd	De schaal wordt niet genoemd
Concreetheid	Er is een duidelijk actieplan met onderbouwing en keuzes voor locaties van implementatie	De schaal is een algemene richtlijn maar kent geen of vage details	De schaal is een doel, maar heeft geen plan of details tot toepassing
Beleidsverplichting	De schaal kent een juridische of beleidsmatige verplichting tot toepassing binnen de stad (zowel voor projectontwikkelaars als voor de gemeente van de stad zelf)	De schaal kent geen vaststaande juridische verplichtingen voor derde partijen maar worden wel gestimuleerd door de gemeente van de stad d.m.v. subsidies etc.	Er zijn geen juridische verplichting omtrent de implementatie van de schaal

Categorie	Groen	Oranje	Rood
Effectiviteit	Expert zijn te spreken over de maatregelenschaal en zien dit als de voornaamste methode om het probleem op te lossen	Experts zijn positief over de toepassing van de maatregelenschaal maar zien deze als secundair. Ze zien deze niet als maatregel die als enige dient te worden toegepast maar in combinatie met een "groen scorende" maatregel.	De expert zien dat deze maatregelenschaal weinig effect heeft op het huidige probleem en raad deze af hierdoor.

Uiteindelijk wordt elke schaal beoordeeld met een kleur en kan het volgende worden geconcludeerd na afloop:

1. De meningen van de experts: het ophalen van de mening van experts over de verschillende schalen kan aantonen waar volgens hen het meeste baat bij ligt. Dit kan als basis dienen voor de gemeente en andere gouvernementele instanties voor het implementeren van maatregelen. Daarnaast kan deze mening worden vergeleken met de maatregelen die worden toegepast in de twee steden van de beleidsstudie.
2. De beleidsstudies: het analyseren van het beleid van twee steden kan laten zien waar deze zich bevinden op het mitigeren op dit probleem. Door per schaal te kijken welke het meest voorkomt kan uiteindelijk de conclusie getrokken worden waar deze steden achterlopen. Daarnaast kan door het vergelijken met de meningen van experts worden aangetoond of deze steden vanuit de academische wereld de meest effectieve methodes hanteren.



De eindscore per schaal wordt bepaald door de individuele beoordeling van de parameters. De beoordeling vindt plaats door het gebruik van 3 kleuren: groen, oranje en rood. **Groen staat voor 3 punten, Oranje voor 2 en Rood voor 1.** Uit eindelijk worden de scores opgeteld en in figuur 9 en 10 geschematiseerd.

Kolom1	Gebouwniveau	Buitenruimte	Stedelijke morfologie
Londen			
Aanwezigheid			
Concreetheid			
Beleidsmatige verplichting			
New york			
Aanwezigheid			
Concreetheid			
Beleidsmatige verplichting			
Eindscore			

Figuur 9, overzichtstabel eindscore beleidsanalyse

Kolom1	Gebouwniveau	Buitenruimte	Stedelijke morfologi
Expert Hydrometeorology			
Expert Microclimate buit environment			

Figuur 10, overzichtstabel eindscore interviewanalyse

3.2.3 DEELVRAAG 3

"Wat is de huidige stand van het gemeentelijk beleid ten aanzien van het verminderen van het stedelijk hitte-eiland effect door hoogbouw, en in hoeverre komt dit tot uiting in de gebouwde praktijk?"

Deze deelvraag richt zich op het hitteprobleem in Rotterdam. Deze vraag zal beantwoord worden d.m.v. de volgende methodes:

1. Factoren analyse van twee hoogbouwwerken in Rotterdam
2. Interviews met beleidsmakers en experts

De keuze voor deze methodes is om uiteindelijk voor de gemeente Rotterdam te onderzoeken hoe de fysieke kenmerken van hoogbouwwerken en hun omgeving dit probleem juist versterken of niet versterken. De interviews zorgen voor een invulling van hoe mogelijk bepaald beleid is teruggekomen in de hoogbouw en als het juist niet terug komt kan er worden onderbouwd waarom juist niet. Het naast elkaar leggen van deze methodes kan zorgen voor de volgende conclusies:

1. Bij het negatief scoren van hoogbouwwerken op de factoren kan er d.m.v. interviews worden achterhaald waarom hier geen beleid op is. Daarnaast kan er worden doorgevraagd op implicaties van stappen en andere knelpunten
2. Bij het positief scoren van hoogbouwwerken op de factoren kan er juist worden gekeken of deze een oorsprong hebben vanuit het beleid. Dit toont aan waar het beleid sterk is en biedt ook de mogelijkheid om door te vragen over de efficiëntie hiervan.

Factorenanalyse hoogbouwwerken in Rotterdam

Onderzoeksaanpak

Het eerste onderdeel van deze deelvraag is een factorenanalyse van twee hoogbouwwerken binnen de Gemeente Rotterdam. De factoren zijn het resultaat van deelvraag 1 en zijn de volgende 3:



1. Stedelijke morfologie
2. wind
3. Bouwmateriaal

Deze factoren worden beoordeeld en geanalyseerd voor twee hoogbouwwerken en haar omgeving. Deze factoren kunnen op zowel een kwantitatieve als kwalitatieve manier benaderd worden. Doordat de aard van dit onderzoek een kwalitatieve studie is waarbij er geen metingen worden verricht, zal deze factorenanalyse **kwalitatief** uitgevoerd worden. Het kwalitatief benaderen van deze factorenanalyse zal worden beschreven voor elke factor. De analyse voor de 3 factoren wordt uitgevoerd via het programma **ArcGIS**. De reden hiervoor is dat deze analyse voornamelijk met visualisaties, kaarten en foto's werkt. Om de analyse overzichtelijk te kunnen weergeven wordt deze daarom in een storymap uitgevoerd. De link voor de storymap staat in **Bijlage 12**.

Het onderzoeken van deze factoren geeft een schattend beeld of de omgeving en het hoogbouwwerk symptomen tonen voor een versterkt hitte-eiland effect. De factoren worden onderzocht doormiddel van de volgende methodes:

1. Google maps/Street view: het opmeten van de omliggende straatlengtes van het gekozen hoogbouwwerk. Het bekijken van de indeling van de ruimtelijke omgeving wordt voornamelijk via google maps gedaan.
2. Foto's/observaties: Eigen observaties en foto's bieden aanvullende zekerheid op de specifieke huidige situaties indien google maps verouderde gegevens laat zien
3. Bestemmingsplannen: Het lezen van bestemmingsplannen heeft als doen om een beeld te krijgen van de indeling en het gebruik van het gebied. Daarnaast geeft het een beeld van het toekomstige gebruik ervan waardoor er een uitspraak kan gedaan worden welk effect dit heeft op de factoren.
4. Websites van architectenbureaus verantwoordelijk voor de hoogbouwwerken: Dit wordt gebruikt als bron voor basis informatie over de vorm van het gebouw, materiaal en andere basis gegevens

De factoren worden beide hoogbouwwerken en hun omgevingen beoordeeld op een gelijke wijze als in deelvraag 2. Hierdoor is duidelijk voor de gemeente wat het eindoordeel is voor elke factor en de reden hiervoor. Het beoordelingskader is tot stand gekomen naar aanleiding van het onderzoeken van deelvraag 1. Dit proces is toegelicht in **bijlage 13**. Het beoordelingskader is hieronder te zien:

Factor	Groen	Oranje	Rood
Stedelijke morfologie	Lage dichtheid; UCR <0,35 , De SVF is tussen de 0,5-1 in het gebied om het hoogbouwwerk.	Gemengde structuur: nauwe straten en open stukken, UCR: 0,35-0,65 en de SVF is tussen de 0,3-0,5 in het gebied om het hoogbouwwerk heen.	Hoge dichtheid; smalle straten en een UCR >0,65 . De SVF is kleiner dan 0,3 in het gebied om het hoogbouwwerk heen.
Oriëntatie	De omgeving en het hoogbouwwerk houden de dominante windrichting aan (Zuidwest), de beschaduwing vindt plaats op belangrijk locaties van veel gebruik (parken, basisscholen, schoolplein). Het gebouw en de omgeving wijken minder dan 30	De omgeving en he hoogbouwwerk zijn deels open richting de dominante windrichting (Zuidwest) waardoor er in bepaalde straten er luchtcorridors aanwezig zijn en in andere weinig. Er is schaduwvorming maar deze is niet aanwezig op verblijfslocaties (scholen,	De omgeving en he hoogbouwwerk blokkeren de wind volledig en zorgen voor een tekort aan stedelijke ventilatie. Daarnaast wordt de omgeving beschaduwd op de onjuiste tijdstippen en plekken. De omgeving heeft een afwijking van groter dan 60 graden

	graden af van de dominante windrichting.	tehuizen, parken). De omgeving wikt tussen de 30 en 60 graden van de dominante windrichting.	t.o.v. de dominante windrichting.
Bouwmateriaal	De omgeving en het hoogbouwwerk hebben koele materialen met goede thermische eigenschappen. (emissiviteit: >0,85, Albedo >0,4, Thermische massa <1000 J/KG/K)	De omgeving en het hoogbouwwerk hebben een mix van zowel koele als warme materialen. De straat vormt een contrast tussen koel en warm. (emissiviteit: 0,65-0,85, Albedo: 0,2-0,4, Thermische massa: 1000-2000 J/KG/K)	De omgeving en het hoogbouwwerk hebben donkere hitte absorberende materialen. (emissiviteit: <0,65, Albedo: <0,2, Thermische massa: 2000 J/KG/K)

Het puntensysteem loopt vergelijkbaar met die van deelvraag 2. Een groene score is 5 punten. Een oranje score is 3 punten en een rode score is 1 punt.

De onderzoeksmethode is een theorie-gestuurde casestudy. Het idee is om principes die binnen de theorie vast staan met betrekking tot dit probleem te identificeren in het casusgebied. De principes die zijn gekozen zijn geselecteerd uit de resultaten van deelvraag 1. Het doel van deze deelvraag is dus het verhelderen en aantonen van hoe deze principes zich afspelen bij twee hoogbouwwerken en hun omgeving. Door naar de huidige en toekomstige situatie te kijken kan er een uitspraak gedaan worden of het gebied en gebouw een positief of negatief effect hebben/zullen hebben.

Interviews met experts

De interviews met experts dient als verheldering over de situatie van beleid omtrent hoogbouw en hitte binnen de gemeente rotterdam. De interviews worden uitgevoerd bij experts van verschillende afdelingen binnen de gemeente rotterdam. De manier van interviewen is een semi-gestructureerd waarbij er een deel van de vragen vooraf zijn opgesteld en het andere deel wordt aangevuld op basis van de antwoorden van de interviewee.

Er worden 4 interviews afgenomen met expert binnen de volgende expertises bij de Gemeente Rotterdam:

1. Senior adviseur Hitte
2. Senior stedenbouwkundige
3. Senior stedenbouwkundige en stedenbouwfysica
4. Senior adviseur water

De keuze voor het kiezen voor een semi-geconstrueerd heeft een aantal redenen. Ten eerste geeft deze constructie vrijheid voor het doorvragen op visies die de expert deelt. De vragen die vooraf worden gesteld zullen enkele fundamentele vragen zijn die gericht zijn voor het doel van het gesprek met de desbetreffende expert. De vooraf opgestelde vragen staan in de bijlage 8. Het doel is om de expert zoveel mogelijk te laten spreken en juist in te gaan op een gering aantal onderwerpen. Het probleem is namelijk al bekend bij hen en vanuit de eerdere deelvragen is er voldoende data verzameld. De interviewvragen bij dit onderzoek zijn vooral de specifieke visies van elke expert op het mogelijk bestaand beleid of het gebrek hiervan. (Scribbr, 2022)

Doel van de interviews

Het doel van de interviews is om zicht te krijgen op de beleidsoverwegingen van de Gemeente Rotterdam op het verband tussen hitte en hoogbouw. De interviews dienen als aanvulling op de eerder benoemde hoogbouwanalyse. Vanuit de hoogbouwanalyse kan namelijk geconcludeerd worden of de twee gekozen hoogbouwwerken in Rotterdam ontworpen zijn met het hitteprobleem in gedachte of juist niet. Bij zowel beide



situaties kan er worden nagevraagd bij de gemeente hoe het beleid wel of juist niet tot stand is gekomen. Hieronder volgen enkele voorbeeldvragen die kunnen worden gesteld:

1. Is er op dit moment beleid omtrent hoogbouw en hitte? En Indien niet waarom?
2. Waar ondervindt de gemeente problemen met het oplossen van het probleem?
3. Welke partijen zijn volgens u belangrijk in het oplossen van dit probleem?

De interviews zullen dus voornamelijk verheldering hebben voor de huidige stedelijke indeling. Daarnaast geven ze een verduidelijking van welke implicaties er komen kijken bij het instellen van beleid omtrent dit probleem.

Selectie van geïnterviewden

De selectie van geïnterviewden is genomen met een achterliggende gedachte. Het doel was namelijk om binnen de gemeente ontwerpers en beleidsmedewerkers te interviewen die binnen dit werkveld zitten. Dit zorgt voor een heterogene interviewpopulatie. Een heterogene interviewpopulatie kan zorgen voor een brede inkijk op het probleem. Daarnaast helpt het met verduidelijken van verschillen tussen verschillende afdelingen binnen de organisatie. Hierdoor kan het gesprek worden geopend op een verbeterde communicatie. Dit is essentieel voor dit probleem gezien uiteindelijk bij de aanleg van een hoogbouwwerk veel groepen betrokken zijn. Dit begint van stedenbouwkundigen naar project ontwikkelaars naar wind experts en andere klimaat experts. Kortom een heterogene interviewpopulatie zorgt voor een brede kijk op het probleem en opent voor verschillende groepen de mogelijkheid om het gesprek aan te gaan.

Analyse van de interviews

De interviews zullen worden geanalyseerd met behulp van een thematische analyse. Een thematische analyse heeft als doel terugkerende thema's en patronen te identificeren binnen de interviews. Dit wordt gedaan door bij elke interviewer een "algemene" vragenlijst af te nemen waarin wordt geïdentificeerd wat de bevindingen en ideeën zijn van de experts. De vragenlijst zal beknopt zijn en bestaat uit 4 à 5 vragen. Na het interviewen van de 4 medewerkers van de gemeente zal er door middel van kleurcodes de citaten worden gemarkeerd waarin een terugkerend thema voorkomt. Het doel van de analyse is om te onderzoeken wat de terugkerende thema's zijn bij dit probleem. (Scribbr, 2025)

3.3 BEANTWOORDING HOOFDVRAAG

De deelvragen proberen een zo breed mogelijk beeld te geven van de relatie tussen hoogbouw en hitte. Er wordt vanuit het literatuuronderzoek gedaan naar de effecten van hoogbouw op hitte. Daarnaast worden er interviews uitgevoerd met experts van de TU delft voor het verifiëren van deze effecten maar ook naar de meest effectieve maatregelen die kunnen worden uitgevoerd. Er wordt ook gekeken naar de internationale context voor beleid voor hoogbouw en hitte. Deze wordt dan vergeleken met de maatregelen die de experts aanraden. Vervolgens wordt er ook in de praktijk gekeken naar hoe de factoren die bijdragen aan hitte voor komen bij hoogbouwwerken in Rotterdam. Ten slotte worden er expert interviews afgenomen bij de gemeente Rotterdam om een beeld te krijgen bij de situatie rond het beleid omtrent hitte en hoogbouw. Er wordt gevraagd naar de knelpunten, communicatie en de eerste stappen die moeten worden genomen om beleid hiervoor in stelling te brengen. Kortom dit onderzoek probeert een holistisch beeld van de relatie tussen hoogbouw en hitte te schetsen.

3.5 BEROEPSPRODUCT

Het Rotterdams Weerwoord is de toezichhouder van dit onderzoek. Het onderwerp van het onderzoek is een niet uitgebreid onderzocht thema waardoor dit onderzoek zal dienen als een start voor verder onderzoek. Het doel van het beroepsproduct is een beknopt overzicht te maken van de belangrijkste bevindingen van het onderzoek. Dit om eigenlijk de gemeente te voorzien van belangrijkste startsignalen voor verder onderzoek.



Het doel van het product is dat het ondersteuning biedt bij het begrijpen van de problemen rondom hitte en hoogbouw.

De keuze voor het beroepsproduct is gevallen op het gebruik van ArcGIS Storymaps. Storymaps is een handige tool voor het interactief delen van informatie. Verder bevat het functies zoals het inladen van kaarten en is het makkelijk te delen met de organisatie.

De storymap zal dus een samenvatting worden van de belangrijkste bevindingen uit het onderzoek. Volgens de planning die verderop te zien is in dit bestand zullen de laatste 4 weken van het onderzoek besteed worden aan het uitwerken van de storymap. Het product heeft enkele eisen vanuit de opdrachtgever:

1. De storymap is krachtig en kort. Er is voor elk van de deelvragen een pagina met daarin de belangrijkste bevindingen (met bron).
2. De storymap moet relevante interactieve kaarten gebruiken voor de ruimtelijke analyse
3. De storymap moet foto's bevatten van het gebouw en de omgeving.
4. De storymap moet overzichtelijk zijn, goede koppen hebben en een mooie interface hebben
5. De storymap moet voor elke factor een analyse hebben voor de twee hoogbouwwerken

Gebruik beroepsproduct opdrachtgever

Dit onderzoek is zoals eerder vermeld een startpunt voor de Gemeente Rotterdam. Het doel van de story map is namelijk het overzichtelijk tonen van de bestaande kennis over het effect van hoogbouw op het stedelijk hitte-eiland. De gemeente heeft op dit moment een onduidelijk beeld over de relatie tussen hoogbouw en het UHI, de storymap dient als beknopt overzicht om het verband aan te kunnen tonen. Een storymap heeft ook een interactieve werking waardoor de onderzoeksresultaten doormiddel van kaarten makkelijk kunnen worden aangetoond. Het beroepsproduct zal namelijk ook de analyse van de kop van zuid bevatten, dit zou als mogelijk voorbeeld kunnen worden toegepast in andere delen van de stad. Daarnaast bevat het een beschrijving van een aantal c40 steden en welke maatregelen zij toepassen op dit specifieke vraagstuk. Verder bevat het ook een lijst met de belangrijkste kenmerken van hoogbouw die bijdragen aan het hitte-eiland effect. Door deze elementen is het mogelijk voor de gemeente om maatregelen te kunnen nemen binnen de stad. Het opent mogelijkheden voor beleidsmaatregelen om het stedelijk hitte-eiland tegen te gaan. De verkregen kennis uit de literatuur wordt toegepast op de Rotterdamse context zodat het kennishiaat van de opdrachtgever wordt opgevuld.



5. RESULTATEN

In deelvraag 1 wordt door gebouwd op de factoren die genoemd zijn in het theoretisch kader: wind, stedelijke morfologie en bouwmaterialen. Daarnaast wordt toegelicht hoe hoogbouw hier een effect op heeft en worden er onderdelen en parameters van elk van de factoren beschreven. Het doel is om te verduidelijken hoe deze factoren effect hebben op hitte en hoe hoogbouw hieraan bijdraagt.

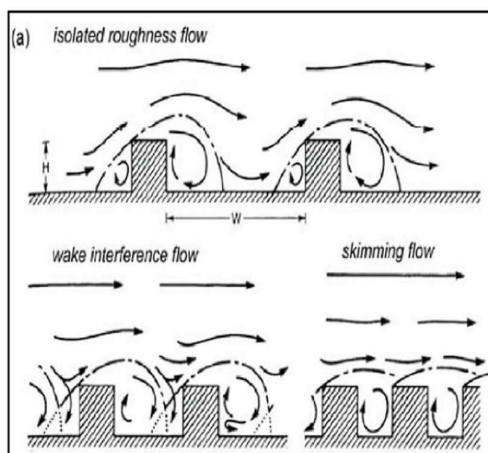
5.1 DEELVRAAG 1

In het eerste onderdeel van dit onderzoek is onderzocht welke factoren effect hebben op de hoogbouw. Hieronder is een overzicht van de factoren en hun positieve en negatieve werking op het UHI. Een uitgewerkte analyse van de factoren is te vinden in bijlage 11.

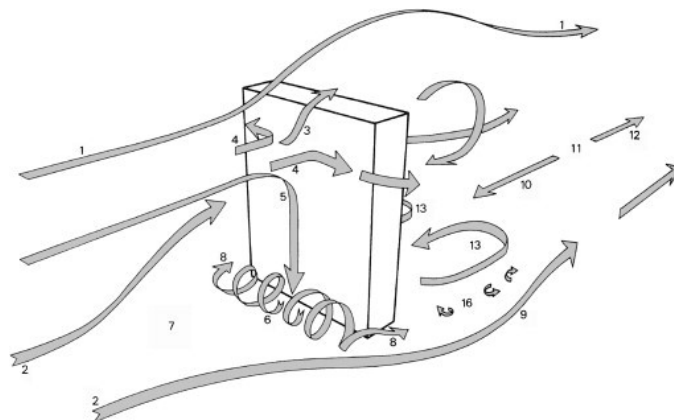
Stedelijke morfologie & wind

De SVF en UCR zijn beide parameters die iets zeggen over de stedelijke morfologie. Dit zijn uiteindelijk de factoren die de leidende hand hebben op het versterken van het UHI. Zoals te lezen is in het onderzoek van (Eliasson, 1996) zorgt een hoge SVF voor betere radiatieve verkoeling. Radiatieve koeling is het ontsnappen van de hitte uit de stads als gevolg van daling van de luchttemperatuur (Karimimoshaver, 2022). De UCR is een belangrijke factor voor de bepaling van het SVF. De UCR is de verhouding tussen de gebouwhoogte en de straatbreedte. Gebouwen zorgen naarmate deze hoger worden en dichter bij elkaar staan voor een lagere SVF. Hierdoor correleert een hoge UCR verhouding met een lage SVF. Deze parameters spelen een grote rol bij de stedelijke ventilatie in de stad. Uit het onderzoek van (Kazmimierz, 1999) is gebleken dat er in de binnen stad van de Poolse stad Lodz er een hogere temperatuur heerst in de nacht. Dit komt doordat een lagere windsnelheid kent t.o.v. het landelijke gebied buiten de stad.

De relatie tussen het UCR en wind zijn in overvloed onderzocht. Zo heeft (Al-Sallal & Al-Rais, 2012) onderzoek gedaan naar de windsnelheid in smalle straten. Uit dit onderzoek bleek dat door de smalle straten de windsnelheid toenam. Dit zorgde voor een groter bereik van de wind naar andere smalle straten, daarnaast zorgde dit voor een verkoelend effect. Zoals eerder verteld zorgen diepe street canyons voor een trage windsnelheid, echter in het onderzoek van (Priyadarsini & Wong, 2006) is gebleken dat het strategisch plaatsen van hoogbouw in straten waarin de wind parallel loopt een positief verkoelend effect heeft. De windsnelheid nam toe met 90% en de temperatuur zakte met 1 graad. Daarnaast deden zij hetzelfde onderzoek waarin een perpendiculaire luchtstroom aanwezig was. Hier waren de resultaten nog positiever waarin bleek dat de windsnelheid hier was verdubbeld en de straat afkoelde met 1,1 graden. Uit dit onderzoek blijkt dus dat het beheren van de street canyons en de strategische plaatsing van hoogbouw als kans kan worden gezien om juist het UHI te verzwakken. Zoals te zien is in figuur 9 zorgt een hogere UCR voor minder wind op straatniveau. Daarnaast zorgt veel ruimte tussen gebouwen in juist ervoor dat de wind het straatniveau makkelijker bereikt. In figuur 10 is te zien hoe de wind circuleert bij een vrijstaand hoogbouwwerk. Zoals te zien is wordt een deel van de wind die loodrecht tegen het gebouw komt naar beneden geduwd. Dit wordt het downwashing-effect genoemd. Dit effect is het sterkst bij een vrijstaand gebouw en neemt af bij een hogere dichtheid aan gebouwen.



Figuur 9, Wincirculatie bij verschillende UCR (Shishegar, 2013)



Figuur 10, Windstromen bij een vrijstaand gebouw, (Tax, 2021)

Hoogbouw

De UCR en de SVF zijn dus factoren in de stedelijke morfologie die mee spelen in het hitte probleem. Hoogbouw zorgt natuurlijk in eerste instantie voor een hoger UCR en lagere SVF. Dit is voornamelijk het geval in New York waar men spreekt van het Manhattan-effect. Dit fenomeen komt voort wanneer de UCR zo hoog is door de hoge dichtheid van hoogbouw dat de wind geen kans krijgt om de stad te ventileren. Daarnaast zorgt deze betonnen jungle voor een lage SVF, waardoor de uitgestoten hitte door gebouwen minder snel naar de atmosfeer kan stijgen. Zoals hierboven in het onderzoek van (Karimimoshaver, 2022) is de hitte bij verschillende UCR factoren berekend en is te zien dat de verschillen aanzienlijk zijn. De dichtheid van gebouwen heeft dus een duidelijk effect op het hitte probleem. In de volgende factoren zal verder worden toegelicht hoe deze dichtheid (die al problemen op zichzelf veroorzaakt) juist het probleem erger kan maken bij de introductie van hoogbouw. Uit het onderzoek van (Chen, 2010) kwam uit dat in Hong Kong in hoogbouwgebieden en dichtbebouwde gebieden een lager SVF een hogere temperatuur betekende. Uit het onderzoek bleek dat als de SVF daalt met 0,15 in een 100 meter radius de temperatuur met 1 graad stijgt. In het onderzoek wordt een lagere SVF aangeraden. De SVF van Hong Kong is te zien in figuur 11. Kortom, hoogbouw heeft een negatief effect op de SVF & de UCR en in verlengde op het UHI. Hoogbouw zorgt voor een lastige situatie waarin het moeilijk wordt voor steden om een juiste verhouding te vinden voor het UCR. In figuur 12 is het manhattan effect gevisualiseerd. Dit effect ontstaat bij een hoge dichtheid van hoogbouwwerken waardoor de wind als het ware over de gebouwen gaat. Dit zorgt voor een zwakke windsnelheid in de stad waardoor hitte minder snel het gebied uit wordt geventileerd. Hierdoor stijgt de temperatuur en ook het UHI. (Tax, 2021)



Figuur 11, Sky view factor Hong Kong (Chen, 2010)



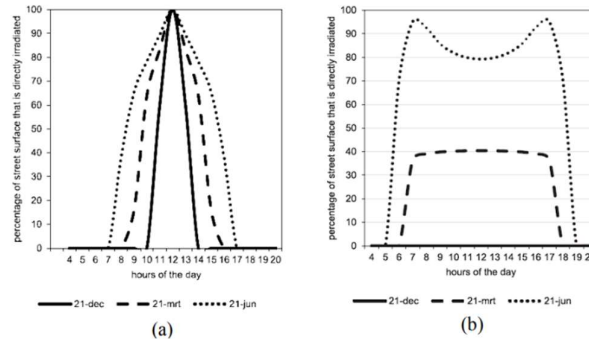
Figuur 12, Het Manhattan effect, (Tax, 2021)

Zonlicht & Oriëntatie

De zonnestraling in stedelijk gebied wordt beïnvloed door de oriëntaties van straten en UCR/. Volgens (Arnfield, 1990) zorgt een lage UCR voor een sterkere zoninval in de straten. Uit dit onderzoek blijkt dat gevels die van Noord-Zuid lopen meer zonnestraling opnoemen in tegenstelling tot gevels die op het oost-westen staan. Uit het onderzoek van

(van Esch, Looman, & de Bruijn-Hordijk, 2012) is gebleken dat deze opname van warmte anders is bij verschillende oriëntaties. In dit onderzoek is een straat met een Noord-Zuid georiënteerde gevel vergeleken met een Oost-West georiënteerde gevel. In figuur 13 is te zien wat de resultaten zijn qua zonuren per dag. Er is gebleken dat bij een Noord-Zuid oriëntatie de straat in alle seizoenen minder zonlicht ontvangt in vergelijking met een Oost-West oriëntatie. Volgens het onderzoek van (Ali-Tourdet & Mayer, 2004) is gebleken dat het UCR hierbij een belangrijke parameter is.

Een hoge UCR zorgt voor meer opname van zonnestraling op straat terwijl een lage UCR juist gebouwen opwarmt. Naast de inval van zonnestraling heeft de oriëntatie van de straat ook een effect op de windcirculatie in de stad. Volgens (Tax, 2021) is de stedelijke indeling een belangrijke parameter die effect heeft op wind. De oriëntatie van gebouwen speelt hierbij een rol doordat het een “kanaliserend” effect kan hebben voor wind. Dit zorgt ervoor dat wind gebruikt kan worden als een mogelijk verkoelend element. Kortom de oriëntatie van gevels en straten beïnvloeden voornamelijk hoe lang en sterk de thermische massa in de straat opwarmt.



Figuur 13, Impact van straat oriëntatie op toegang tot zonlicht. Percentage van de straat dat direct geraakt wordt door zonlicht in een N-Z oriëntatie (A) en O-W (b). (De straatbreedte is 15 m) (van Esch, Looman, & de Bruijn-Hordijk, 2012)

Hoogbouw

In een hoogbouw setting is de oriëntatie van de straat een belangrijke parameter. Ten eerste heeft een hoogbouwwerk een groter geveloppervlak dan laagbouw. Hierdoor ontvangt meer zonlicht waardoor de warmte-opslag groter is. Door de grotere blootstelling op zonlicht ontvangt hoogbouw meer hitte en stoot het meer hitte uit in de nacht. Dit versterkt het UHI. Zo zorgt een hoogbouwtypologie waar de UCR hoog is voor minder zoninval op straat, echter zorgt het wel voor vertraagd afkoelen door het heat-trapping effect. Een belangrijke conclusie hieruit is dat door hoogbouw er overdag een verkoelend effect heerst op straat door de schaduw. In de nacht zorgt de hoogbouw juist voor een vertraagde afkoeling in de straat. (Shishegar, 2013)

Gebouw- en straatmaterialen

Materialen met een laag albedo (zoals zwart bitumen) absorberen veel zonnestraling, wat resulteert in hoge oppervlaktetemperaturen. Deze warmte wordt 's nachts uitgestraald, wat het UHI versterkt. Vegetatieve materialen daarentegen hebben een hoger albedo en meer verdamping (latente warmte), wat verkoelend werkt. Verder spelen materialen een cruciale rol bij het opvangen en vasthouden van weerkaatsende hitte door bijvoorbeeld glas. Het is namelijk ongunstig als hoogbouw weerkaatsende materialen gebruiken zoals glas en licht beton. Als de omgeving juist niet hierop is voorbereid (door ook reflectieve materialen te gebruiken) krijg je een verplaatsing van het probleem. Materiaalkeuze is dus cruciaal voor klimaatadaptatie. (Stauce, Bart, Ottele, & Jonker, 2022)

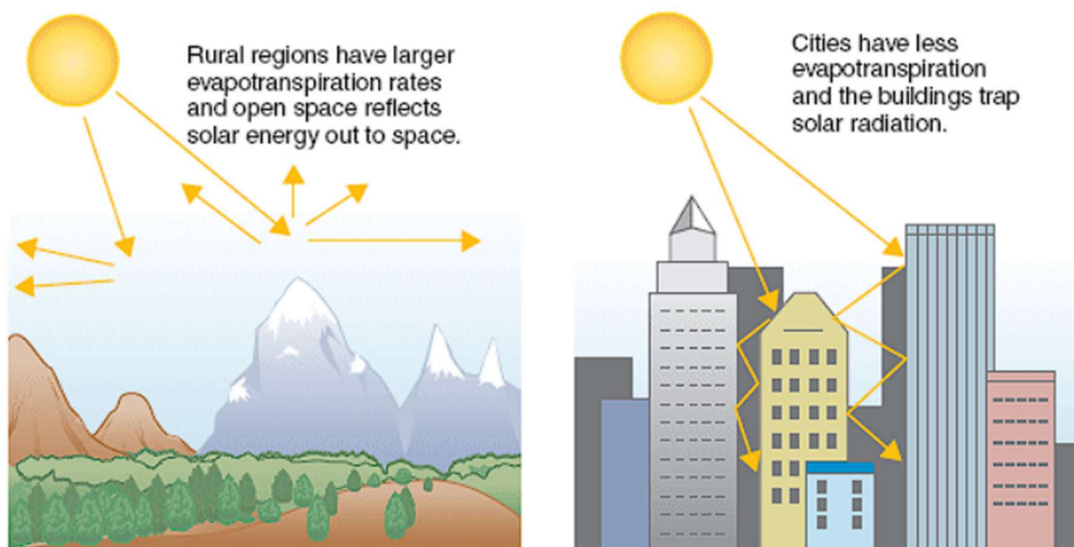
Hoogbouw



Materiaalgebruik is dus cruciaal bij het aanpakken van het hitteprobleem. Bij het gebruik van materialen met een hoge reflectiefactor (albedo) zorgt dit voor een lagere absorptie. (Lenzholzer, 2013) raad aan voor het gebruik van reflectieve materialen om dit op gebouwniveau te richten op het dak. Het is volgens haar ongunstige om dit toe te passen op de gevels. Dit zorgt namelijk voor een reflectie van zonlicht op straatniveau waardoor de temperatuur toeneemt. Naast de albedo is de lange-golfradiatie ook een belangrijke factor in het stedelijk gebied. Deze radiatie gaat gepaard met de eerder genoemde SVF. Als na een warme dag het materiaal in de nacht de warmte afgeeft is het wenselijk dat dit weer de straat canyon uit kan naar de atmosfeer. Echter zorgt een lage SVF ervoor dat de hitte als het ware vast komt te zitten in de straat (Baghaeipoor & Nasreollahi, 2019). Bij hoogbouw zijn er enkele knelpunten bij het materiaalgebruik:

1. Hoogbouw heeft een versterkt effect bij het gebruik van ongunstige materialen. Met name het gebruik van materialen met een hoge albedofactor zoals glas zijn nagenoeg niet weg te denken bij hoogbouw. Het weerkaatsen van zonlicht is door de hoogte en het glas versterkt, waardoor het de straat canyon extra verhit. Daarnaast zorgt hoogbouw voor een lagere SVF en zorgt het er dus ook voor dat de hitte minder snel de straat uit kan. (Baghaeipoor & Nasreollahi, 2019)
2. Hoogbouw wordt voornamelijk ook gebouwd met beton. Zoals te zien is in het onderzoek van (Stauce, Bart, Ottele, & Jonker, 2022) is beton een absorberend materiaal en stoot het ook uit. Echter heeft Beton een hoge thermische massa. Dit zorgt voor een ongunstige combinatie: beton neemt warmte traag maar wel veel op en het stoot warmte snel uit. Dit zorgt voor een versterking van het hitteprobleem vooral in de nacht wanneer het juist afkoelt. Hierdoor draagt het bij aan het stedelijk hitte-eiland effect.

In figuur 4 is te zien hoe deze knelpunten zich in de werkelijkheid manifesteren. Hoogbouw zorgt voor een dichtbebouwde situatie waardoor het vaak dicht op andere gebouwen staat. In figuur 4 is te zien hoe de zonnestralen worden weerkaatst tussen de gebouwen in. Dit komt door het gebruik van glas en andere materialen met een hoog albedo (Nugroho, Triyadi, & Wonorahardjo, 2021). Naast de albedo is de emissiviteit en de absorptie van hitte ook van belang. In figuur 14 zorgt namelijk het beton van gebouwen ervoor dat hitte over dag langzaam wordt opgenomen. In de nacht wordt deze dan op zijn beurt weer langzaam uitgestoten. Door de dichtbebouwde ligging is dit proces ook langdurig waardoor de hitte in de staten blijft hangen. Dit zorgt voor een versterkt hitte-eiland effect. Bij het eerder benoemde Manhattan-effect is door de hoeveelheid hoogbouw dit effect sterker. (Stauce, Bart, Ottele, & Jonker, 2022)



Figuur 14, Het werkingsmechanisme van heat-trapping, (CIMS, sd)

5.2 DEELVRAAG 2

In deelvraag 2 worden er gebruik gemaakt van een mix methods aanpak. Er wordt gefocust op maatregelen tegen hitte. Dit wordt gedaan door de maatregelen in 3 categorieën te ordenen en dan af te toetsen bij experts voor effectiviteit tegen specifiek de effecten van hoogbouw op hitte. Dit wordt vervolgens vergeleken met de beleidsanalyses van Londen en New York waarin de categorieën worden getoetst op aanwezigheid, concreetheid en beleidsmatige verplichting ervan. Dit zorgt voor een resultaat dat aantoont welke schaal van maatregelen het meest effectief is en of deze in deze twee steden adequaat wordt toegepast.

5.2.1 OVERZICHT MAATREGELN PER SCHAAL

In figuur 12 is er een overzicht van de maatregelen en tot welke categorieën deze behoren. In **bijlage 9** staat de uitgewerkte maatregelenstudie. Deze schaalniveaus worden gebruikt voor de beleidsanalyse en interviews.

Maatregel	Schaalniveau	Werking	Bron
Koele daken 1. Metaaldaken: 2. Enkel-ply membranen 3. Built-up daken 4. Coatings 5. Gemodificeerde bitumen daken 6. Shingles en tegels	Gebouw	Koele daken zorgen voor een verkoelend effect voor het gebouw. Ze zijn lichter van kleur waardoor ze licht weerkaatsen.	(Santamouris, Synnefa, & Karlessi, 2011)
Groene daken 1. Extensieve groene daken 2. Intensieve groene daken 3. Biologische zonnedaken 4. Biodiverse daken 5. Blauwe daken	Gebouw	Groene daken zijn net als koele daken een maatregel tegen hitte. Deze verkoelen alleen op een andere manier. Door evapotranspiratie hebben planten energie nodig waardoor warmte in de omgeving gebruiken	Rodrigues, 2019, (Santamouris, Synnefa, & Karlessi, 2011)
Groene gevels 1. Klimgevels 2. "levende" gevels 3. Bioactieve gevels	Gebouw	Groene gevels werken op dezelfde manier als groene daken. Het verschil tussen de twee is dat groene gevels vaak lager hangen waardoor ze meer afkoelen door hun locatie.	Rodrigues, 2019
Verkoelende bestrating 1. Gemodificeerd asfalt 2. Portland cementbeton 3. Chip seals 4. White topping 5. Harsgebonden bestrating 6. Poreus asfalt/poreus beton	Buitenruimte	Verkoelende bestrating is een collectieve naam voor verschillende maatregelen met verschillende werkingen. Sommigen werken zoals reflecterende daken door het weerkaatsen van zonlicht, andere bevorderen het infiltreren van water in de ondergrond. Deze maatregel is essentieel omdat koele maatregelen van gebouwen zorgen voor het reflecteren van deze warmte naar de straat. De straat dient goed met deze warmte om te gaan anders hebben de maatregelen op de gebouwen ook een negatief effect.	Coolroofkit, 2012
Het toepassen van natuurlijke ventilatie in gebouwen. Door het gebruik van een top-down systeem zoals te zien in figuur 15 en een inlaatsysteem (figuur 16)	Gebouw	Natuurlijke ventilatie is het gebruiken van windstromen in de stad om het gebouw te verkoelen. Schachten en roosters zorgen voor een koele stroom door het gebouw heen die bijvoorbeeld s' nachts de hete/vervuilde lucht het gebouw uit blaast. Dit zorgt voor een verkoelend effect en zorgt voor een verminderd gebruik van energieslurpende en warme HVAC-systemen.	Ng, 2010, Axley, 2001
Het inrichten van de stad op een wijze die stedelijke ventilatie verbeterd 1. Bevorderen van Air paths 2. Rekening houden met de windrichting en de oriëntatie van de straat in verhouding tot de zon 3. Het bevorderen van de verschillen in gebouwhoogte	Stedelijke Morfologie	Het inrichten van de stad op stedelijke ventilatie is een oplossing die werkt als een preventieve maatregel. Door de stad in te richten op bestaande windpatronen en deze zo min mogelijk te beperken. Hierbij is het cruciaal om de dominante windrichting in de zomer aan te houden omdat vooral in de zomer de warmte de stad uit moet geblazen worden. Naast de oriëntatie van gebouwen zorgen "air paths" tussen hoge gebouwen voor een versnelde windstroom in de straat. Verder is het hebben van diverse hoogte in hoogbouw een belangrijke factor voor de doorlatendheid van wind in de straten.	Ng, 2010, Mayer, 2008, Givoni, 1998

Figuur 15, Overzichtstabel maatregelen studie in bijlage 9

5.2.2 ANALYSE RESULTATEN

Het eerste onderdeel van deze deelvraag zijn de beleidsanalyses van New York en Londen. Deze zijn uitgewerkt te vinden in **bijlage 10**.

ONDERBOUWING BEOORDELING BELEIDSANALYSES

LONDEN

gebouwniveau

Londen is een stad die al bezig is met het toepassen van maatregelen op gebouwen. Ten eerste zet het zich in voor reflectieve daken, groene gevels en groene daken zoals beschreven in the living Walls and roofs plan (Rodrigues, 2019). Het plan voor de aanleg van groene daken en groene gevels is onderdeel van de alomvattende strategie voor de groene infrastructuur in de stad. Zoals te lezen is in het document over de living Walls and roofs kan worden geconcludeerd dat de stad concrete doelen heeft opgesteld. Daarnaast wordt er gereflecteerd op de ontwikkelingen van deze maatregelen in de stad van de afgelopen 10 jaar. De groene gevels en daken worden voor grote projecten verplicht gesteld door de city council. Vaak worden vergunningen pas verleent als grote nieuwbouwprojecten vergroeningselementen bevatten. De score voor de categorie aanwezigheid is **groen**. Deze schaal aan maatregelen is ver onderzocht en ook bekend binnen de Londense strategie. Het komt voor in zowel de Londen Plan en in de omgevingsstrategie van Londen. Ten tweede scoort het ook voor de categorie concreetheid **groen**. Deze schaal wordt vooral in (Rodrigues, 2019) toegelicht als actieplan. De concreetheid hiervan is aangetoond door kwantitatieve grafieken en tabellen. Hier wordt aangetoond waar deze maatregelen komen en doelen voor hoeveelheid. Ten slotte wordt dit schaalniveau beoordeeld met een **groene** score voor de categorie beleidsverplichting. De vergroening van gebouwen wordt tegenwoordig bij grote projecten verplicht d.m.v. de UGF. Daarnaast staat in de London plan en in de Living Roofs and Walls dat grote ontwikkelingen verwacht worden om bij te dragen aan de groen infrastructuur. (Rodrigues, 2019) (Greater London Authority, 2021)

buitenruimte

Londen wil een pionier worden op het gebied van vergroening in de stad. Het werkt aan het implementeren van een groene infrastructuur die zal bestaan uit parken, bomen, groene daken en gevels etc. Dit is een van de hoofddoelen die vermeld staan in het London Plan en de omgevingsstrategie. Het vergroeningsbeleid is aanwezig en heeft een apart hoofdstuk. Om deze reden ontvangt deze schaal een **groene** beoordeling in de categorie van aanwezigheid. Londen is daarnaast ook concreet met de implementatie hiervan. Zo wilt het 50% van de stad vergroenen in 2050 en 10% van de stad overkappen met bomen (Greater London Authority, 2021). Daarnaast zijn er rekentools ontwikkeld zoals de UGF die naast gebruik door projectwikkelaars ook een houvast bieden voor de stadsdistricten (boroughs) om de knelpunten van hun gebied in kaart te brengen. Om deze reden ontvangt deze schaal een **groene** beoordeling op concreetheid. Ten slotte kennen de doelen voor de aanleg van groene infrastructuur ook een beleidsverplichting. Er wordt voor grote ontwikkelingen verplicht een UGF berekening gevraagd aan de projectontwikkelaar, (Greater London Authority, 2021) bovendien moet deze uitspraak doen over hoe hij deze score zo hoog mogelijk krijgt. Echter is dit beleid nog niet verbreed tot kleine ontwikkelingen, hier zijn wel gesprekken over. Dit zorgt voor een **oranje** eindbeoordeling voor de deze categorie

Stedelijke morfologie

Londen is zich aan het ontwikkelen op het gebied van stedelijke morfologie en haar complexe relatie met hitte. Het is een werkveld dat nog vrij nieuw is maar het wordt wel genoemd in verschillende rapporten. Zo wordt er in een consortium over thermisch comfort in de buitenruimte gesproken over de invloed van stedelijke morfologie, met name de invloed van bebouwing (City of London, 2020). Daarnaast wordt er in de Londen Plan en Omgevingsstrategie en het stadsplan 2036 gesproken over hetzelfde principe (City of London, 2021), (Mayor of London, 2018). Om deze reden krijgt deze schaal een **groene** beoordeling op aanwezigheid. Ten tweede is de concreetheid van het beleid onderzocht. Helaas waren er weinig concrete beleidsregels omtrent



de stedelijke morfologie. Er werd gesproken in algemene zin dat de stedelijke morfologie aan het hitteprobleem bijdraagt, maar er werden geen concrete doelen of kwantificerende doelen opgesteld voor het bereiken van een balans tussen de twee (Greater London Authority, 2021). Hierdoor ontvangt deze schaal een **rode** beoordeling. Ten slotte heeft het beleid weinig verplichtingen als gevolg van het gebrek aan concreetheid. Er zijn wel verplichte zaken zoals de cooling hierarchy die stedelijk morfologische onderdelen bevatten. Deze zijn echter niet duidelijk terug te vinden en zorgen ook niet voor een vermindering van de effecten van de stedelijke morfologie op het hitte probleem. Hierdoor ontvangt dit een **rode** beoordeling.

In figuur 16 zijn de scores voor Londen bij elkaar opgeteld waarbij de buitenruimte en gebouwniveau het hoogst scoren.

Londen	Gebouwniveau	Buitenruimte	Stedelijke morfologie
Aanwezigheid	3	3	3
Concreetheid	3	3	1
Beleidsmatige verplichting	3	2	1
Eindscore	9	8	5

Figuur 16, Eindscores beleidsanalyse Londen

NEW YORK

Gebouwniveau

New York is zich aan het ontwikkelen op het mitigeren van het hitteprobleem. Ten eerste is het bezig met het actief uitvoeren van een pilot bij 40 nieuwprojecten om hun effecten op het klimaatprobleem te reduceren. Deze maatregelen zijn voornamelijk het motiveren van de aanleg van groene daken, bomen en reflectieve daken. New York is van plan om in 2026 deze pilot uit te breiden naar alle nieuwe projecten. Daarnaast lanceerde het in 2010 de Cool Roofs Program waarin de stad werkers financiert om daken reflectief te maken. De Cool Roofs programma is gesolideerd in de Local Law 21 waarin coatings met een hoog albedo worden aangeraden. Ten slotte werden in de Local Laws 92 en 94 in 2019 nieuwbouw verplicht gesteld om een groen dak, zonnepanelen of een combinatie van de twee te hebben. Kortom dit zorgt er voor een **groene** beoordeling op aanwezigheid. New York ontwikkelt zich snel op maatregelen op gebouwniveau, daarnaast laat het in die afgelopen 10 jaar een duidelijk actieplan zien. Dit actieplan zorgt voor een concreetheid op het gebied van onderbouwingen. In de Local Laws is namelijk de gewenste albedo te zien voor de reflectieve daken, daarnaast geeft New York ook de cijfers die het betaalt aan specifieke ingrijpen. Hierdoor ontvangt het op het gebied van concreetheid een **groene** beoordeling. Ten slotte is New York erg streng op de aanpak van deze maatregelen. Ze zijn voor een groot deel opgenomen in de Local Laws waardoor er een juridische motivatie is voor projectontwikkelaars om dit in acht te nemen. Hierdoor ontvangt het op dit gebied ook een **groene** beoordeling.

Buitenruimte

New York richt zich ook op de buitenruimte. De primaire aanpak die ze hierbij hebben is de aanleg van bomen. Hierbij lanceerden ze de Million TreesNYC programma in 2007, waarbij ze een concreet doel van 1 miljoen bomen in 10 jaar hadden. Ten tweede richt New York zich op het begrip van koele bestrating. Op dit moment heeft New York geen concrete doelen voor de aanleg van koele bestrating, echter implementeert het ze wel ongestructureerd in de stad. Dit komt door dat er wetenschappelijke weinig kennis is over de effectiviteit van bestrating op het UHI. Ten slotte is New York aan het investeren op een **groene** infrastructuur. Deze heeft als primaire doel het opvangen van regenwater maar kent ook meekoppelkansen op het gebied van hitte reductie. Deze schaal scoort een **groene** score op basis van aanwezigheid. Het is namelijk de primaire maatregelschaal in de Cool Neighborhoods plan van New York. Ten tweede is het qua investering

en doelen concreet. In 2035 wil New York een overkappingspercentage van 30% door bomen in de stad. Daarnaast investeert het 1,5 miljard voor de aanleg van groene infrastructuur in de stad. Hierdoor ontvangt deze schaal een groene score op concreetheid. Ten slotte laat de verplichten van de aanleg van groen die te zien is in Local Law 148 uit 2023 dat er een juridische verplichting is voor projectontwikkelaars om bomen te planten in project gebieden. Dit zorgt ook voor dit onderdeel een **groene** beoordeling.

Stedelijke morfologie

Ten slotte is geanalyseerd hoe New York omgaat met de stedelijk morfologische kant van het hitte probleem en welk beleid hierop is. New York kent geen beleid op dit gebied. Hierdoor mist de stad op een preventieve mogelijkheid om het UHI alvorens de bouw te mitigeren. Daarnaast zijn er geen practices om bestaande hoogbouwdistricten aan te pakken op dit gebied. Om deze reden ontvangt deze schaal een **rode** score op alle categorieën.

In figuur 17 zijn de scores voor New York bij elkaar opgeteld waarbij de buitenruimte en gebouwniveau het hoogst scores.

New York	Gebouwniveau	Buitenruimte	Stedelijke morfologie
Aanwezigheid	3	3	1
Concreetheid	3	3	1
Beleidsmatige verplichting	3	3	1
Eindscore	9	9	3

Figuur 17, Eindscores beleidsanalyse New York

ONDERBOUWING BEOORDELING MAATREGLLEN OP BASIS VAN INTERVIEWS

In de interviews worden de 3 maatregelen categorieën hergebruikt en afgetoetst bij twee experts van de TU delft. De geïnterviewde experts zijn Daniela Maiullari en Arjan Droste. Daniela is een assistent professor binnen de afdeling Environmental Technology and Design bij de TU Delft. Ze houdt zich bezig met het microklimaat in de stad en de relatie hiervan met de stedelijke morfologie. Arjan is assistent professor hydrometeorologie binnen de afdeling Water Management bij de TU delft. Hij houdt zich bezig met het microklimaat in de stad waaronder wind, vergroening, temperatuur etc.

Daniela Maiullari

In het gesprek met Daniela zijn de maatregelenschalen afgetoetst op basis van de onderstaande Rubriek. Er volgt een beoordeling voor alle 3 de schalen en de onderbouwing hiervan:

1. Gebouwniveau: Daniela heeft over maatregelen op gebouwniveau vooral gesproken over het materiaalgebruik. Zij benoemt thermische massa als een belangrijk factor binnen de effecten bebouwing op hitte in het algemeen. In het specifiek noemt zij glas gezien dit een bekend gezicht is bij hoogbouwwerken. **“There is generally a strong association between glass façades and high-rise buildings. And we have known for decades that glass is a poor material in urban contexts—it’s highly reflective and has low thermal mass. This leads to poor indoor thermal comfort, requiring mechanical cooling systems, which in turn increase outdoor heat. It becomes a vicious cycle.”** Materialen met een hoge thermische massa zijn volgens haar beter zijn voor hoogbouw omdat ze minder reflectief zijn. De ruimtelijke context is hier ook heel belangrijk doordat gereflecteerde warmte juist afhankelijk is hiervan. Een dichtbebouwd gebied met hoge thermische massa is zorgt voor meer hitte dan een dun bebouwd gebied. De eindbeoordeling voor deze schaal is **oranje**. De reden hiervoor is dat maatregelen binnen de schaal gekozen dienen te worden op basis van de omgeving. Als

de omgeving een dichtbebouwd gebied is deze maatregel cruciaal. Bij een dun bebouwd gebied zou het anders kunnen zijn.

2. Stedelijke morfologie: Uit het gesprek met Daniela bleek dat dit volgens haar de meest cruciale schaal is voor de aanpak van dit probleem. Volgens haar is stedelijke ventilatie een van de belangrijkste aspecten die hoogbouw beïnvloed. **“But it is not just about the height of the buildings; it’s also about how they’re planned. High-rise developments are often designed plot-by-plot, without an overarching strategy for how the neighbourhood functions as a whole. That is a problem. Urban ventilation is something that must be addressed at the planning level, not just the design level.”** De stedelijke morfologie heeft volgens haar zo’n sterk effect dat hoogbouw in sommige situaties zelfs zorgen voor verkoeling. **“The second point is that context really matters. Take Rotterdam’s Katendrecht as an example: it is high density, has high-rises, and yet it stays relatively cool in the summer. That is because of two main factors—shade from the tall buildings and breezes from the Maas River.”** Verder vertelt Daniela dat de ruimtelijke structuur erg belangrijk is **“Yes, but even more than just morphology—it is about the urban structure, how the buildings relate to each other. Where is the shadow during the afternoon? Are wind paths maintained? It is about composition—what we call “design composition”—and it includes orientation, prevailing winds, and how masses are distributed.”** Daniela noemt hier elementen binnen de stedelijke morfologie waar in de ontwerpfase al rekening meegenomen kan worden. De eindbeoordeling voor deze schaal is **groen**. De reden hiervoor is dat volgens Daniela wind en thermische massa belangrijke onderdelen zijn binnen de complexe relatie van hoogbouw en hitte. Dit zijn onderdelen die afhankelijk zijn van factoren in de buitenruimte. Dit zijn vooral oriëntatie van straten en gebouwen, materiaalgebruik in de buitenruimte en ook hoogte van gebouwen
3. Buitenruimte: Maatregelen die behoren in de buitenruimte worden door Daniela met gemixte antwoorden beschreven. Zo vindt zij dat het voor specifiek voor het probleem oplossingen in de buitenruimte waarbij er vergroening bij komt kijken niet een sterke maatregel en heeft dit weinig effect. Het heeft volgens haar wel een effect als er wordt gekeken naar biodiversiteit en beschaduwing, echter zijn de effecten bij de aanpak van hoogbouw minimaal. **“Another aspect: in high-density areas, vegetation has limited impact. There is a study from Hong Kong by someone named Moo that shows this clearly. So, most mitigation efforts should target the buildings themselves—particularly materials—more than pavements or greenery.”** Om deze reden ontvangt de buitenruimte een **rode** beoordeling. Volgens Daniela zou de visie vooral gericht moeten zijn naar de bebouwing zelf.

Categorie	Groen	Oranje	Rood
Effectiviteit	Expert zijn te spreken over de maatregelenschaal en zien dit als de voornaamste methode om het probleem op te lossen	Experts zijn positief over de toepassing van de maatregelenschaal maar zien deze als secundair. Ze zien deze niet als maatregel die als enige dient te worden toegepast maar in combinatie met een “groen scorende” maatregel.	De expert zien dat deze maatregelenschaal weinig effect heeft op het huidige probleem en raad deze af hierdoor.

Arjan Droste

In het gesprek met Arjan zijn de maatregelenschalen afgetoetst op basis van de onderstaande Rubriek. Er volgt een beoordeling voor alle 3 de schalen en de onderbouwing hiervan:

1. Gebouwniveau: Op gebouwniveau heeft Arjan droste qua maatregelen enkele bevindingen. Hij raadt het gebruik van reflecterende materialen op gevels af omdat deze de warmte eerder verplaatsen en daardoor de situatie op straat verergeren. **“Reflecterende materialen is iets om een beetje mee op**



- te passen als je ze op gevel/straatniveau toepast: weliswaar gaat er dan inderdaad minder warmte het gebouw in, maar al die straling gaat ergens anders heen, en kan daardoor de situatie op straat (of andermans gevel) verergeren. Witte daken zijn daar de uitzondering op, die reflecteren vooral terug naar de atmosfeer, dus dat werkt over het algemeen wel goed. Over warmt werende materialen is momenteel veel van doen en is eigenlijk nog te weinig over bekend om te zeggen wat werkt en hoe”.* Daarnaast benadrukt Arjan het belang van het materiaalgebruik van hoogbouw. Hoogbouw heeft een hogere massa dan laagbouw waardoor het meer hitte absorbeert. Dit zorgt voor een versterkt effect voor het hitte-eiland effect. **“Het UHI wordt met name veroorzaakt door de thermische opslag van bouw materiaal. Beton en baksteen hebben een hoge warmtecapaciteit en stralen alle energie die ze overdag opnemen door zonne-instraling langzaam weer uit om de stad warm te houden. Als je bouwstructuur veel van die hoog-thermische elementen bevat zal het UHI dus ook hoger zijn, zelfs met compacte bouwstructuur, want hoe compacter je bebouwing hoe meer open ruimte er is, hoe meer zon er in kan.”** De eindbeoordeling voor deze schaal is wederom **oranje**. Arjan spreekt duidelijk over het belang van materialen en hun thermische massa, echter is volgens hem het holistisch denken een belangrijkere eerste aanpak. Ten slotte spreekt hij ook over hoe het gebruik van thermische materialen sterk beïnvloed kan worden door de SVF, wat duidelijk het resultaat is van de stedelijke morfologie.
2. Stedelijke morfologie: Arjan is van mening dat de stedelijke morfologie belangrijk is in de aanpak van het probleem. Zo noemt hij net als daniela wind een belangrijke factor die zelfs als een kans kan worden benut voor het reduceren van hitte. **“Luchtstroming is in mijn ogen essentieel voor hitte-reductie: uit onderzoek weten we dat het op gevoelstemperatuur soms wel 10 graden kan schelen tussen windstil en een licht briesje (1 m/s). Dus als je dat in kan zetten om je stad te ventileren heb je heel veel profijt zonder dat het extra kosten heeft (wat bijv. water wel heeft).”** Arjan noemt dus windt een kans voor verkoeling in de stad, daarnaast vertelt hij ook dat het een onderbelicht onderdeel is in relatie tot hitte. Hij geeft aan dat de ventilatie overdag positief kan zijn voor de gevoelstemperatuur maar dat wind in de nacht ook kan helpen bij het ventileren van de stad. In de nacht zorgt wind namelijk dat de uitgestoten lucht niet blijft hangen. Ten slotte noemt hij ook gemeentes op om holistisch te denken over dit aspect van hitte. **“Mijn belangrijkste advies is: pak het aan als een systeem. Focus niet alleen op hitte, maar realiseer je dat elke ingreep het microklimaat beïnvloedt. Als je een boom plant tegen hitte, is dat op zich goed. Maar je verhoogt daarmee ook de watervraag. En het kan de wind tegenhouden, waardoor de luchtkwaliteit verslechtert. Dan los je één probleem op, maar creëer je er twee nieuwe bij. Je ziet vaak dat mensen verantwoordelijk zijn voor één aspect, zoals hitte. Dan pakken ze dat aan zonder naar het geheel te kijken. Je moet het stedelijk systeem als geheel begrijpen. Als je een hoog gebouw neerzet, of een aanpassing doet, moet je weten wat dat betekent voor al die andere aspecten.”** Het holistisch denken zorgt er ook voor dat er rekening gehouden wordt op de manier bebouwing bijvoorbeeld de SVF en luchtcirculatie beïnvloeden. De eindbeoordeling van deze schaal komt uit op **groen**. Hoogbouw heeft volgend Arjan een groot effect op de buitenruimte. Hij ziet het op basis van de bovengenoemde quotes als essentieel om de interactie tussen hoogbouw en hitte mee te nemen.
 3. Buitenruimte: Arjan is wel te spreken over maatregelen in de buitenruimte. Hij vindt dat er hier potentie in ligt die vooral te maken heeft met het aanpassen op de hitte die hoogbouw met zich meebrengt. Hij raad maatregelen aan binnen de hoek van nature-based solutions. Dit soort maatregelen noemt hij echter na het benoemen van het belang van de stedelijke indeling. **“Het is dus belangrijk om te kijken naar hoe het gebouw past in het wijkbeeld. Je moet verder kijken dan alleen het gebouw zelf. Hoe verstoren we het microklimaat van de wijk of straat waar dit gebouw komt, en kunnen we dat verbeteren met slimme ontwerpen? Je wil het gebouw natuurlijk wel hebben, maar dan op de best mogelijke manier. Bijvoorbeeld met nature-based solutions, of natuur-inclusief bouwen. Denk ook aan materiaalkeuze en kleur, zodat er geen extra straling naar beneden komt.”** Het eindoordeel op deze schaal is **oranje**. Arjan is van mening dat deze schaal zeker potentie heeft omdat het uiteindelijk deel is van het straatbeeld, echter vindt hij

wel dat factoren die direct de invloeden van warmte beheren zoals: materiaalgebruik en stedelijke morfologie wel belangrijker.

Categorie	Groen	Oranje	Rood
Effectiviteit	Expert zijn te spreken over de maatregelenschaal en zien dit als de voornaamste methode om het probleem op te lossen	Experts zijn positief over de toepassing van de maatregelenschaal maar zien deze als secundair. Ze zien deze niet als maatregel die als enige dient te worden toegepast maar in combinatie met een "groen scorende" maatregel.	De expert zien dat deze maatregelenschaal weinig effect heeft op het huidige probleem en raad deze af hierdoor.

5.2.3 CONCLUSIE DEELVRAAG 2

In deze deelvraag is er onderzoek gedaan naar welke type maatregelen voor het UHI er worden toegepast in 2 geselecteerde C40 steden. In dit onderzoek zijn Londen en New York onder de loep genomen en de resultaten staan weergegeven in figuur 14. Zowel Londen als New York zijn ver met het aanleggen van maatregelen op gebouwniveau en in de buitenruimte. Desondanks blijft dit uit voor de stedelijke morfologie. Op dit gebied zijn er weinig maatregelen zoals guidelines voor nieuwbouw en het bijvoorbeeld introduceren van wind in hoogbouwdistricten. Deze uitkomst staat haaks aan de door experts aangeraden maatregelen. Zowel Daniela als Arjan zijn het eens over het belang van stedelijke morfologie en het effect van slim in plannen van hoogbouw binnen dit gebied. De uitkomsten zijn te zien in de tabel van figuur 18 en 19. Kortom, in figuur 18 is te zien dat maatregelen binnen de stedelijke morfologie het meest effectieve zijn voor de reductie van het UHI door hoogbouw. In figuur 19 is echter te zien dat dit de minst toegepaste categorie van maatregelen is. De eindconclusie is dat deze deelvraag een duidelijke mismatch laat zien van het beleid en de technische kennis.

Kolom1	Gebouwniveau	Stedelijke morfologie	buitenruimte
Daniela Maiullari	2	3	2
Arjan droste	2	3	1
Eindscore	4	6	3

Figuur 18, Overzichtsmatrix expertinterviews

Londen	Gebouwniveau	Buitenruimte	Stedelijke morfologie
Aanwezigheid	3	3	3
Concreetheid	3	3	1
Beleidsmatige verplichting	3	2	1
Eindscore	9	8	5
New York	Gebouwniveau	Buitenruimte	Stedelijke morfologie
Aanwezigheid	3	3	1
Concreetheid	3	3	1
Beleidsmatige verplichting	3	3	1
Eindscore	9	9	3

Figuur 19, Overzichtsmatrix beleidsanalyses Londen & New York City



5.3 DEELVRAAG 3 – HOOGBOUWANALYSE ROTTERDAM & BELEIDSINTERVIEWS

In deelvraag 3 worden twee onderdelen besproken: een hoogbouwanalyse en beleidsinterviews binnen de Gemeente Rotterdam. Deze moeten een weerspiegeling vormen van de huidige praktische toestand van hoogbouw in Rotterdam en van de visie, mening en ambities met betrekking tot dit probleem. Door deze twee methodes naast elkaar te zetten kan er worden gekeken wat er al qua hittestaatregelen wordt toegepast op hoogbouw ondanks het geringe beleid. Daarnaast kan er worden bekeken of de huidige situatie van hoogbouw in Rotterdam de wensen behaalt van de beleidsmakers. De hoogbouwanalyse is een visuele analyse die gemaakt is in **ArcGIS**. De link van de uitgebreide analyse is te vinden in **bijlage 12**. De hoogbouwanalyses dienen als **beroepsproduct** voor de opdrachtgeven.

5.3.1 HOOGBOUWANALYSE

In dit onderdeel zullen twee hoogbouwwijken in de gemeente Rotterdam worden vergeleken met elkaar. De hoogbouwwerken worden geselecteerd met de volgende concrete eisen:

1. De hoogte van het gebouw is minimaal 70 meter (de minimale hoogte voor hoogbouw in Rotterdam is 70 meter.)
2. De gebouwen moeten woontorens zijn omdat toekomstige hoogbouwwerken allemaal voornamelijk een woonfunctie zullen hebben
3. De hoogbouwwerken moeten in verschillende delen van de stad liggen (De reden hiervoor is om een variatie te krijgen van resultaten over bijvoorbeeld: de oriëntatie, schaduw, en wind)
4. De gebouwen moeten relatief andere soorten materiaal of contrasten van materiaal gebruiken. Dit zorgt voor een makkelijkere mogelijkheid voor het trekken van conclusies.

COOLTOWER

BASISGEGEVENS

De Cooltower is een woontoren gelegen in het centrum van Rotterdam, op het Coolhaveneiland. Het is een van de hoogste gebouwen in Nederland met een hoogte van 150 meter en 50 verdiepingen. Het gebouw is grotendeels opgebouwd uit glas en lichtkleurig prefabbeton. De Cooltower is gericht op woningen en bevat appartementen en penthouses. De Toren heeft een moderne look en ziet er modern uit door de glazen en lichtgekleurde gevel. De originele plannen voor de toren werden al in 2009 gepresenteerd, maar door de financiële crisis werd de bouw vertraagd. In de loop van de jaren is het ontwerp aangepast en presenteerde V8 Architects het uiteindelijke ontwerp in 2016. Dit hoogbouwwerk is uniek in vergelijking met andere hoogbouw werken door de lichte visuele kenmerken van het gebouw. In 2023 werd het gebouw opgeleverd.



Naam	CoolTower
Locatie	Baan 167, Rotterdam

Hoogte	150 meter
Functie	Woongebouw
Oplevering	2023
Architect	V8 Architects
Aannemer/ontwikkelaar	Ballast Nedam Development

ONDERBOUWING VOOR KEUZE COOLTOWER AAN DE HAND VAN CITERIA

1. De cooltower is 150 meter. Hiermee voldoet hij eraan om geclassificeerd te worden als hoogbouw in de Gemeente Rotterdam.
2. De cooltower heeft als functie wonen en bevat appartementen en penthouses. Dit is ook de voornaamste reden voor de bouw van hoogbouw in Rotterdam waardoor de resultaten van dit onderzoek representatiever zijn voor toekomstige woontorens.
3. De Cooltower representeert het centrum van Rotterdam. Het andere gebouw wordt gekozen in de Kop van Zuid. Dit maakt het onderzoek niet te identiek en zorgt voor meer variatie in stedelijke morfologie.
4. De Cooltower bestaat voornamelijk uit glas en licht prefabbeton. Hiermee is het een van de uniekere hoogbouwwerken in Rotterdam en opent de mogelijkheid tot vergelijking met andere hoogbouwwerken met meer traditionele contrasten en materialen. (Gils, 2020)

BEOORDELING COOLTOWER

*In de analyses wordt gerefereerd naar figuren voor een beter beeld van hoe de conclusies tot stand zijn gekomen. De figuren zijn te vinden in de storymap. De link hiervan zit in **bijlage 12**.*

Beoordeling stedelijke morfologie & wind

Uit de analyse is gekomen dat de Cooltower een rode beoordeling krijgt voor de factor stedelijke morfologie & wind. De Cooltower en haar omgeving scoren laag op de UCR en SVF score. In tabel 1 en 2 is te zien dat zowel de gevel van de Cooltower als de gevel er tegenover hoog scoren op het UHI. Deze zijn ver boven de gewenste 0,35 waardoor het gebied dus gekenmerkt wordt door smalle straten hoge gebouwen. Het SVF van het gebied is te zien in figuur 19 waarin te zien is dat deze niet hoger uitkomt dan 0,25. De lage SVF waardes en hoge UCR waardes zijn van elkaar afhankelijk en zorgen voor implicaties voor het UHI. Deze zorgen namelijk ervoor dat in de nacht hitte minder snel kan ontsnappen naar de atmosfeer, Dit fenomeen is het heat-trapping effect. De gebouwen vormen een barrière voor de warmte, waardoor het UHI stijgt. Verder is te zien dat in figuur 21 het gebied een zwakke windsnelheid kent in de achterliggende woonwijk. In het gebied rond de cooltower echter is er een grotere kans op windhinder en is de kans op stedelijke ventilatie groter. Dit komt door het downwashing-effect dat is getekend in figuur 20. Dit effect forceert wind dat tegen het gebouw komt deels naar het straatniveau. Het downwashing-effect zorgt voornamelijk voor windvortexen om het gebouw heen. Het effect zorgt voornamelijk in dit geval voor windhinder zoals te zien is in figuur 21. Dit is positief voor het UHI gezien er door de windtoevoer het gebied om de Cooltower heen de warmte sneller wordt afgevoerd. Ten slotte zullen in de toekomst er naast de Cooltower twee hoogbouwwerken worden aangelegd. Deze woontorens zullen de SVF verlagen en het UCR verhogen waardoor het UHI zal toenemen.

Beoordeling bouwmaterialen

Het eindoordeel voor het gebruik van bouwmaterialen valt op een rode beoordeling. De Cooltower maakt gebruik van twee gevelmaterialen: wit prefabbeton en glas. Volgens tabel 3 heeft het witte prefabbeton een hoge emissiviteit. De emissiviteit is de mate van warmte-uitstoot dat een materiaal heeft. Dit is een positieve eigenschap van een materiaal mits de thermische massa positief is. Het prefabbeton heeft een positieve emissiviteit van 0,9 maar heeft echter een hoge thermische massa van 2060. Dit betekent dat het materiaal veel

warmte kan opslaan en dit kan uitstoten. De gewenste situatie is een lage thermische massa en hoge emissiviteit zodat er weinig hitte moet worden uitgestoten in de nacht. Daarnaast gebruikt de Cooltower glas dat eveneens een hoge thermische massa kent (2100) en een hoge emissiviteit. Dit zorgt voor een soortgelijk scenario als het prefabbeton waarin het glas veel warmte overdag opvangt en deze in de nacht uitstoot. De omgeving maakt voornamelijk gebruik van bakstenen en zwarte bitumen daken. Volgens tabel 3 hebben bakstenen en zwarte bitumen beide een soortgelijke emissiviteit en thermische massa. De thermische massa t.o.v. het prefabbeton en glas is lager maar nog steeds te hoog. De emissiviteit is daarentegen soortgelijk. Ook in deze situatie zorgt dit ervoor dat het UHI in de nacht versterkt is. De hoge thermische massa zorgt ervoor dat veel warmte wordt opgenomen. Daarnaast zorgt de hoge thermische massa dat al deze warmte wordt uitgestoten in de stad. Uit de observatie van het gebied is ook gebleken dat de Cooltower gebruik maakt van wit prefabbeton dat een hoog albedo kent. Dit materiaal zorgt ervoor dat de zonnestraling op straat niveau naar de tegenoverstaande gevel wordt gekaatst. Dit zorgt voor een dubbele warmte bron voor de gevel waardoor deze meer warmte opneemt. Dit zorgt voor een versterkt UHI in de nacht. Kortom de Cooltower en de omgeving maken gebruik van thermisch ongunstige materialen die bijdragen aan het UHI.

Beoordeling oriëntatie

De cooltower en haar omgeving ontvangen een rode beoordeling. De reden hiervoor is het resultaat van de analyse van twee straten in de omgeving. Uit de analyse van de Kortenaerstraat is gebleken dat deze straat 18 graden afwijkt van de zuidwestenwind. Echter is te zien in figuur 21 dat deze straat alsnog geen ventilatie biedt voor het gebied. In figuur 30 is dus ook te zien dat het UHI bij de Kortenaerstraat soortgelijk is als in de rest van het gebied. In de Schiedamse Vest is uit de GIS-berekening gebleken dat de straat haaks staat op de zuidwestenwind. De afwijking komt uit op 54 graden. In figuur 21 is dan ook te zien dat de wind voornamelijk langs de opening van de straat stroomt. Dit zorgt voor lage mate van stedelijke ventilatie in het gebied. In figuur 30 is dan ook te zien dat naarmate dieper in de Schiedamse Vest het UHI wordt gemeten deze hoger wordt. De enige mate van windcirculatie in het gebied komt voor aan het oosten van de Cooltower. Dit komt door de wind die wordt gevoerd vanuit de maas en door het eerder beschreven downwashing-effect van de Cooltower. Kortom de oriëntatie van het gebied staat voornamelijk haaks op de zuidwestenwind waardoor de stedelijke ventilatie zwak is. De zwakke ventilatie zorgt ervoor dat de warmte die in de nacht wordt uitgestoten door de thermische massa niet kan worden weggeblazen. Dit zorgt voor een stijging van het UHI.

Factor	Groen	Oranje	Rood
Stedelijke morfologie	Lage dichtheid; UCR <0,35 , De SVF is tussen de 0,5-1 in het gebied om het hoogbouwwerk.	Gemengde structuur: nauwe straten en open stukken, UCR: 0,35-0,65 en de SVF is tussen de 0,3-0,5 in het gebied om het hoogbouwwerk heen.	Hoge dichtheid; smalle straten en een UCR >0,65 . De SVF is kleiner dan 0,3 in het gebied om het hoogbouwwerk heen.
Oriëntatie	De omgeving en het hoogbouwwerk houden de dominante windrichting aan (Zuidwest), de beschaduwing vindt plaats op belangrijk locaties van veel gebruik (parken, basisscholen, schoolplein). Het gebouw en de omgeving wijken minder dan 30	De omgeving en het hoogbouwwerk zijn deels open richting de dominante windrichting (Zuidwest) waardoor er in bepaalde straten er luchtcorridors aanwezig zijn en in andere weinig. Er is schaduwvorming maar deze is niet aanwezig op verblijfslocaties (scholen,	De omgeving en het hoogbouwwerk blokkeren de wind volledig en zorgen voor een tekort aan stedelijke ventilatie. Daarnaast wordt de omgeving beschaduwde op de onjuiste tijdstippen en plekken. De omgeving heeft een afwijking van groter dan 60 graden

	graden af van de dominante windrichting.	tehuizen, parken). De omgeving wikt tussen de 30 en 60 graden van de dominante windrichting.	t.o.v. de dominante windrichting.
Bouwmateriaal	De omgeving en het hoogbouwwerk hebben koele materialen met goede thermische eigenschappen. (emissiviteit: >0,85, Albedo >0,4, Thermische massa <1000 J/KG/K)	De omgeving en het hoogbouwwerk hebben een mix van zowel koele als warme materialen. De straat vormt een contrast tussen koel en warm. (emissiviteit: 0,65-0,85, Albedo: 0,2-0,4, Thermische massa: 1000-2000 J/KG/K)	De omgeving en het hoogbouwwerk hebben donkere hitte absorberende materialen. (emissiviteit: <0,65, Albedo: <0,2, Thermische massa: >2000 KJ/m3/K)

Figuur 20, Beoordeling Cooltower

NEW ORLEANS

BASISGEGEVENS

De New Orleans is een woontoren gelegen in de Kop van Zuid. Het is het op 4 na hoogste gebouw in Nederland, met een hoogte van 158 meter en 44 verdiepingen. De gevel is voornamelijk opgebouwd uit glas en een geelkleurig graniet. De Toren heeft een zanderige look en kent unieke materialen. Het gebouw werd ontworpen door de Portugese architect Alvaro Siza. Hij maakte een ontwerp waarin oorspronkelijk 2 torens waren. Hij besloot met een muntworp te kiezen voor de huidige toren. De bouw van de toren ging van start in 2007 en werd geopend op 6 november 2010. De aannemer voor de bouw was het Belgische bedrijf BESIX.	
Naam	New Orleans
Locatie	Antoine Platekade 995, Rotterdam
Hoogte	158,35 meter
Functie	Woongebouw
Oplevering	2010
Architect	Alvaro Siza/ADP architecten
Aannemer/ontwikkelaar	BESIX/DHV

ONDERBOUWING VOOR KEUZE NEW ORLEANS AAN DE HAND VAN CITERIA

1. De New Orleans is 158 meter. Hiermee voldoet hij eraan om geclassificeerd te worden als hoogbouw in de Gemeente Rotterdam.
2. De New Orleans heeft als functie wonen en bevat appartementen en penthouses. Dit is ook de voornaamste reden voor de bouw van hoogbouw in Rotterdam waardoor de resultaten van dit onderzoek representatiever zijn voor toekomstige woontorens.
3. De New Orleans staat in de kop van zuid, dat gekenmerkt wordt door hoogbouwwerken zoals: de Rotterdam, Montevideo etc.
4. De New Orleans kent een gevel gemaakt van natuursteen waardoor dit in contrast staat met de Cooltower en andere hoogbouwwerken. Daarnaast bevat het ook glas

BEOORDELING NEW ORLEANS

*In de analyses wordt gerefereerd naar figuren voor een beter beeld van hoe de conclusies tot stand zijn gekomen. De figuren zijn te vinden in de storymap. De link hiervan zit in **bijlage 12**.*

Beoordeling stedelijke morfologie

De New Orleans krijgt op basis van de stedelijke morfologie een rode beoordeling. Dit komt door de dichte structuur van de Kop van Zuid. Uit de UCR berekening kwamen er variërende en hoge waarden uit dan gewenst. Volgens tabel 3 en 4 ontvangt het UCR een rode beoordeling. Daarnaast varieert de SVF ook aanzienlijk op de Kop van Zuid. In het gebied om de New Orleans varieert deze tussen de 0 en 25 procent. Dit is volgens het beoordelingskader van figuur 38 ook een rode score. De lage SVF en Hoge UCR zorgen ervoor dat het UHI versterkt is. De uitgestoten warmte kan in de nacht door de dichtheid van de gebouwen moeilijk naar de atmosfeer. De warmte blijft hangen waardoor de temperatuur stijgt. In figuur 44 is te zien dat de temperatuur in het midden van de Kop van Zuid hoger is dan de rand. Dit komt door het heat-trapping effect van de gebouwen. In de toekomst wordt in het gebied de Sax aangelegd. Dit is een woontoren die net als de New Orleans parallel zal lopen met de Kop van Zuid. De Sax zal ervoor zorgen dat de SVF zal dalen en het UCR zal stijgen. Dit zorgt ervoor dat het heat-trapping effect hoger zal zijn. Het UHI zal dan verder stijgen in het gebied. De Sax zal echter niet de zuidwestenwind aantasten doordat deze parallel staat met de Kop van Zuid. Hierdoor zal het gebied een positieve windtoevoer behouden die bijdraagt aan het ventileren van warmte uit de Kop van Zuid.

Beoordeling bouwmaterialen

Het eindoordeel voor het onderdeel bouwmaterialen is een rode beoordeling geworden. De New Orleans gebruikt glas en geelkleurig graniet als gevelmateriaal. Glas heeft een schadelijke werking bij het weerkaatsen van zonnestraling. De New Orleans wordt omgeven door hoogbouw waardoor de weerkaatsing van zonlicht nog negatiever is dan bij de Cooltower. Door het gebruik van ongunstige materialen in de omgeving wordt de weerkaatste warmte door het glas opgenomen. Dit zorgt ervoor dat de warmte die in de nacht wordt uitgestoten groter is waardoor het UHI toeneemt. De granieten gevel kent een ongunstige combinatie van een hoge emissiviteit (0,85) en hoge thermische massa (2170). Hierdoor neemt de New Orleans veel warmte op stoot het deze gedurende de nacht uit. Dit zorgt voor een versterkt UHI in de nacht. De omgeving van de New Orleans is ook thermisch ongunstig. Baksteen, beton en glas zijn de meest voorkomende materialen. Deze hebben elk een hoge emissiviteit en hoge thermische massa. Echter zijn deze materialen in deze context voornamelijk te vinden in hoogbouw. Door de hoge dichtheid (lage SVF en Hoge UCR) en hoogbouw is dit gebied meer kwetsbaar voor heat-trapping. Dit effect wordt dan versterkt door zowel materiaal gebruik als stedelijke morfologie. Kortom zorgt het ongunstige materiaalgebruik voor een hogere kans op heat-trapping. Hierdoor stijgt de temperatuur in de nacht waardoor eveneens het UHI zal stijgen.

Beoordeling Oriëntatie

De kop van Zuid ontvangt een groene beoordeling voor het onderdeel oriëntatie. Zo is in figuur 42 te zien dat er een windklimaat heerst op de Kop van Zuid. De windstromen hebben voornamelijk een positief effect op



het hitte-eiland effect zoals te zien is in figuur 44. De grootste factor die hier aan bijdraagt is de kleine afwijking van maar 7 graden van de kop van zuid op de dominante windrichting. Hierdoor is zoals te zien is in figuur 42 dat de windstromen vrijwel ongestoord door het gebied kunnen stromen. In figuur 35 is te zien dat op de Kop van Zuid de stedelijke ventilatie norm van 2 m/s 30-40% word behaald. Dit is ondanks de verharding in het gebied het gevolg van de positieve oriëntatie. De ventilatie van het gebied leidt tot een verkoelend effect. Dit betekent voor het UHI dat het gebied sneller uitgestoten warmte kan ventileren en deze uiteindelijk daalt.

Factor	Groen	Oranje	Rood
Stedelijke morfologie	Lage dichtheid; UCR <0,35 , De SVF is tussen de 0,5-1 in het gebied om het hoogbouwwerk.	Gemengde structuur: nauwe straten en open stukken, UCR: 0,35-0,65 en de SVF is tussen de 0,3-0,5 in het gebied om het hoogbouwwerk heen.	Hoge dichtheid; smalle straten en een UCR >0,65 . De SVF is kleiner dan 0,3 in het gebied om het hoogbouwwerk heen.
Oriëntatie	De omgeving en het hoogbouwwerk houden de dominante windrichting aan (Zuidwest), de beschaduwing vindt plaats op belangrijk locaties van veel gebruik (parken, basisscholen, schoolplein). Het gebouw en de omgeving wijken minder dan 30 graden af van de dominante windrichting.	De omgeving en he hoogbouwwerk zijn deels open richting de dominante windrichting (Zuidwest) waardoor er in bepaalde straten er luchtcorridors aanwezig zijn en in andere weinig. Er is schaduwvorming maar deze is niet aanwezig op verblijfslocaties (scholen, tehuizen, parken). De omgeving wikt tussen de 30 en 60 graden van de dominante windrichting.	De omgeving en he hoogbouwwerk blokkeren de wind volledig en zorgen voor een tekort aan stedelijke ventilatie. Daarnaast wordt de omgeving beschaduwd op de onjuiste tijdstippen en plekken. De omgeving heeft een afwijking van groter dan 60 graden t.o.v. de dominante windrichting.
Bouw materiaal	De omgeving en het hoogbouwwerk hebben koele materialen met goede thermische eigenschappen. (emissiviteit: >0,85, Albedo >0,4, Thermische massa <1000 J/KG/K)	De omgeving en het hoogbouwwerk hebben een mix van zowel koele als warme materialen. De straat vormt een contrast tussen koel en warm. (emissiviteit: 0,65-0,85, Albedo: 0,2-0,4, Thermische massa: 1000-2000 J/KG/K)	De omgeving en het hoogbouwwerk hebben donkere hitte absorberende materialen. (emissiviteit: <0,65, Albedo: <0,2, Thermische massa: 2000 J/KG/K)

Figuur 21, Beoordeling New Orleans

5.3.2 BELEIDSINTERVIEWS

Het tweede onderdeel van deelvraag 3 is het onderzoeken van het huidige beleid omtrent hoogbouw en hitte bij de Gemeente Rotterdam. Hierbij is er gefocust op het interviewen van beleidsmedewerkers binnen de

afdeling stedenbouw en klimaat. Het interview heeft een semigestructureerde aanpak gehad die zich heeft richt op 3 kernvragen

1. In hoeverre neemt de gemeente de effecten van hoogbouw op het hitte-eiland probleem mee in grote gebiedsontwikkelingen zoals Feyenoord City en de Rijnhaven?

2. Wat is volgens jou als expert de eerste stap (indien geen aanpak) om dit aspect actief mee te nemen? Indien wel aanpak: wat is het toekomstperspectief hierop?
3. Hoe is de huidige communicatie tussen verschillende partijen (stedenbouwkundigen, project ontwikkelaars, klimaat experts) m.b.t het hitte beleid?

1. In hoeverre wordt hoogbouw en hitte meegenomen bij grote gebiedsplannen zoals: Feyenoord city en de Rijnhaven? Zo ja hoe? En zo nee waarom niet?

Ten eerste is er onderzocht in welke mate de verbanden tussen hoogbouw en hitte mee worden genomen in actieve casussen zoals Feyenoord city, het rijnhaven plan maar ook in andere ontwikkelingen. Het unanieme antwoord van alle 4 de respondenten is dat dit **niet** wordt meegenomen.

Eduard: Volgens Eduard Schoor ligt dat aan een aantal zaken. Volgens hem ontbreekt er een landelijk beleid waarin de effecten van hoogbouw op hitte wordt meegenomen. Er worden volgens hem MERs opgestart bij ontwikkelingen in een gebied echter worden hoogbouw en hitte hier buiten gelaten. Hitte wordt wel meegenomen als het gaat om de buitenruimte door de aanleg van vegetatie. **“Ik weet daar zelf ook niet helemaal het antwoord op. Ik denk dat er meerdere redenen zijn. Ten eerste is er geen landelijk beleid. Normaal gesproken, als er ontwikkelingen plaatsvinden, wordt er een Milieu Effect Rapportage (MER) opgestart. Daarin worden zaken zoals geluid en akoestiek behandeld, maar hitte komt daar niet in voor. Er is geen procedure die bekend is bij ontwikkelaars, planners en stedenbouwkundigen. Het valt dus buiten de reguliere procedures. Hitte is ook pas een relatief nieuw probleem.”**

Tara: Tara van Iersel gaf een aanvullend antwoord hierop. Volgens haar is er een andere verklaring waarom vanuit de gemeente hier weinig op is gefocust de afgelopen jaren. Dit is namelijk het gebrek aan kennis binnen dit werkveld. Hitte op zichzelf is een vrij recent probleem en dit afkaderen naar hoogbouw is al helemaal een nieuwe ontwikkeling. Er is volgens haar te weinig (kwantitatieve) kennis over wat een hoogbouwwerk doet met het hitteprobleem in de stad. Ze vertelt dat er binnen de gemeente wel bekendheid is over het aanpakken van de buitenruimte met maatregelen zoals vergroening en beschaduwning. Echter wordt de interactie tussen hoogbouw en de temperatuur in de stad niet onderzocht. Hierdoor blijven volgens haar concrete richtlijnen uit door het gebrek aan kennis. **“Ja, ik denk dat veel mensen wel enige kennis hebben over welke relaties er zijn, maar om dat te vertalen naar een richtlijn — wat moet je doen, wat is precies het verschil — dat kunnen we niet kwantificeren. We kunnen het niet concreet genoeg maken dat je aan de hand daarvan ook echt beslissingen kan nemen.”**

Simone: Vanuit Simone Tax is een soortgelijke mening te horen. Zij vindt dat er weinig onderzoek gedaan wordt naar de relatie tussen bebouwing, wind en hitte in het algemeen. Volgens haar is hoogbouw namelijk een middel tot bebouwing en is de kern van het vraagstuk juist kijken naar bebouwing in het algemeen. Er is wel volgens haar in de laatste jaar meer belangstelling getoond over wind in de stad. Zo is er een pilot wind gedaan waarin voor het eerst naast windhinder en gevaar er ook is gekeken naar stedelijke ventilatie. **“Als je het hebt over hoogbouw... Ja, ik vind het lastig om het meteen te hebben over hoogbouw, want het gaat eigenlijk over de invloed van gebouwen en dus de vormen van je gebouw de materialen van de gebouwen die je kiest. het heeft niet per se direct te maken met hoogbouw, denk ik. Hoogbouw is ook een middel, ook niet een doel.”**

Emiel: Ten slotte sluit Emiel Arends zich ook aan bij Tara en Simone, volgens hem ontbreekt hier kennis over. Hij gaf een interessante opmerking hierover en gaf deels hetzelfde antwoord als Simone. Hij vindt dat het essentieel is om te weten wat hoogbouw anders doet met hitte dan laagbouw. Dit zorgt namelijk voor een duidelijkheid of er voor hoogbouw een andere aanpak qua maatregelen dient te komen. **“: Nee, het is nergens een afweging. We weten dat als je iets maakt met veel asfalt en beton, dat dat hitte vasthoudt. Dus we proberen wel in de binnenstad te vergroenen waar dat mogelijk is. We weten ook dat het warmer is op dit soort plekken dan op andere plekken in de stad”**

2. Hoe is de communicatie m.b.t. tot dit probleem tussen partijen (Stedenbouwkundigen, project ontwikkelaars, klimaat experts etc.) binnen de gemeente?



Ten tweede is er gevraagd naar de huidige communicatie bij de het opstellen van gebiedsplannen met hoogbouw in Rotterdam.

Eduard: Eduard Schoor merkte op dat bij de communicatie er vaak sprake is van zwakke communicatie is vanuit de technische benadering en de klimaatadaptatieve benadering. Er worden bijvoorbeeld bepaalde materialen gebruikt (zoals beton en glas) die ongunstig zijn m.b.t. hitte. Vaak mist er bij hoogbouw de ingeving om klimaatontwerpen op te stellen door het gebrek van een programma van eisen. Een oplossing die Eduard noemt is het opstellen van eisen aan klimaat voor projectontwikkelaars. Dit is een eerste stap volgens hem om dit aspect van hoogbouw door te laten dringen. ***“Nou, ik denk dat het beter kan. Er zijn eigenlijk twee soorten stedenbouwkundige processen. Bij de ene ontwerpt de gemeente zelf een plan, maar vaker wordt het ontwerp aanbesteed aan de markt. Het hangt echt af van de uitvraag en wat er in het programma van eisen staat. Wat je vaak ziet, is dat het ontwerp technisch wordt benaderd en pas later worden klimaataspecten toegevoegd, terwijl die eerder betrokken hadden moeten worden. Het is vaak niet echt co creatie. Het ontwerp wordt gemaakt en daarna wordt gekeken hoe we klimaatmaatregelen kunnen inpassen.”***

Tara: Volgens Tara is de communicatie tussen haar afdeling en stedenbouwkundigen vaak gericht op het inrichten van de buitenruimte. Dit komt volgens haar voornamelijk door het gebrek aan kennis van dit probleem. Door kennisontwikkeling kan er volgens haar worden bekeken op welke schaal de relatie tussen hoogbouw en hitte het beste kan worden meegenomen. ***“Bij de hoogbouw bij Rijnhaven hebben we dan wel hitteanalyses gedaan. En omdat dat dus een groot project is met meerdere gebouwen, is er dus ook capaciteit binnen zo’n projectteam om binnen de gemeente op zoek te gaan naar iedereen die over een bepaald thema gaat. Daar hebben we dus ook een hitteanalyse gedaan, maar dat hebben we toen gedaan aan de hand van PET – dus welke gevoelstemperatuur er ontstaat in de buitenruimte in het nieuwe plan. Maar wij hebben ook nog niet de mogelijkheid om dat dan te modelleren voor: hoe zit dat nou met de luchttemperatuur en het hitte-eilandeffect?”***

Simone: Simone sluit zich aan bij zowel Eduard en Tara en geeft een holistisch beeld van haar inzicht. Ze vindt dat er voor stedenbouwkundigen en projectontwikkelaar te weinig duidelijkheid is over hoe er binnen projecten rekening kan worden gehouden met hoogbouw, wind en hitte. De communicatie tussen met name stedenbouwkundigen en projectontwikkelaars dienen vooral helder en beknopt te zijn. Om dit aspect dan efficiënt mee te kunnen nemen voor de projectontwikkelaar is het van belang dat er set aan richtlijnen zijn. Hierdoor is dit een van de knelpunten binnen de communicatie. ***Ik denk dat je... Ja, het is sowieso belangrijk dat er ook duidelijk beleid is, of een soort van richtlijnen van wat moet je dan doen. Want je kunt wel zeggen, als je tegen een projectontwikkelaar of een zedebouwkundige zegt, dit is belangrijk, maar je biedt geen oplossingen of richtlijnen, dan kunnen ze er eigenlijk niks mee en dan valt het er al heel snel uit. Dus ik denk, concrete richtlijnen, dat is gewoon heel belangrijk en die zijn er nog niet goed genoeg denk ik op dit moment. Ja, vervolgens moet je inderdaad zorgen dat het ook echt gaat landen bij de steekbouwkundigen En dan sijpelt het zo door. Want die maken dan de kaders voor de projectontwikkelaars uiteindelijk En architecten. een duidelijk setje, heel beknopt en simpel, een setje richtlijnen.’***

Emiel: Emiel is van mening dat de communicatie tussen partijen m.b.t. dit probleem logisch is. Door het gebrek aan concrete antwoorden over hoe hoogbouwwerken effect hebben op de hitte is het moeilijk om hier een strategie op los te laten. Daarnaast vindt hij het ook interessant om te onderzoeken wat de specifiek verschillen zijn in hittegeneratie tussen verschillende typologieën. Dit zorgt ook voor duidelijkheid in de specificatie van beleid volgens hem. ***“Maar deze vraag is makkelijk. Als er onderzoek is met conclusies dat hoogbouw hitte gerelateerde zaken makkelijk kan aanpassen door het gebruik van andere materialen, andere kleurstellingen – even als dat eruit komt – dan hebben we de vuistregels voor het bouwen. Daar kunnen we één of twee punten in opnemen. We kunnen een paragraaf toevoegen aan de nota van uitgangspunten. En we kunnen het verwerken in de volgende update van de hoogbouwvisie. Dan moet je het doen.”***



3. Wat zijn een aantal voorstellen op het verbeteren van de huidige aanpak van de gemeente m.b.t. dit probleem/ wat zijn de eerste stappen (indien geen aanpak)?

Ten derde is er onderzocht wat nu de eerste stappen zijn die de gemeente neemt om het verband beter te begrijpen

Eduard: Volgens Eduard Schoor zou het opstellen van landelijk beleid zorgen voor het makkelijker kunnen implementeren van maatregelen. Volgens hem zou een uitbreiding van de huidige NEN8100 normen naar hitte kunnen zorgen voor een vergemakkelijking voor de implementatie van maatregelen. **“Idealiter zou er een commissie zijn met experts uit het veld, bijvoorbeeld uit grote steden, die nadenken over wat er in normen (zoals NEN-normen) zou moeten komen. Dit maakt het makkelijker om tegen een opdrachtgever te zeggen dat ze aan bepaalde normen moeten voldoen.”**

Tara: Volgens Tara van Iersel is het startpunt om onderzoeken uit te vaardigen die het probleem in de Rotterdamse context zetten. Dit is als aanvulling op haar mening voor het uitblijven van beleid op de eerste plaats. Dit onderzoek en andere onderzoeken die worden uitgevaardigd aan instituten zoals het hittelab, green village en de TU delft zouden volgens haar meer duidelijkheid moeten verschaffen wat de basisprincipes van de relatie tussen hitte en hoogbouw zijn. Daarnaast zouden ze ook deze relatie kunnen aantonen in de Rotterdamse context. **“Tara: Ja, kennisontwikkeling. Dat is waarom we deze onderzoeksvragen uit hebben staan op verschillende plekken. En het toewerken naar richtlijnen, want die zijn zo vaag dat je er niks mee kan. Dus die concreter maken, en hopelijk dat we in de toekomst ook toe kunnen naar een toetsingsmethode. Dat we in beeld kunnen brengen: wat doet het toevoegen van dit gebouw nou met die luchttemperatuur, of met die uitbestraling? En hoe blokkeert het de windstromen, dat soort dingen. Dat we dat echt kunnen kwantificeren en uit verschillende varianten kiezen. Ik denk dat dat een beetje de richting is die ik op zou willen gaan. En dan is het een beetje zoeken naar: wat is nou effectief, en wat is qua kosten ook nog redelijk? En bij welk vastgoed gebeurt het dan wel, en wanneer niet?”**

Simone: Simone Tax sluit zich aan bij de mening van Tara. Zij, Tara en Eduard waren namelijk betrokken bij de pilot wind. Dit is volgens haar een belangrijke stap geweest om wind (een belangrijke factor waar hoogbouw effect op heeft) en de relatie met hoogbouw aan te kaarten. Er kwam uit dat wind juist ook een kans kan zijn om het hitte probleem aan te pakken. Daarnaast zorgde het voor interesse vanuit de gemeente om hiermee door te gaan. Wind in het specifiek wordt ook nu volgens haar meegenomen in het klimaatadaptatief plan en het groen-blauw plan van de gemeente. **“Nou, ik heb mijn best gedaan met wat ik de afgelopen jaren heb gedaan. Ik denk dat om meer die hittekant op de kaart te zetten, is die pilotwind als kans een heel belangrijke eerste stap geweest om te laten zien dat je het dus in kaart kan brengen, dat er data over te genereren valt en dat je dus die grote kaart met de stedelijke Die maakt heel veel los, merk ik.”**

Emiel: Volgens Emiel is het essentieel dat er uitgebreid en diepgaand onderzoek wordt gedaan naar hoe hoogbouw effect heeft op het hitte probleem. Het is volgens hem onduidelijk hoe een gebouw van 150 meter specifiek meer hitte veroorzaakt dan een gebouw van 100 meter. Ten slotte ziet Emiel dit als de eerste stap die duidelijkheid verschaft over dit probleem waardoor er gericht maatregelen kunnen worden getrokken om het effect van hoogbouw zo drastisch mogelijk te verminderen. **“Ja, er zijn eigenlijk twee dingen. Eén: wat levert een hoog gebouw nou meer op aan hitte dan een andere typologie? Dat is interessant. Want als ik een gebouw neerzet van 50 meter hoog zoals de Groene Kaap – is dat dan groter dan een toren? Geeft dat dan minder hitte af dan een toren? Ik denk het niet. Jij maakt het expliciet over hoogbouw... Ik ben wel benieuwd: wat doet hoogbouw dan méér dan een andere typologie in de stad? Want is het een expliciet domein dat een probleem is voor hoogbouw? Of is het een probleem van de manier waarop we nu bouwen in de stad? Dus dat is één. Twee: wat een toren wél doet, is dat het wind naar beneden brengt, en een lager gebouw niet. Dus je zou zelfs nog kunnen veronderstellen dat torens beter zijn voor hitte dan een gemiddeld bouwblok, omdat dat weinig met de wind doet”**

DEELCONCLUSIE DEELVRAAG 3

Uit deelvraag 3 kunnen er verschillende conclusies getrokken worden.



1. Vanuit de interviews is gebleken dat kennis over de interactie van hitte en hoogbouw een belangrijke 1^{ste} stap is in het strategisch kunnen oplossen van het probleem. Dit is tevens de reden voor het uitblijven van beleid. Ten tweede wordt de potentie van wind onderzocht binnen de gemeente als mogelijkheid voor het oplossen van het hitte probleem. Wind kan als stedelijke ventilatie gebruikt worden maar wordt nu voornamelijk uit de hoogbouwgebieden gehouden uit angst voor windhinder of gevaar. Daarnaast is het onbekend voor de gemeente hoe hoogbouw een ander effect heeft op hitte dan laagbouw. Dit zorgt voor het uitblijven van maatregelen specifiek voor hoogbouw.
2. Uit de hoogbouwanalyses zijn de Cooltower en de New Orleans tegenover elkaar gezet. Uit de factorenanalyse is gebleken dat de Cooltower het laagste scoort. Het gebied kent weinig wind en is sterk bebouwd waardoor hitte langer blijft hangen. Daarnaast zorgt een slechte oriëntatie voor weinig ventilatie in het gebied. De New Orleans daarentegen doet het beter, het kent een soortgelijke stedelijke morfologie maar heeft meer open plekken in de wijk. Daarnaast gebruikt het net als de Cooltower geen koele materialen maar voornamelijk glas en beton. Hierdoor heerst er in beide gebieden een hoge thermische massa. Ten slotte is de oriëntatie onderzocht. Hieruit bleek dat de New Orleans een goede oriëntatie had op basis van de dominante Zuidwestenwind. Hierdoor was de stedelijke ventilatie in het gebied beter waardoor de gevoelstemperatuur lager is gebleken. In figuur 22 is het overzicht te zien van de eindscores.

Categorie	Cooltower	New Orleans
Stedelijke morfologie	1	1
Bouwmaterialen	1	1
Oriëntatie	1	5
Eindscore	3	7

Figuur 22, Eindscores van De hoogbouwanalyses

6. DISCUSSIE

In de discussie wordt het onderzoek onder de lens genomen op het gebied van de bevindingen, validiteit, vergelijking met de literatuur en beperkingen tijdens het onderzoek. Deze onderdelen worden beschreven op basis van het effect die zij hadden op de onderzoeksresultaten. Vervolgens worden er aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek en hoe de negatieve kanten van dit onderzoek in de toekomst kunnen worden verbeterd.

Vanuit het theoretisch kader is er gewerkt met het gebruik van de kernfactoren. Deze kernfactoren zijn veelvuldig gebruikt in het onderzoek en vormen naast dat ze de aandrijvers zijn ook als basis voor de maatregelen. De resultaten van het onderzoek komen hier dus ook mee overeen. De experts bij de TU delft gaven aan dat de voornaamste aandrijvers van het UHI door hoogbouw vanuit de ontwerpfase van het gebied en gebouw komen, tevens noemden zij thermische massa als een parameter die juist versterkend of verzwakkend kan zijn. Vanuit het beleid is dit juist het tegenovergestelde. Rotterdam, Londen en New York kennen geen beleid die rekening houdt met hitte die wordt veroorzaakt door hoogbouw. Echter ontbreekt dit over het algemeen voor zowel bebouwing als het gebied. De voornaamste maatregelen zijn voornamelijk vergroening van de buitenruimte waaruit ook is gebleken dat de effectiviteit hiervan niet groot is in hoge dichtbebouwde gebieden. Er is uiteindelijk dus een mismatch ondervonden tussen de effectieve maatregelen voor UHI door hoogbouw en het beleid van de onderzochte steden.

Dit onderzoek bevestigt vanuit de theorie de factoren van hoogbouw die bijdragen aan het UHI. Het onderzoek steunt bekende theorieën over het effect van hoogbouw op de stedelijke morfologie, thermische massa en wind. Daarnaast zorgt interview voor een vernieuwend inzicht binnen de bestrijding van het UHI door hoogbouw in het beleid. Deze is namelijk niet gericht op maatregelen bedenken vanuit de stedelijke morfologie, materiaalgebruik en wind. Dit zorgt voor de implicatie van hoogbouwwerken die zorgen voor een hogere temperatuur in de nacht.

Er zijn ook limitaties in dit onderzoek. Zo kan er vanuit de beleidsanalyses niet worden geconcludeerd dat beleid die gericht is op de stedelijke morfologie uitblijft in zijn geheel. Het is namelijk mogelijk dat er in andere steden hier wel rekening mee wordt gehouden. Daarnaast is het mogelijk dat de resultaten van de interviews met de experts van TU delft andere bevindingen hadden kunnen opgeven als er meer interviews waren afgenomen. Door tijdsgebrek was er weinig tijd voor het interviewen van meerdere experts waardoor het aantal bleef hangen op 2. Het hebben van meer experts kon mogelijk ervoor zorgen dat de effectiviteit van bepaalde maatregelen mogelijk hoger zijn waardoor de besproken mismatch tussen beleid en theorie minder hand kunnen zijn. Ten slotte kan er voor de analyses van de hoogbouwwerken moeilijk een sterke uitspraak gedaan worden hoeveel deze bijdragen aan het UHI in het gebied, Door de kwalitatieve benadering is er voornamelijk gekeken naar het identificeren van hitte factoren. Om een specifieke uitspraak te doen dienen er temperatuurmetingen en computerprogramma's worden ingezet voor de analyse.

In het onderzoek is er zoals eerder vermeld kunstmatige intelligentie (AI) gebruikt. Dit heeft bijgedragen aan het verkrijgen van data voor de SVF, daarnaast verschaftte het handvatten over de berekenen van het UCR en oriëntatie. Deze berekeningen hielpen bij het doen van een uitspraak over het UHI bij de hoogbouwanalyses.



7. CONCLUSIE

Deelvraag 1

In deelvraag 1 is er onderzoek gedaan naar hoe hoogbouw interacteert met de stedelijke morfologie, wind, zoninval, oriëntatie en materiaalgebruik. Voor de stedelijke morfologie zijn er 2 parameters genomen die van belang zijn. De UCR en SVF. De UCR is de verhouding van gebouwhoogte en straatbreedte. De SVF heeft te maken met het zicht op de atmosfeer vanaf een bepaald punt in de straat. Deze twee parameters reguleren de dichtheid van het stedelijk gebied. Bij een hogere dichtheid kan opgenomen warmte in gevels en de straten minder snel naar de atmosfeer. Hoogbouw zorgt voor een lagere SVF en hogere UCR waardoor de dichtheid toeneemt en warmte minder snel naar de atmosfeer ontsnapt. Dit zorgt er voor dat hoogbouw typologieën zoals manhattan last hebben van een versterkt UHI, mede door de dichtheid van hoogbouw.

Wind is een belangrijke factor die vaak onbenut blijft als middel voor stedelijke ventilatie. Deze factor is afhankelijk van de stedelijke morfologie en oriëntatie van de straten. Een gebied met brede straten geeft ruimte voor windcorridors die kunnen helpen bij het verkoelen van de stad in de nacht. Daarnaast is een gunstig georiënteerde straten van belang hierbij. Wind zoekt namelijk de snelste route waardoor bij een parallelle oriëntatie deze gemakkelijk de straat in kan. Hoogbouw typologieën zijn wind onvriendelijk doordat deze het manhattan-effect veroorzaken. De wind wordt als het ware omhoog geduwd door de berg aan hoogbouw, waardoor de windsnelheid op straatniveau laag is. Hierdoor kan wind niet worden ingezet om de uitgestoten warmte de straat uit te ventileren

Materiaalgebruik is de factor die voornamelijk effect heeft op de warmte-opslag in de stad. Bij het materiaalgebruik zijn er een aantal parameters die bepalen of een bepaalde materiaalsoort gunstige of ongunstige eigenschappen kent. Ten eerste zijn de albedo en absorptie kritieke parameters. Deze bepalen namelijk hoeveel van de warmte wordt opgenomen en weerkaatst. Materialen die voornamelijk opnemen zijn donker van kleur. Voorbeelden hiervan zijn beton, baksteen, zwarte bitumen etc. Materialen die weerkaatsen zijn licht van kleur. Voorbeelden hiervan zijn glas, witte bitumen etc. Ten tweede zijn de emissiviteit en thermische massa belangrijk in de nacht. De thermische massa is de hoeveelheid warmte een materiaal kan opnemen in 1 kuub. De emissiviteit is de hoeveelheid warmte het materiaal uitstraalt. De emissiviteit, absorptie en thermische massa hebben effect op elkaar en bepalen de warmte-uitstoot in de nacht. In een hoogbouwgebied is er een hogere thermische massa, daarnaast zijn de gebouwen voornamelijk van beton en glas gemaakt. Glas is reflecterend en kan dan ook problematisch zijn als het zonlicht weerkaatst naar andere gevels. De absorptie van hitte is dus groter in een hoogbouwgebied. De emissiviteit van deze materialen is wel hoog, echter door de dichtheid van het gebied zal de hitte vastzitten in de straat. Het UHI zal dan stijgen. Dit fenomeen wordt heat-trapping genoemd.

Deze deelvraag richt zich voornamelijk over hoe de stedelijke situatie effect heeft op verschillende micro klimatologische processen. De belangrijkste factoren zijn opgesomd en de werking ervan zijn benoemd. Deze zijn meegenomen in het opstellen van de beoordelingskaders voor de hoogbouwanalyse in bijlage 13.

Deelvraag 2

In deelvraag 2 is er een beleidsanalyse gedaan voor Londen en New York op het type maatregelen die ze toepassen op het gebied van hitte. Deze maatregelen zijn gegroepeerd in 3 categorieën: gebouwniveau, buitenruimte en stedelijke morfologie. Uit de beleidsanalyses is gebleken dat zowel Londen als New York voornamelijk maatregelen uit de categorieën gebouwniveau en buitenruimte toepassen. Dit zijn maatregelen zoals groene daken, reflectieve daken, vergroening in de buitenruimte etc. Echter blijven maatregelen voor de stedelijke morfologie uit.

Uit de interviews met de experts van TU delft is gebleken dat maatregelen binnen de stedelijke morfologie het meeste effect hebben op hitte. Dit zijn voornamelijk maatregelen zoals: windvriendelijk bouwen, straten verbreden, rekening houden met de SVF etc. Deze maatregelen moeten volgens hen de leidende principes zijn bij hittebestrijding in de stad.



De eindconclusie van deze deelvraag laat zien dat er een contrast tussen de mening van experts en het huidige beleid van Londen en New York. Er is een zogeheten mismatch tussen het beleid en de technische kennis. Dit leidt er toe dat hitte niet effectief kan worden aangepakt voor de hitteproblematiek omtrent hoogbouw.

Deelvraag 3

In deelvraag 3 is er een hoogbouwanalyse uitgevoerd op de Cooltower en New Orleans. Het doel van de hoogbouwanalyse was doormiddel van 3 factoren (stedelijke morfologie, Materiaalgebruik en oriëntatie) een uitspraak over het UHI te kunnen doen. Uit de analyse van de Cooltower bleek dat deze niet positief scoorde op de 3 factoren. De toren lag in een dichtbebouwde woonwijk waardoor deze negatief scoorde op de SVF en UCR in relatie met hitte. Daarnaast had de toren voornamelijk thermisch ongunstige materialen zoals glas en beton. Tot slot zorgde slechte oriëntatie t.o.v. de dominante windrichting voor een zwakke windcirculatie in de wijk. De New Orleans scoorde in tegenstelling tot de Cooltower beter op de stedelijke morfologie. De omgeving om de toren is meer open waardoor de SVF en UCR hier positief zijn in relatie tot het UHI. De bouwmaterialen zijn echter net als bij de Cooltower negatief door het gebruik van glas en graniet. Tot slot kent de New Orleans en de omgeving een positieve oriëntatie t.o.v. de windrichting. Hierdoor is de windcirculatie in het gebied positiever en leidt dit tot stedelijke ventilatie

Uit de interviews met de experts met de gemeente rotterdam zijn er een aantal bevindingen opgedaan. Uit de interviews is unaniem gebleken dat de kennis omtrent hoogbouw en hitte de leidende reden is achter het ontbreken aan beleid hierom. Hiernaast komt er ook bij kijken dat de communicatie tussen stedenbouwkundigen, projectontwikkelaars en klimaatexperts niet tegelijkertijd gaat. Er is geen sprake van co-creatie maar er wordt pas na de aanleg van het gebouw gekeken naar hoe klimaat er in past. Vanuit landelijk perspectief worden er eerste stappen genomen om de NEN8100 normen te verbreden. Deze normen richten zich op dit moment op windhinder en windgevaar maar daar wil gemeentes waaronder de gemeente Rotterdam hier verandering in brengen. Volgens Simone kan een uitbreiding van de NEN8100 normen ervoor zorgen dat de kansen omtrent wind als verkoeling meer onderzocht kunnen worden. Een andere stap die door de gemeente wordt ondernomen is het uitbesteden van onderzoeken naar de relatie van hitte en hoogbouw. Volgens meerdere geïnterviewden was dit namelijk een belangrijke stap naar het kunnen opstellen van richtlijnen voor projectontwikkelaars. Ten slotte werd er door Emiel Arends een belangrijk punt genoemd die als eerste stap dient voor het implementeren van beleid. Dit punt richt zich voornamelijk op het beter begrijpen van de relatie van bebouwing en hitte. Hij gaf als inzicht dat het belangrijk is hoe verschillende parameters zoals thermische massa, hoogte en oriëntatie op de wind inspelen op hitte. Zorgt een hoger gebouw automatisch voor meer hitte? Of is juist de thermische massa een belangrijker aspect. Het onderzoeken van deze factoren zorgt volgens hem voor duidelijkheid of er juist richtlijnen nodig zijn voor alleen hoogbouw of juist allerlei soorten bebouwing.

Deze deelvraag laat zien dat de praktische werkelijkheid van de twee woontorens en hun omgeving overeenkomt met de toestand van het beleid. De woontorens scoren negatief op de factoren waardoor deze niet positief zijn voor de hitteproblematiek. Dit komt mede door de afwezigheid van concreet beleid omtrent de aanleg van hoogbouw en de relatie met hitte.

Antwoord hoofdvraag & kennishiaat

De hoofdvraag is beantwoord door de holistische aard van het onderzoek. Er is onderzocht op theoretisch, ruimtelijk, beleidsmatig en expertise vlak. Het onderzoek licht toe welke factoren bij bebouwing een rol spelen in het ontstaan van het UHI. Er is vervolgens onderzocht hoe hoogbouw middels deze factoren het UHI beïnvloeden. Dit vormde de basis van de ruimtelijke analyse van twee hoogbouwwerken in Rotterdam. Daarnaast is er door middel van zowel een documentanalyse als interviews het beleid van 3 steden onderzocht op het gebied van hitte. Door het combineren van deze twee methodes is achterhaald waarom er geen beleid is omtrent hoogbouw & hitte.

Dit onderzoek beantwoordt ook de twee punten die genoemd zijn in het kennishiaat (2.4). Het is gebleken dat de stedelijke morfologie, materiaalgebruik, wind en oriëntatie het UHI bepalen. Daarnaast is er ook achterhaald



waarom er beleid omtrent hitte en hoogbouw ontbreekt. Dit komt voornamelijk door het tekort aan kennis tussen de relatie van de twee.

8. AANBEVELINGEN

Vanuit de conclusie kunnen er aanbevelingen worden gedaan met het beter begrijpen en oplossen van de hitte die door hoogbouw wordt veroorzaakt.

Aanbevelingen voor maatregelen in de huidige situatie

Uit de literatuurstudie is gebleken dat de stedelijke morfologie, materiaalgebruik, oriëntatie en windcirculatie effect hebben op de vorming van het UHI. Uit het interview van Daniela Maiullari en Arjan Droste is gebleken dat de meest effectieve maatregelen vanuit deze factoren komen. Bij bestaande bebouwing is het aantal maatregelen die genomen kunnen worden binnen de bovengenoemde factoren gelimiteerd. Dit komt omdat de meest effectieve maatregelen voornamelijk in de indeling van het gebied zitten. In de huidige situatie van hoogbouwgebieden zoals het baankwartier en de Kop van Zuid kunnen er enkele aanbevelingen worden gedaan voor maatregelen:

1. Ten eerste wordt er aangeraden om het materiaalgebruik bij gebouwen in acht te nemen. Volgens Daniela is thermische massa een grote speler binnen de vorming van het UHI. Bij bestaande hoogbouw is het aangeraden om groene gevels in te zetten. Deze gevels zorgen voor een verlaagde opname van warmte door het gebouw. Dit is de meest haalbare maatregel qua materiaalgebruik voor bebouwing. Ook kan het helpen om reflectieve daken of groene daken aan te leggen op zowel het hoogbouwwerk als de omgeving. Dit helpt met het reduceren van de warmte inname van de gebouwen.
2. Ten tweede zou het ook mogelijk kunnen zijn om het gevel materiaal van hoogbouw te coaten met reflectieve bekleding. Dit verlaagt de absorptie van hitte van het gebouw. Echter is het belangrijk alvorens het toepassen hiervan de effectiviteit van reflectieve coatings te onderzoeken. Dit is verder toegelicht in de aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

Aanbevelingen voor maatregelen in nieuwbouw/ nieuwe gebiedsinrichtingen

Bij de indeling van een nieuw hoogbouwgebied of aanleg van een hoogbouwwerk kunnen op basis van dit onderzoek ook aanbevelingen worden gedaan:

1. Ten eerste is het van belang dat er bij voorbaat gedacht wordt aan de SVF en UCR. Een voorbeeld hiervan is gegeven door Daniela in de vorm van Katendrecht. Er staan op Katendrecht hoogbouwwerken die voldoende van elkaar afstaan. Het UHI is hier dan ook lager dan in andere hoogbouwgebieden in Rotterdam. Het wordt aangeraden voor hoogbouwwerken om een UCR van onder de 0,65 te hanteren en een SVF van minimaal 0,5. Dit zorgt voor een lage dichtheid waardoor opgenomen hitte makkelijk de atmosfeer makkelijker in kan.
2. Ten tweede is het materiaalgebruik een belangrijke factor binnen de vorming van het UHI. Er wordt aangeraden voor nieuwbouw hier al van tevoren rekening mee te houden. Volgens Eduard Schoor zou dit een resultaat moeten zijn van de co-creatie tussen klimaatexperts, stedenbouwkundigen en projectontwikkelaars. De voorkeur gaat uit naar materialen met een hoog albedo, lage thermische massa en hoge emissiviteit. Dit is het ideale scenario qua materiaalkeuze. Enkele aanbevolen materialen zijn: hout, lichte beton, lichte bakstenen. Het is afgeraden bij hoogbouw om reflectieve gevelmaterialen te gebruiken mits het gebouw in een laagbouwtypologie staat. Volgens Arjan zorgt de reflectiviteit van de gevel op straat niveau voor weerkaatsing naar de tegenoverstaande gevel. In een hoogbouwtypologie wordt het in z'n geheel afgeraden. Dit komt omdat de gevel dan alle warmte weerkaatst naar andere gevels.
3. Ten derde wordt het aangeraden om een windvriendelijke indeling van het gebied te hebben. De SVF en UCR dragen hier aan bij maar ook de oriëntatie van het gebied. Uit het onderzoek van (Ng, 2010) bleek een afwijking van maximaal 30 graden het meest positief voor het creëren van windcorridors.



Deze windcorridors zorgen voor stedelijke ventilatie die in de nacht de uitgestoten warmte door de thermische massa uit de straat blazen. Verder kunnen windcorridors ook worden bereikt door bijvoorbeeld randen van gebouwen ronder te maken. Daarnaast kunnen er in hoogbouwwerken een verdieping worden gebruikt zodat wind er door heen kan waaien.

4. Ten vierde is het integreren van de bovengenoemde factoren. Volgens Daniela en Arjan is het systeendenken bij het plaatsen van zowel hoogbouw als laagbouw iets wat beperkt blijft. Er worden bijvoorbeeld wel windstudies gedaan voor hoogbouwwerken, deze zijn wel voornamelijk gericht op het gebied om het gebouw heen. Volgens hen worden de effecten van een hoogbouwwerk vaak in achterliggende wijken ook ervaren en ontbreekt dit. Er wordt aanbevolen om te werken met meer computermodellen die zoals bij de “wind als kans” onderzoek er op grote schaal de factoren kunnen worden onderzocht.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Dit onderzoek dient voornamelijk als eerste stap in het identificeren van knelpunten omtrent het UHI en hoogbouw. Om dit onderwerp beter te begrijpen wordt er aanbevolen om vervolgonderzoeken uit te voeren. Uit het interview van Emiel Arends is geconcludeerd dat kennis een barrière is voor het implementeren van beleid omtrent hitte en hoogbouw. Een interessante vervolgstudie is het individueel onderzoeken van de bovengenoemde factoren. Dit zou kunnen op de volgende manieren:

1. Is de hoogte van hoogbouw een grotere factor dan de thermische massa? In dit onderzoek zou bijvoorbeeld d.m.v. computermodellen twee gebieden vergeleken kunnen worden met elkaar. Beide gebieden hebben dezelfde thermische massa maar verschillen in de vorm van een laagbouwtypologie en hoogbouwtypologie. Uit dit onderzoek kan dat blijken of de hoogte het echte knelpunt is of dat het juist de thermische massa is. Dit kan helpen met het opstellen van richtlijnen exclusief voor hoogbouw of ook voor andere typologieën.
2. Het onderzoeken van hoe stedelijke ventilatie effect heeft op het UHI. Dit onderzoek helpt bij het achterhalen of wind in de nacht het UHI kan laten dalen. Wind is zoals verteld is door zowel Simone als Daniela een kans op verkoeling in de stad. Dit is voor de gevoelstemperatuur overdag zeker het geval. Echter is het onbekend of in Nederland de windsnelheid in de nacht de norm voor stedelijke ventilatie bereikt.
3. Een ander vervolgonderzoek is door gebieden met hoogbouw te analyseren zoals Katendrecht waar hoogbouw wel gunstig is geplaatst t.o.v. het UHI. In dit onderzoek zou Katendrecht kunnen worden beoordeeld op de factoren die gebruikt zijn bij het de analyse van de Cooltower en New Orleans. Uit dit onderzoek kunnen best practices omtrent hoogbouw worden meegenomen om toe te passen bij toekomstige hoogbouwontwikkelingen.
4. Ten slotte is het aangeraden om te onderzoeken wat de effectiviteit en gevaar van reflectieve gevels is. Reflectieve gevels kunnen een probleem vormen in een hoogbouwtypologie omdat deze warmte weerkaatsen naar de omgeving. In een laagbouwtypologie is het echter onbekend hoe een geïsoleerd hoogbouwwerk effect heeft hierop. Het is dan onbekend of de weerkaatste hitte de atmosfeer in gaat of de omgeving is. Dit onderzoek toont aan of reflectieve gevels dan een mogelijke maatregel zijn voor hoogbouwwerken zoals de Cooltower die omgeven zijn door laagbouw.



BIBLIOGRAFIE

- Alavipanah, S., Schreyer, J., Haase, D., Lakes, T., & Qureshi, S. (2017). *The effect of multi-dimensional indicators on urban thermal conditions*. Berlijn: Journal of Clear Production.
- Ali-Tourdet, F., & Mayer, H. (2004). *Planning-oriented Assessment of Street Thermal Comfort in Arid Regions*. Eindhoven: Meteorological Institute, University of Freiburg.
- Al-Sallal, K. A., & Al-Rais, L. (2012). *Outdoor airflow analysis and potential for passive cooling in the modern urban context of Dubai*. Al-ain, United Arab Emirates: Renewable Energy.
- Arbau, L. (2021). *Adapting to climate change in European cities: towards smarter, swifter and more systemic action*. Brussel: European Covenant of Mayors for Climate and Energy.
- Architects, V. (2022). *Cooltower*. Opgehaald van v8architects.nl: <https://v8architects.nl/projecten/cooltoren/>
- Arnfield, J. (1990). *Street design and urban canyon access*. Columbus, Ohio: Energy and Buildings.
- Axley, J. (2001). *Application of Natural Ventilation for US Commercial Buildings, Climate Suitability and Design Strategies and Methods*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
- Baghaeipoor, G., & Nasreollahi, N. (2019). *The effect of Sky view Factor on Air Temperature in High-Rise Urban Residential Environments*. Ham: Solarlits- Journal of Daylighting.
- Berghe, K. v. (2014). *Onderzoek naar het stedelijk hitte-eiland effect in Gent*. Gent: Universiteit Gent, Afdeling Mobiliteit en Ruimtelijke Planning.
- Binit, K., & Sarkar, B. (2023). *Impact of canyon's height, width and length on the sky-view factor in a symmetrical urban canyon*. Springer Nature.
- Brandsma, S., Lenzholzer, S., Carsjens, G. J., Brown, R. D., & Tavares, S. (2024). *Implementation of urban climate-responsive design strategies: an international overview*. Wageningen: Informe UK limited.
- Buijs, J. S. (2013). *Rotterdamse adaptatiestrategie. Themarapport bereikbaarheid en infrastructuur*. Rotterdam: Gemeente Rotterdam.
- (2017). *Camden Local Plan*. Londen: Camden Town Council.
- Chen, L. (2010). *Sky view factor analysis of street canyons and its implications for daytime intra-urban air temperature differentials in high-rise, high-density urban areas of Hong Kong: a GIS-based simulation approach*. Hong Kong: Royal Meteorological Society.
- Cheng, L. (2012). *Sky view factor analysis of street canyons and its implications for daytime intra-urban air temperature differentials in high-rise, high-density urban areas of Hong Kong: a GIS-based simulation approach*. Hong Kong: Rmets.
- CIMS. (sd). *Urban Heat Island*. Opgehaald van cimss.ssec.wisc.edu: <https://cimss.ssec.wisc.edu/climatechange/globalCC/lesson7/UHI2.html>
- City of London. (2020). *Thermal Comfort Guidelines For Developments in The City of London*. London: City of London.
- City of London. (2021). *City Plan 2036*. London: City of London.
- Cool roof kit. (2012). *A practical guide to cool roofs and cool pavements*. US secretary of Energy.



- David Evers, M. v. (2019, Oktober 16). *Nederland versteent #2 – ook in Europees perspectief?* (Planbureau voor de Leefomgeving) Opgehaald van pbl.nl: <https://www.pbl.nl/actueel/blog/nederland-versteent-2-ook-in-europees-perspectief#:~:text=Als%20we%20kijken%20naar%20deze,land%3A%201%2C74%25>.
- Debbage, N., & Shepherd, J. M. (sd). *The urban heat island effect and city contiguity*.
- Earth.org. (2020, juli 21). *What is an urban Heat Island*. Opgehaald van Earth.org: https://earth.org/data_visualization/urban-heat-islands/
- Eliasson, I. (1996). *Urban nocturnal temperatures street geometry and land use*. Goteborg: Elsevier Science Ltd.
- Ema, Emmanuel, R., & Fernando, H. J. (2007). *Urban heat islands in humid and arid climates: role of urban form and thermal properties in Colombi Sri Lanka and Phoenix USA*. Tempe: University of moratuwa.
- Europese Unie. (2024). *EU cities and heat extremes*. European Commission.
- Gemeente Rotterdam. (2022). *Hoogbouwvisie 2019 Incl. Addendum 2022*. Rotterdam: Gemeente Rotterdam.
- Gemeente Rotterdam. (2023). *Handleiding Windhinder & Windgevaar*. Rotterdam: Gemeente Rotterdam.
- Gemeente Rotterdam. (2024). *Wind als Kans! Stedelijke luchtsystemen op de kaart een Rotterdamse pilot*. Rotterdam: Gemeente Rotterdam & Actiflow.
- Gemeente Rotterdam. (sd). *Clusters*. Opgehaald van [werkenvoorrotterdam.nl](https://www.werkenvoorrotterdam.nl/): <https://www.werkenvoorrotterdam.nl/clusterinformatie>
- George, T. (2023, November 20). *Exploratory Research*. Opgehaald van Scribbr: <https://www.scribbr.com/methodology/exploratory-research/>
- Gils, R. v. (2020, Oktober 28). *Cooltoren Rotterdam: Bouwpakket met prefab betonelementen*. Opgehaald van Betonestaalbouw: [https://betonenstaalbouw.nl/algemeen/cooltoren-rotterdam-bouwpakket-met-prefab-zichtbetonelementen/#:~:text=Cooltoren%20Rotterdam:%20Bouwpakket%20met%20prefab%20\(zicht\)betonelementen,-Algemeen%2028%20oktober&text=De%20toren%20wordt%20grotendeels%20opgebou](https://betonenstaalbouw.nl/algemeen/cooltoren-rotterdam-bouwpakket-met-prefab-zichtbetonelementen/#:~:text=Cooltoren%20Rotterdam:%20Bouwpakket%20met%20prefab%20(zicht)betonelementen,-Algemeen%2028%20oktober&text=De%20toren%20wordt%20grotendeels%20opgebou)
- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in Building and urban design*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Glias, A. (2021, maart 30). *Bijzondere constructies voor de cooltoren*. Opgehaald van [cementonline.nl](https://www.cementonline.nl/artikelen/bijzondere-constructies-voor-de-cooltoren): <https://www.cementonline.nl/artikelen/bijzondere-constructies-voor-de-cooltoren>
- Greater London Authority. (2021). *The London Plan*. London: Greater London Authority.
- Gupta, S. (2021, Augustus 18). *How extreme heat from climate change distorts human behavior*. Opgehaald van Sciencenews: <https://www.sciencenews.org/article/extreme-heat-climate-change-human-behavior-aggression-equity>
- He, T., Zhou, R., Ma, Q., Li, C., Liu, D., Fang, X., . . . Gao, J. (2023). *Quantifying the effects of urban development intensity on the surface urban heat island across building climate zones*. Shanghai: Elsevier.
- He, X., & Miao, S. (2015). *Influence of sky view factor on outdoor thermal environment and physiological equivalent temperature*. Nanjing: International Journal of Biometeorology.
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Interlaken, Switzerland: IPCC.
- Joahnsen, E. (2006). *Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: a study in Fez, Morocco*. Lund, Zweden: Building and Environment.



- Karimimoshaver, M. (2022). *The effect of height and orientation of buildings on thermal comfort*. Hamedan, Iran: Elsevier.
- Kazmimierz, K. (1999). *Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz, Poland*. Lodz: Elsevier Science Ltd.
- Klimaateffectatlas. (sd). 2024. *Stedelijk hitte-eiland*. Klimaateffectatlas.
- Kluck, J., Klok, L., Kleerekoper, L., Loeve, R., Bakker, W., & Boogaard, F. (2016). *DE KLIMAATBESTENDIGE WIJK*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam, Faculteit van Techniek.
- Laukkonen, J. (2009). *Combining climate change adaptaion and mitigation measures at the local level*. Geneva: United Nations Economis Commission for Europe.
- Lenzholzer, S. (2013). *Het weer in de stad*. wageningen: NAI010 en Wageningen University.
- Maiullari, D. (2025, april 18). UHI and high-rise buildings. (A. Ismail, Interviewer)
- Maps, G. (sd). *Gebiedsfoto's Cooltower*. Hogeschool rotterdam, Rotterdam.
- Massaro, E. (2023). *Spatially-optimized urban greening for reduction of population exposure to land surface temperature extremes*. JRC.
- Maud M.T.E. Huynen, P. M. (2001). *The Impact of Heat Waves and Cold Spells on Mortality Rates in the Dutch*. Maastricht: Environ health perspec.
- Mayer, H. (2008). *Human thermal comfort in summer within an urban street canyon in Central Europe*. Freiburg: Meteorologische Zeitschrift.
- Mayor of London. (2018). *London Environment Strategy*. London: City of London.
- Mentashi, L. (2022). *Global long-term mapping of surface temperature shows intensified infra-city urban heat island extremes*. JRC.
- Mohajerani, A. (2017). *The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete*. Melbourne: RMIT University, School of Engineering.
- Ng, E. (2010). *Designing High-Density Cities*. Sterling: Earthscan.
- Nugroho, N., Triyadi, S., & Wonorahardjo, S. (2021). *Effect of high-rsie buildings on the surrounding thermal environment*. Bandung: Building and environment.
- NYC city codes. (1968). *Article 6- Standards of Natural Ventilation*. Opgehaald van NYC admin code: https://nycadmincode.readthedocs.io/t27/c01/sch12/art06/?utm_source=chatgpt.com
- NYC Mayor's Office of Climate & Environmental Justice. (2021). *Climate Resiliency Design Guidelines*. New York: NYC Mayor's Office of Climate & Environmental Justice.
- NYC Mayor's Office of Climate and Environmental Justice. (2022). *Climate Resiliency Design Guidelines*. New York: NYC Mayor's Office of Climate and Environmental Justice.
- Oke, T. (1987). *Boundary Layer Climates, 2nd edition*. New York: Halsted Press.
- Priyadarsini, R., & Wong, N. (2006). *Paramteric studies on urban geometry, air flow and temperature*. Singapore: International Journal on Architectural Science.
- Rijksoverheid. (2025). *Hitte Aanpak 2025*. Ministerie van VWS,VRO en I&W.



- RIVM. (sd). *Vulnerable Groups*. Opgehaald van rivm.nl: <https://www.rivm.nl/en/heat/vulnerable-groups>
- Rodrigues, S. (2019). *Living Roofs and Walls from policy to practice*. Londen: European Federation of Green Roof and Green Wall Associations.
- Rotterdams Weerwoord. (2022). *Programmakader Rotterdams WeerWoord 2030*. Rotterdam: Rotterdams WeerWoord.
- Rotterdams weerwoord. (sd). *Klimaatopgaven - hitte*. Opgehaald van rotterdamweerwoord.nl: <https://rotterdamweerwoord.nl/opgave/hitte/>
- Samen Klimaatbestendig. (2025). *Route Hiteadaptatie 2030*. Samen Klimaatbestendig.
- Santamouris, M., Synnefa, A., & Karlessi, T. (2011). *Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions*. Athens: University of Athens, Physics department.
- Scribbr. (2022, january 27). *Structured Interview*. Opgehaald van Scribbr: <https://www.scribbr.com/methodology/structured-interview/>
- Scribbr. (2025, mei 11). *Een introductie tot thematische analyses*. Opgehaald van Scribbr: <https://www.scribbr.nl/onderzoeksmethoden/thematische-analyse/>
- Shishegar, N. (2013). *Street Design and Urban Microclimate: Analyzing the Effects of Street Geometry and Orientation on Airflow and Solar Access in Urban Canyons*. Tehran: Journal of Clean Energy Technologies.
- Stauce, E., Bart, S., Ottele, M., & Jonker, H. (2022). *Comparative analysis in thermal behaviour of common urban building materials and vegetation and consequences for urban heat island effect*. Delft: Elsevier.
- Stone, B., Hess, J. J., & Frumkin, H. (2010). *Urban Form and Extreme Heat Events: Are Sprawling Cities more vulnerable to Climate change than compact cities?* Atlanta: Georgia Institute of Technology.
- Synnefa, A., Santamouris, M., & Akbari, H. (2007). *Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions*. Athene: University of Athens.
- Tax, S. (2021). *People-centered + climate-oriented urbanism: Improving human comfort in the public realm by integrating urban design guidelines from the fields of urban physics, climate adaptation and people-centered urbanism*. Eindhoven: TU eindhoven.
- The City of New York. (2019). *Local Law 92 2019*. New York: The City of New York.
- The City of New York. (2021). *Local Law 41, 2021*. New York: The City of New York.
- The City of New York Mayor Eric Adams. (2023). *PlaNYC*. New York: The City of New York Mayor Eric Adams.
- The Engineering Toolbox. (sd). *Emissivity coefficients of Common Materials*. Opgehaald van engineeringtoolbox: https://www.engineeringtoolbox.com/emissivity-coefficients-d_447.html?utm_source=chatgpt.com
- Tuholske, C. C. (2021). *Global urban population exposure to extreme heat proceedings of the National Academy of sciences*. Tempe, AZ: Arizone State University.
- van Esch, M., Looman, R., & de Bruijn-Hordijk, G. (2012). *The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies*. Delft: Energy and Buildings.
- Veenstra, K. (2017). *Rotterdam: van werkstad naar netwerkstad*. Rotterdam: Gemeente Rotterdam.



Wong, N. (2011). *Evaluation of the impact of surrounding urban morphology on building energy consumption*.
Singapore: National University of Singapore.

