



Projectgroep i-Tree Nederland

Bomenwacht Nederland

BTL Bomendienst

Cobra adviseurs

Terra Nostra

De baten van stadsbomen

i-Tree Eco Nederland

Tussenrapportage Pilot 2

Gemeente Oss

Thema: **Hittestress/Koeling**

Oktober 2018



Dit project is tot stand gekomen door Platform i-Tree Nederland, een samenwerking tussen:

Stadswerk	Maarten Loeffen
VHG	Olivier Copijn Marc Custers
Wageningen University & Research	Fons van Kuik
Hogeschool van Hall Larenstein	John Raggers Hans Jacobse
Gemeente Oss	Rudi Schleedoorn Nina van Schagen
Bomenwacht Nederland	Michel van Ingen Astrid Kwakkel Nout Jansen
BTL Bomendienst	Arnold Meulenbelt Dorien Nooitgedagt Tom Verstraten
Cobra adviseurs	Cor 't Lam Koen Verhoeven Evelien Droge
Terra Nostra	Henry Kuppen Wendy Batenburg Ewout de Graaff

Met dank aan de USDA Forest Service en Davey Institute.

AUTEURS

Wendy Batenburg, Dorien Nooitgedagt, Tom Verstraten, Fons van Kuik
Foto's door Henry Kuppen





Inleiding

i-Tree Eco Nederland

Bomen zijn belangrijk voor een gezonde en klimaatbestendige stad. Ze verbeteren bijvoorbeeld de luchtkwaliteit, zorgen voor langdurige CO₂-binding en vangen overtollig regenwater af. Deze baten kunnen beïnvloed worden door beheer. Daarmee kunnen de positieve effecten van de bomen versterkt worden.

i-Tree Eco is een in de Verenigde Staten ontwikkeld model om deze zogenoemde ecosysteemdiensten of 'groene baten' van bomen te vertalen naar een concrete economische waarde. Dit maakt van i-Tree Eco een bruikbaar instrument voor management en beheer van bomen. Het model geeft inzicht in de baten van bomen en biedt de mogelijkheid om met beheer gericht op deze baten te sturen.

Om i-Tree Eco in Nederland toepasbaar te maken zijn, in 2 fases, pilotprojecten uitgevoerd in verschillende aangesloten gemeenten. Pilot 1 had tot doel om i-Tree Eco door te ontwikkelen voor de Nederlandse situatie. In verschillende gemeentes is een data-analyse uitgevoerd. Pilot 2 bouwt hierop voort met een verdiepingsslag. Ook nu is in iedere gemeente een i-Tree Eco-analyse uitgevoerd. Daarnaast zijn er per gemeente verdiepende onderzoeksvragen opgesteld rond een actueel thema, zoals water of hittestress en het gebruik van i-Tree Canopy.

Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de resultaten van het deelproject in de gemeente Oss. In deze gemeente staat het thema **hittestress** centraal.

- Eerst beschrijven we kort de **kenmerken van de gemeente**, de aanleiding om mee te doen en het geselecteerde projectgebieden.
- Daarna volgt een hoofdstuk met de resultaten van het **verdiepende onderzoek** over het thema hittestress.
- Vervolgens beschrijven we de belangrijkste uitkomsten van de **i-Tree Eco data-analyse**.
- Tot slot geven we een **interpretatie** van de resultaten waarin we verband leggen tussen het thema en de output van de data-analyse.



Pilotgemeente Oss

De gemeente Oss heeft een bomenbestand van in totaal 69.169 geregistreerde bomen (2017). Het totale aantal bomen in de stad is natuurlijk groter, doordat er ook bomen in particulier bezit zijn, in bossen of op sportparken staan (afdeling Vastgoed).

De gemeente Oss wil graag inzicht in de baten van bomen om investeringen in de bomen te kunnen verantwoorden. Dat geldt zowel intern, binnen de gemeente, als extern, naar burgers. De gemeente Oss wil de uitkomsten van de i-Tree Eco-analyse gebruiken in de besluitvorming en om het maatschappelijk belang van bomen naar burgers te onderstrepen. Daarnaast heeft de gemeente interesse in het bepalen van het effect van bomen op hittestress en koeling.

Het i-Tree Eco-model rekent alleen met de gemeentelijke bomen omdat:

- De gemeente alleen op deze bomen invloed heeft, en het makkelijkst met deze bomen kan 'sturen'.
- Er van deze bomen gestandaardiseerde gegevens beschikbaar zijn die in het model kunnen worden ingevoerd.



Projectgebieden

Er zijn 2 projectgebieden geselecteerd, met elk circa 500 bomen. Voor ieder projectgebied heeft de gemeente een concrete vraag.

Projectgebied 1: Stadscentrum

In het centrum van Oss wordt een groene verbinding aangelegd van het station naar het centrum. Het thema hittestress is vooral relevant voor dit projectgebied. De gemeente wil graag weten in hoeverre de bomen in dit gebied bijdragen aan koeling en het tegengaan van het *Urban Heat Island Effect*.



Afbeelding 1a. Projectgebied Stadscentrum. De grootte van de cirkels geven de kroondiameters weer.



Projectgebied 2: Elzenhoekpark

In het Elzenhoekpark in de wijk Ruwaard is een deel met 500 bomen geselecteerd. Het park is aangelegd in 1970 en 7 jaar geleden opnieuw ingericht. Er staan een aantal monumentale bomen. De gemeente wil vooral weten wat de bijdrage van dit park is aan de luchtkwaliteit van de wijk. Deze vraag zal worden beantwoord vanuit de resultaten van de data-analyse.



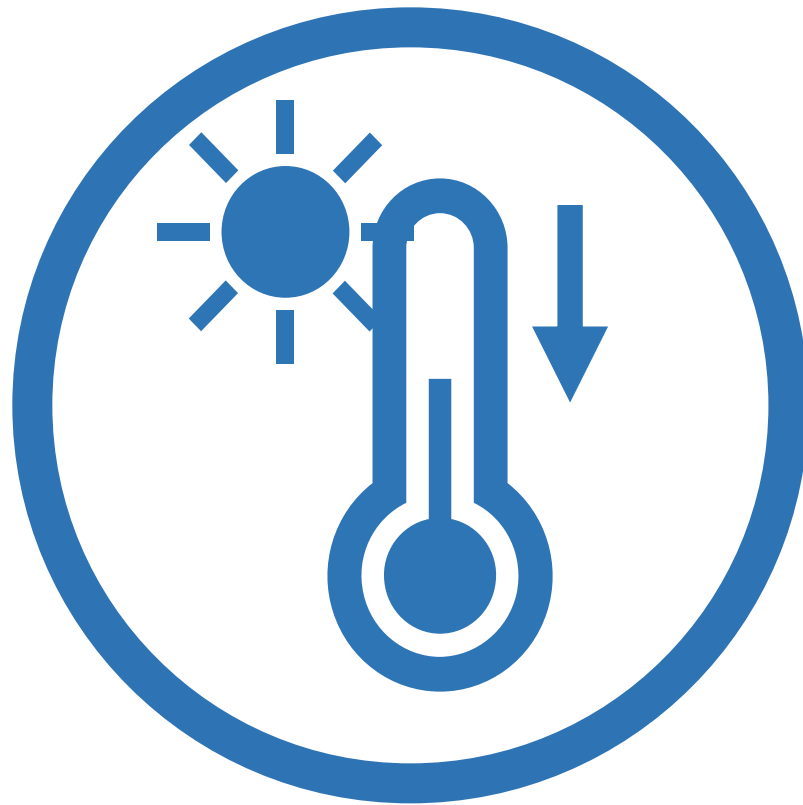
Afbeelding 1b. Projectgebied Elzenhoekpark. De grootte van de cirkels geven de kroondiameters weer.



Samenvatting - De baten van de bomen

van de projectgebieden in Oss





Thema: hittestress



Resultaten

Onderzoeksthema: hittestress

Pilot gemeente Oss

Het deelproject in de gemeente Oss focust zich op het thema hittestress en koeling door bomen. Hierbij worden de gegevens van het Stadscentrum en het Elzenhoekpark gebruikt in combinatie met literatuuronderzoek.

De volgende onderzoeksvragen zijn onderzocht:

- Welk effect hebben bomen op de omgevingstemperatuur?
- Welke effecten zijn te vertalen naar een waarde in euro's?
- Hoe bereken je de financiële waarde van deze effecten?
- Wat is de status van onderzoek naar hittestress in Nederland (Europa)?
- Is in de i-Tree Eco-berekening van energiebesparing ook rekening gehouden met koeling?
- Praktische vertaling: de inzet van i-Tree Canopy

Vraag a tot en met e zijn beantwoord in een bijdrage van Wageningen University Research door Fons van Kuik (van Kuik et al.).

a. Welk effect hebben bomen op de omgevingstemperatuur?

Sinds de jaren 50 zijn steeds meer mensen in stedelijke gebieden gaan wonen waardoor het groen uit deze gebieden verdrongen is. Tegen 2030 wordt verwacht dat 60% van de wereldwijde bevolking in stedelijke gebieden woont, waardoor de druk op een gezond leefklimaat alsmaar groter wordt (Golden et al.). Een van de problemen in stedelijke gebieden is de warmteopbouw tezamen met een beperkte warmte afvoer (Zhao et al., 2014). Bomen en ander groen kunnen een positieve bijdrage leveren aan het reduceren van de omgevings- en gevoelstemperatuur (het UCAM project, Groen et al.).

Directe invloed van bomen op koeling in stedelijke gebieden wordt veroorzaakt door schaduw. Een maximaal effect van schaduw in een park in Lissabon was bijvoorbeeld gemeten op 6,9°C lager dan in de aangrenzende zonnige stedelijke gedeelten (Oliveira et al.). Ook evapotranspiratie (het resultaat van verdamping en transpiratie) speelt een grote rol in koeling in stedelijke gebieden (Georgi et al.). Er is ook een relatie tussen kroonoppervlak en luchttemperatuur, één procent toename in kroonoppervlak zorgt voor 0,14 °C koeling (Middel et al.).

b. Welke effecten zijn te vertalen naar een waarde in euro's?

Directe koeling door schaduwwerking

Voor i-Tree Eco wordt het effect van koeling door bomen door schaduwwerking bepaald door een schatting te maken van de vermindering van energieverbruik van gebouwen en de vermeden CO₂ emissies van elektriciteitscentrales. Het energieverbruik kan worden verminderd door een verbetering van het groenontwerp en een juiste manier van gebruik van stadsbomen (Nowak, 2017). De schaduwwerking van bomen in het Elzenhoekpark in Oss is te zien in afbeelding 2.



De bijdrage van directe koeling door reflectie van zonlicht en evapotranspiratie wordt niet meegenomen door i-Tree Eco. Terwijl ze wel bijdrage leveren aan plaatselijke koeling door bomen. Mogelijk kunnen de door i-Tree Eco berekende evapotranspiratiewaarden in de toekomst gekoppeld worden aan temperatuureffecten.



Afbeelding 2. Schaduwvorming door bomen in het Elzenhoekpark in Oss.

c en e. Hoe bereken je de financiële waarde van deze effecten? Is in de i-Tree Eco-berekening van energiebesparing ook rekening gehouden met koeling?

In i-Tree Eco wordt in de berekening van energiebesparing gebruik gemaakt van de koeling door bomen. I-Tree Eco schat de effecten in van bomen op het energieverbruik van gebouwen en de daaruit voortvloeiende CO₂ emissies van elektriciteitscentrales (McPherson et al.).

d. Wat is de status van onderzoek naar hittestress in Nederland (Europa)?

Er worden een aantal grote onderzoeksprogramma's uitgevoerd op het gebied van hittestress en klimaat (van Kuik et al.).

1. Kennis voor Klimaat (<http://www.kennisvoorklimaat.nl/stadsklimaat>)
2. Ontwerprichtlijnen voor klimaatbestendig groen in de stad (Klemm et al.)
3. Nationale Klimaatadaptatie strategie (www.nationaleadaptatiestrategie.nl)
4. Deltaplan Ruimtelijke adaptatie
5. Onderzoek naar de hittebestendige stad (Hogeschool van Amsterdam)
6. Effect van ruimtelijke planvorming op hittestress (WUR en KNMI)
7. Onderzoek naar hittestress in o.a. Rotterdam, Amsterdam en Den Haag (Hoeven et al.)
8. Dossier Metropolitan Solutions (M. Stuiver, WUR)



9. Dossier Groen in de stad (M. Stuiver, WUR)
10. Klimaat in de stad (T. van Hattum, WUR)
11. Heat in the city, looking for climate proof solutions (Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions (AMS) in samenwerking met WUR, TU Delft en MIT).
12. Really Cooling Water Bodies in Cities (REALCOOL) (S. Lenzholzer, WUR en J. Kluck, Hogeschool van Amsterdam)

f. Praktische vertaling: de inzet van i-Tree Canopy

De relatie tussen groen en grijs oppervlak is één van de factoren die van belang is voor het ontstaan van het hitte-eiland effect. Indirect dus ook voor het koelende effect van de bomen in de projectgebieden.

Het oppervlakte groen binnen een gebied kan bepaald worden door het gebruik van i-Tree Canopy. Dit kan ook worden gedaan met i-Tree Eco, maar daarbij moeten alle maten van de boom ingevoerd worden. i-Tree Canopy is een tool om snel vast te stellen wat de kroonbedekking is binnen een specifiek gebied. I-Tree Eco kost meer tijd, maar is veel nauwkeuriger. Daarbij kan bij i-Tree Eco ook gebruik gemaakt worden van Nederlandse klimaatgegevens en prijzen wat bij i-Tree Canopy niet het geval is.

Methode

Met i-Tree Canopy wordt de dekking van groen binnen een gespecificeerd projectgebied in kaart gebracht. Dit kan direct op een google Maps luchtfoto getekend worden of via een ESRI shapefile met coördinaten. I-Tree Canopy genereert willekeurige punten die je definieert naar dekkingstype; verharding, boom, water etc. Een nauwkeurige analyse wordt bereikt tussen de 500 á 1000 punten. Hoe meer punten hoe beter de dekking van het projectgebied wordt geschat. Wanneer het groenoppervlak van de bomen, het blad, is geschat kunnen ook de baten worden berekend, zoals CO₂ opslag. Voor het uitvoeren van i-Tree Eco op de projectlocaties is het berekenen van de ecosysteemdiensten; luchtverontreiniging, CO₂ en waterafvang mogelijk. Met i-Tree Canopy is het niet mogelijk om de waterafvang te berekenen.

Resultaten

Voor beide projectgebieden in Oss is het percentage kroonbedekking (Canopy cover), CO₂ vastlegging en afvang luchtvervuiling bepaald door middel van i-Tree Canopy. Deze data wordt vergeleken met de data uit i-Tree Eco (tabel 1). I-Tree Eco geeft de meest nauwkeurige waarde, omdat hierbij rekening wordt gehouden met boomsoort en nauwkeurige meetgegevens per boom.



	Stadscentrum	Elzenhoekpark
i-Tree Canopy		
Canopy cover	14,2%	44%
CO ₂ vastlegging	31 ton/jaar	102 ton/jaar
Afvang luchtvervuiling	189,7 kg/jaar	624,7 kg/jaar
i-Tree Eco		
Canopy cover	9,6%	32,1%
CO ₂ vastlegging	6,3 ton/jaar	12,9 ton/jaar
Afvang luchtvervuiling	146,7 kg/jaar	249,8 kg/jaar

Tabel 1. Vergelijking tussen i-Tree Canopy en i-Tree Eco voor de projectgebieden in gemeente Oss.

I-Tree Canopy geeft een ruime overschatting van het percentage kroonbedekking (+4,6%) in vergelijking met i-Tree Eco. De CO₂ vastlegging is met i-Tree Canopy ongeveer 5 keer zo hoog als de gegevens uit i-Tree Eco. Ook de hoeveelheid afgevangen luchtvervuiling per jaar is veel hoger dan met i-Tree Eco, met name in het Elzenhoek park (377,9 kg/jaar).

Deze afwijkingen zijn mogelijk te wijten aan de onnauwkeurigheid van i-Tree Canopy door de methode van het bepalen van groen en doordat geen rekening wordt gehouden met de boomsoort en boommaten. Belangrijker nog is dat bij i-Tree Canopy zowel particuliere als gemeentelijke bomen meegenomen worden in de analyse, terwijl in i-Tree Eco alleen de gemeentelijke bomen geanalyseerd worden.

Geconcludeerd kan worden dat i-Tree Canopy op dit moment nog niet gebruikt kan worden in Nederland en dat voor een nauwkeurige bepaling van het percentage kroonbedekking, CO₂ vastlegging en afvang van de luchtverontreiniging het beste i-Tree Eco ingezet kan worden. De gegevens uit i-Tree Eco kunnen dan mogelijk ingezet worden om te bepalen hoe bomen de temperatuur in hun omgeving beïnvloeden. Bijvoorbeeld door de studie van Middel et al. te gebruiken waarbij gevonden is dat één procent toename in kroonbedekking zorgt voor 0,14°C koeling (Middel et al.).

Conclusie

De bewijsbasis voor de verkoelende voordelen van bomen op gebouwen lijkt sterk; er bestaat goede overeenkomst tussen experimentele en modelleringsstudies van de schaduw effecten van bomen in het verminderen van de energiekosten voor airconditioning in Noord-Amerika en dit is omgezet in bruikbare modellen zoals i-Tree Eco en i-Tree Streets. De schaduwvoordelen van bomen nemen toe met hun grootte en is afhankelijk van de nabijheid en plaatsing ten opzichte van gebouwen. Daarom is het niet voldoende om alleen de boomstructuur te kennen om de voordelen voor koeling te berekenen; ook de positie en de grootte van elke individuele boom moeten worden bepaald voordat hun voordelen kunnen worden berekend. Voor Noord-Amerika zijn de voordelen duidelijk, hoewel in de meeste gevallen de fysieke kenmerken van de bomen zoals variabiliteit in kroonvorm en bladdichtheid niet in de berekeningen zijn meegenomen (Sawka et al.).

In tegenstelling tot Noord-Amerika is er weinig onderzoek gedaan in Europa naar effecten van schaduwwerking door bomen. Dit voordeel van bomen is weggelaten uit de Europese versies van i-Tree Eco, grotendeels omdat airconditioning in dit deel van de wereld, veel minder voorkomt en ook zijn de bouwtypen verschillend met Noord-Amerika. In Noord-Europa worden bomen ook vaak op grote afstand van gebouwen geplant, met name bij



huizen, vanwege de behoefte van bewoners om veel licht te ontvangen. Hierdoor is het op dit moment niet mogelijk om voor Nederland het verkoelende effect van bomen te analyseren met i-Tree Eco.

Vast staat dat de bijdrage aan het koelen van de straat/ stad het grootst is wanneer bomen gezond zijn en optimaal kunnen groeien. Een gezond bomenbestand is dus een belangrijk doel van de toekomst.

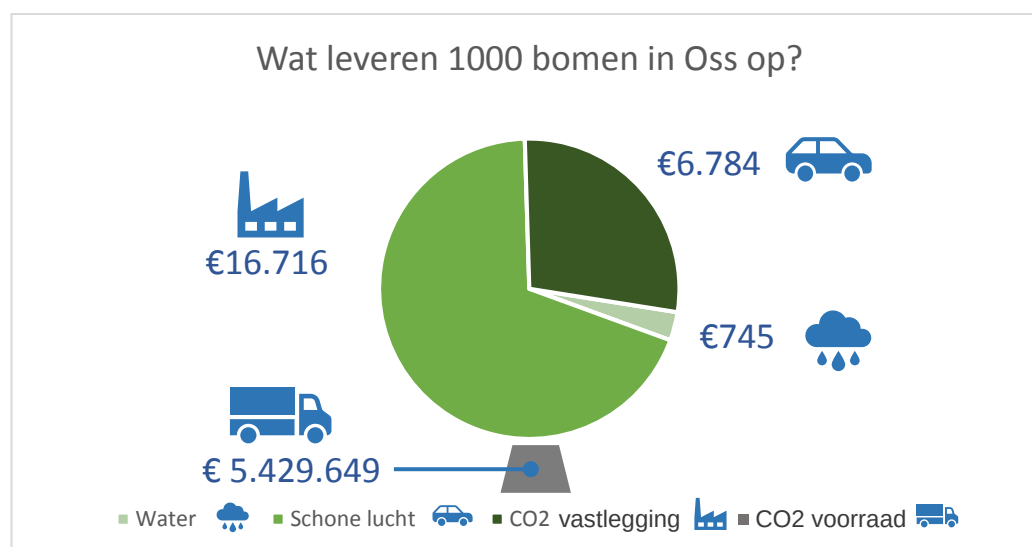


Uitkomsten i-Tree Eco analyse



Wat leveren de bomen in Oss op?

Stadsbomen hebben een positief effect op hun omgeving en op het welbevinden van mensen. Bomen verbeteren bijvoorbeeld de luchtkwaliteit, zorgen voor langdurige CO₂ binding, vangen overtollig water af en kunnen zorgen voor een daling van de omgevingstemperatuur. De baten van de bomen in het onderzoeksgebied zijn berekend voor 3 parameters: luchtzuivering, CO₂-vastlegging en waterafvang. Daarnaast is ook de CO₂ voorraad die aanwezig is in de bomen bepaald. Dit zijn de parameters die in een geldwaarde uit te drukken zijn door het gebruik van i-Tree Eco (tabel 2 en bijlage 2).



Figuur 1. De concrete besparing in euro's die de onderzoeksbomen in de projectgebieden opleveren wat betreft luchtzuivering, CO₂-vastlegging en waterafvang.

Aantal bomen	1000	
Meest voorkomende soorten	Gewone platan (<i>Platanus x hispanica</i>) Zomereik (<i>Quercus robur</i>) Moerasedik (<i>Quercus palustris</i>)	
Kroonbedekking	19,4 %	
Luchtzuivering	352 kg / jaar	€ 16.716
Waterafvang	427 m ³ / jaar	€ 745
CO ₂ vastlegging per jaar	19 ton / jaar	€ 6.784
CO ₂ -voorraad	131 ton	€ 218.061
Totale baten per jaar	€ 24.245 (€ 18.076 - € 30.143)	

Tabel 2. De bijdrage van het bomenbestand in de 2 projectgebieden aan luchtzuivering, CO₂-vastlegging en waterafvang, in aantallen en euro's. Tussen haakjes de onder en boven waarde zoals aangegeven in Handboek Milieuprijzen 2017. De weergegeven waarde is het gemiddelde hiervan



Data-analyse projectgebieden

De gegevens van het bomenbestand in de 2 projectgebieden Stadscentrum en Elzenhoekpark zijn ingevoerd in i-Tree Eco. De baten van de bomen zijn berekend voor 3 thema's: afvang van luchtvervuiling, CO₂-vastlegging en -voorraad en waterafvang.

De resultaten uit deze i-Tree Eco analyse in Oss zijn berekend voor 1000 bomen, dit is 1,4% van het totale gemeentelijke bomenbestand. Het is niet mogelijk om de uitkomsten van de i-Tree Eco analyse te extrapoleren naar het gehele bomenbestand. De berekende baten van bomen met i-Tree Eco zijn namelijk afhankelijk van boomsoort, boomgrootte, bladoppervlak en kroonoppervlak. Dit is voor elke boom anders, ook binnen een bepaalde boomsoort.

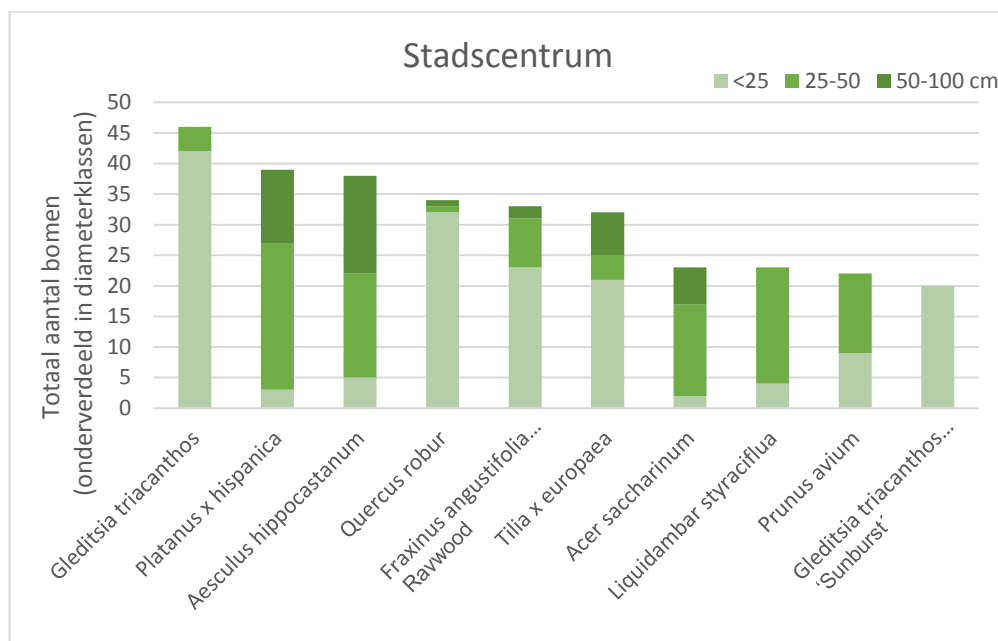
De bomen in het bomenbestand van gemeente Oss zijn onderverdeeld in de klassen <25 cm, 25-50 cm, 50-100 cm. Voor de berekening in i-Tree is het klassemidden gebruikt, respectievelijk 12,5 cm, 37,5 cm en 75 cm. De onderverdeling in stamdiameterklasse per boomsoort is weergegeven in figuur 2a en 2b. De i-Tree Eco berekening is gebaseerd op stamdiameter en niet leeftijd, omdat leeftijd niet per definitie de bepalende factor is voor de stamdiameter. De stamdiameter wordt met name bepaald door standplaats, kwaliteit van de groeiplaats en klimaat.



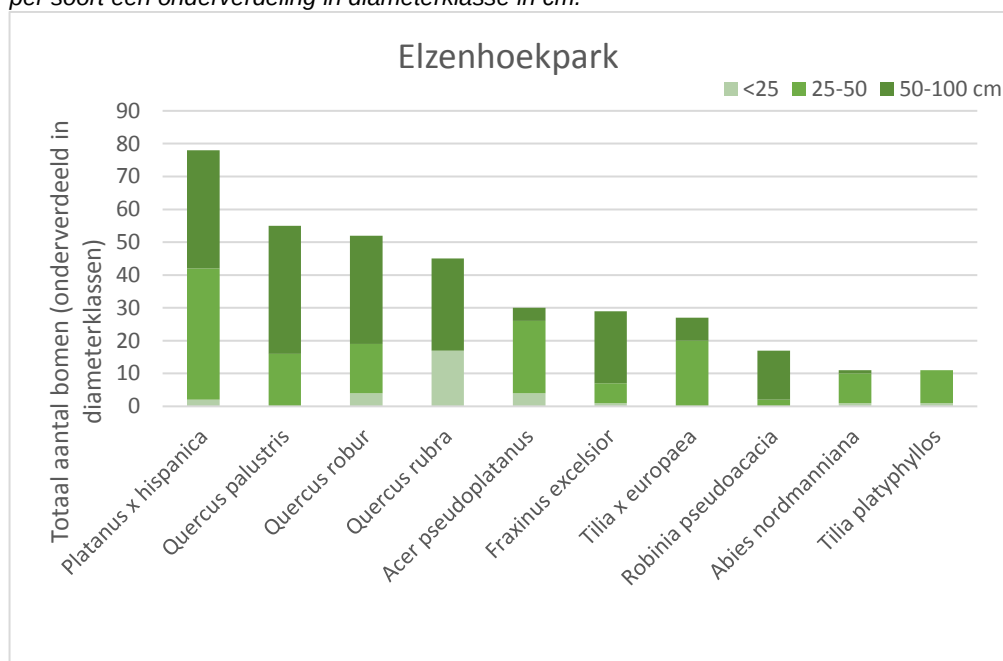
Algemene kenmerken van het bomenbestand

	Stadscentrum	Elzenhoekpark
Aantal bomen	500	500
Totaal aantal soorten	39	47

In het Stadscentrum zijn de dikke bomen uit de hoogste stamdiameterklasse vooral te vinden onder de soorten *Platanus x hispanica* en *Aesculus hippocastanum*. Voor het Elzenhoekpark zijn dit ook de *Platanus x hispanica*, maar ook eikensoorten, waaronder *Quercus palustris*, *Quercus robur* en *Quercus rubra*. Hier bestaat ook *Fraxinus excelsior* en *Robinia pseudoacacia* voor meer dan 50% uit de hoogste stamdiameterklasse. De populariteit van de *Gleditsia triacanthos* van de laatste jaren is hier ook in te zien. Deze boomsoort komt het meeste voor in het Stadscentrum en heeft tegelijkertijd de meeste bomen in de kleinste diameterklasse.



Figuur 2a. De top 10 van meest voorkomende boomsoorten in het projectgebied Stadscentrum, met per soort een onderverdeling in diameterklasse in cm.



Figuur 2b. De top 10 van meest voorkomende boomsoorten in het projectgebied Elzenhoekpark, met per soort een onderverdeling in diameterklasse in cm.

In het Elzenhoekpark zijn veel dikke bomen te vinden (afbeelding 3b), 220 bomen versus 74 bomen in het stadscentrum (diameterklasse 50-100 cm, afbeelding 3a). Voor de klasse 25-50 cm zijn de aantallen tussen de 2 projectgebieden ongeveer gelijk, 179 in het stadscentrum versus 191 in het Elzenhoekpark. In het stadscentrum staan duidelijk de



meeste bomen met een stamdiameter kleiner dan 25 cm, 233 bomen vergeleken met 85 bomen in het Elzenhoekpark.

De jaarlijkse baten per boomsoort zijn weergegeven in bijlage 3. De boomsoort *Platanus x hispanica* heeft zowel in het Stadscentrum (€1.160) als het Elzenhoekpark (€3.629) de hoogste jaarlijkse baten van alle gemeentelijke boomsoorten binnen de projectgebieden. In het Stadscentrum maken de soorten *Aesculus hippocastanum* (€1.135) en *Tilia x europaea* (€469) de top 3 compleet. In het Elzenhoekpark hebben ook de *Quercus palustris* (€2.240) en de *Quercus robur* (€2.044) een grote bijdrage aan de totale jaarlijkse baten.



Kroonbedekking

Kroonbedekking is het percentage oppervlak binnen een bepaald gebied wat bedekt wordt door boomkronen gezien in het platte vlak. Het kroonoppervlak van alle bomen wordt hiervoor opgeteld. De gemeentelijke bomen in het projectgebied Stadscentrum hebben samen een kroonoppervlak van 24.212 m². Dit is een kroonbedekking van 9,6 % van het totale oppervlakte van het projectgebied.

De gemeentelijke bomen in het projectgebied Elzenhoekpark hebben samen een kroonoppervlak van 62.220 m². Dit is een kroonbedekking van 32,1% van het totale oppervlakte van het projectgebied.



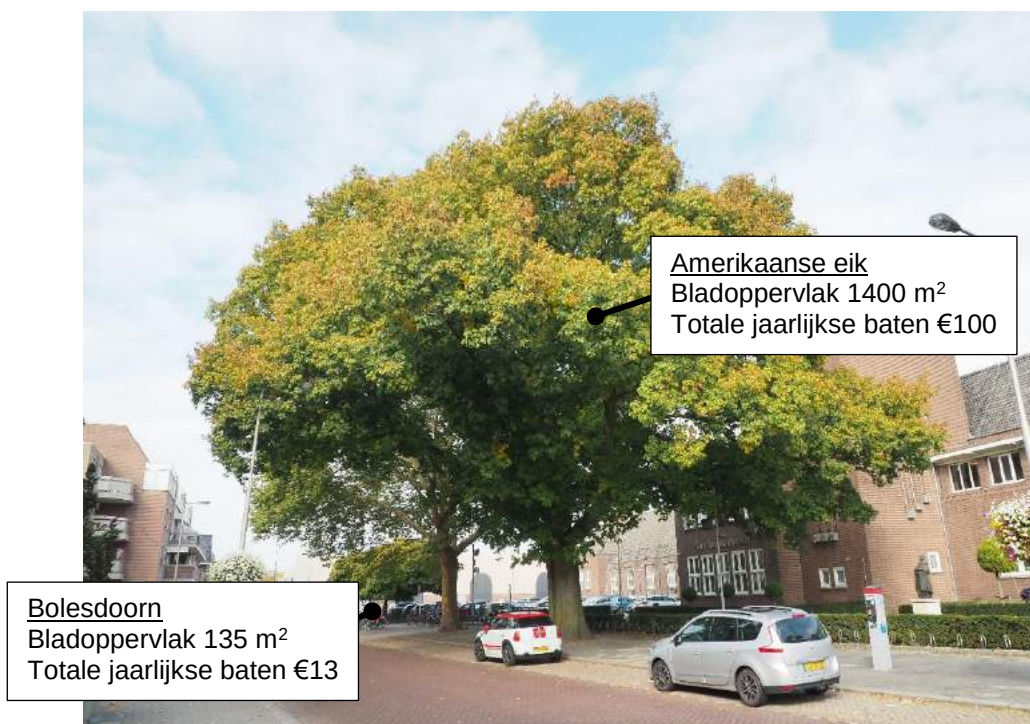
Bladoppervlak

Bladoppervlak is het totaal oppervlak aan blad in de boomkroon. Het bladoppervlak is veruit de belangrijkste factor bij het berekenen van de ecosysteemdiensten van een boom. Een grote boom heeft meer bladoppervlak dan een kleine. Grote bomen leveren dan ook meer ecosysteemdiensten dan kleine. Als voorbeeld een *Acer platanoides* 'globosum' (bolesdoorn) en een *Quercus rubra* (amerikaanse eik) in het Stadscentrum (afbeelding 3).

Waarbij de bolesdoorn een bladoppervlak heeft van 135 m² en totale jaarlijkse baten van €13. De Amerikaanse eik heeft een bladoppervlak van 1400 m² en totale jaarlijkse baten van €100. Het bladoppervlak van de Amerikaanse eik is tien keer zo hoog, en dit wordt gereflecteerd in acht keer zo hoge jaarlijkse baten.

Alle bomen in het projectgebied Stadscentrum hebben samen een bladoppervlak van 84.674 m². Dat is gemiddeld 173 m² per boom. De gewone plataan en de paardenkastanje hebben het meeste bladoppervlak en dragen respectievelijk 16,6% en 15,6% procent bij aan het totale bladoppervlak.

De bomen in het projectgebied Elzenhoekpark hebben samen een bladoppervlak van 207.431 m². Dat is gemiddeld 415 m² per boom. De gewone plataan en de moseik hebben het meeste bladoppervlak en dragen respectievelijk 23% en 11,3% bij aan het totale bladoppervlak.



Afbeelding 3. Het verschil tussen een bolesdoorn en een Amerikaanse eik in de Carmelietenstraat in Oss.



Soortendominantie

De soortendominantie zegt iets over de bijdrage van een bepaalde soort voor het leveren van ecosysteemdiensten. De dominantiewaarde is de optelsom van het percentage bomen van deze soort en het percentage bladoppervlak van de soort. Een hoge dominantiewaarde betekent dat deze soort op dit moment een grote bijdrage levert aan de ecosysteemdiensten binnen het projectgebied.

De dominantiewaarde is een momentopname en geldt alleen voor dit projectgebied. Het is geen eigenschap van de betreffende boomsoort: een paar grote bomen kunnen net zo veel bladoppervlak hebben dan een veel groter aantal jonge bomen.

In het Stadscentrum leveren de bomen van de boomsoort *Platanus x hispanica* en de *Aesculus hippocastanum* de grootste bijdrage aan baten met een dominantie waarde van respectievelijk 24,6% en 23,3% (tabel 3a). Samen hebben ze een dominantiewaarde van 47,9%. Ze bepalen dus samen meer dan de helft van de ecosysteemdiensten van de gemeentelijke bomen in het Stadscentrum.

Ook in het Elzenhoekpark is de *Platanus x hispanica* de meest dominante soort (38,6%), met de *Quercus palustris* als tweede dominante soort (23,3%) (tabel 3b). Samen hebben ze een dominantiewaarde van 61,9%. Deze twee soorten hebben dus een grote bijdrage aan de ecosysteemdiensten van de gemeentelijke bomen in het Elzenhoekpark.



Stadscentrum

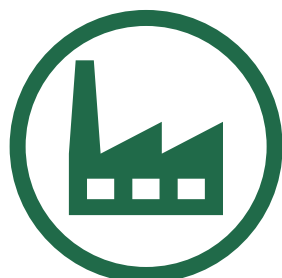
Boomsoort	Percentage van het bomenbestand	Bladoppervlak (%)	Dominantie-waarde
<i>Platanus x hispanica</i>	8,0%	16,6%	24,6%
<i>Aesculus hippocastanum</i>	7,8%	15,6%	23,3%
<i>Tilia x europaea</i>	6,5%	7,4%	13,9%
<i>Gleditsia triacanthos</i>	9,4%	1,8%	11,2%
<i>Fraxinus angustifolia</i> 'Raywood'	6,8%	4,2%	11,0%
Overig	61,5%	54,5%	-

Tabel 3a. De 5 soorten in het projectgebied Stadscentrum die het meest bijdragen aan groene baten.

Elzenhoekpark

Boomsoort	Percentage van het bomenbestand	Bladoppervlak (%)	Dominantie-waarde
<i>Platanus x hispanica</i>	15,6%	23,0%	38,6
<i>Quercus palustris</i>	11,0%	11,3%	23,3
<i>Quercus robur</i>	10,4%	10,6%	21,0
<i>Quercus rubra</i>	9,0%	10,0%	19,0
<i>Acer pseudoplatanus</i>	6,0%	5,0%	11,0
Overig	48,0%	40,1%	-

Tabel 3b. De 5 soorten in het projectgebied Elzenhoekpark die het meest bijdragen aan groene baten.



Afvang luchtverontreiniging

Slechte luchtkwaliteit in de stad wordt veroorzaakt door industrie en verkeer en heeft allerlei nadelige effecten; van een slechte invloed op onze gezondheid tot schade aan gebouwen. Bomen leveren een grote bijdrage aan het verbeteren van de luchtkwaliteit in de stedelijke omgeving. Bomen verwijderen direct luchtverontreiniging door opname via het blad, of vangen fijnstof af via het bladoppervlak.

De luchtvervuilende stoffen die meegenomen zijn in de i-Tree Eco analyse zijn koolstofmonoxide, stikstofdioxide, ozon, fijnstof en zwaveldioxide.

Per stof is berekend hoeveel kg de bomen in de gemeente Oss jaarlijks afvangen en welk bedrag daaraan gekoppeld kan worden (tabel 4a en 4b). Voor de berekening van deze waarde is het Handboek Schaduwpreizen van CE Delft gebruikt. De uiteindelijke waarde is het gemiddelde van de onder en bovenwaarde zoals beschreven in het handboek van CE Delft.

Stadscentrum

Luchtvervuilende stof	Kg verwijderd per jaar	Waarde per jaar
Koolstofmonoxide (CO)	0*	€ 0
Stikstofdioxide (NO ₂)	38,7	€ 1.505
Ozon (O ₃)	50,4	€ 120
Fijnstof (PM _{2,5})	49,7	€ 2.997
Zwaveldioxide (SO ₂)	7,9	€ 222
Totaal	146,7	€ 4.844 (€ 3.057 - € 6.632)

Tabel 4a. Afvang van 5 luchtverontreinigende stoffen door het bomenbestand in het projectgebied Stadscentrum. De onder en bovenwaarde van de totale baten voor de luchtverontreiniging zijn weergegeven tussen haakjes. *Koolstofmonoxide is nul, omdat deze stof bijna niet gemeten wordt door meetstations voor luchtvervuiling.

De boomsoorten die in het Stadscentrum het meeste bijdragen in het verwijderen van luchtverontreiniging zijn *Platanus x hispanica* (16,9 kg/jaar), *Aesculus hippocastanum* (15,8 kg/jaar) en *Tilia x europaea* (7,5 kg/jaar). Dit is gerelateerd aan aantal en grootte van de bomen. Wanneer gekeken wordt naar de hoeveelheid verwijderde luchtvervuiling per jaar per boom, dan vangt de *Fagus sylvatica* (4 bomen), *Fraxinus excelsior* (2 bomen) en *Quercus rubra* (9 bomen) de meeste luchtvervuiling af (respectievelijk 996, 927 en 723 gram per boom/jaar). In bijlage 1 is op een kaart (afbeelding 9) weergegeven hoe de bomen bijdragen in de afvang van luchtverontreiniging.



Elzenhoekpark

Luchtvervuilende stof	Kg verwijderd per jaar	Waarde per jaar
Koolstofmonoxide (CO)	0	€ 0
Stikstofdioxide (NO ₂)	94,8	€ 3.686
Ozon (O ₃)	123,5	€ 294
Fijnstof (PM _{2,5})	12,2	€ 7.346
Zwavel dioxide (SO ₂)	19,3	€ 545
Totaal	249,8	€ 11.871 (€ 7.491 - € 16.252)

Tabel 4b. Afvang van 5 luchtverontreinigende stoffen door het bomenbestand in het projectgebied Elzenhoekpark. De onder en bovenwaarde van de totale baten voor de luchtverontreiniging zijn weergegeven tussen haakjes.

De boomsoorten die in het Elzenhoekpark het meeste bijdragen in het verwijderen van luchtverontreiniging zijn *Platanus x hispanica* (55,4 kg/jaar), *Quercus palustris* (27,7 kg/jaar) en *Quercus robur* (25,9 kg/jaar). Dit is gerelateerd aan aantal en grootte van de bomen. Wanneer gekeken wordt naar de hoeveelheid verwijderde luchtvervuiling per jaar per boom, dan vangt de *Zelkova serrata* (3 bomen), *Platanus x hispanica* (75 bomen) en *Fagus sylvatica* (8 bomen) de meeste luchtvervuiling af (respectievelijk 921, 739 en 732 gram per boom/jaar).

Het belang van bomen voor het afvangen van luchtverontreiniging is duidelijk als gekeken wordt naar gezondheidseffecten. De fijnstof PM_{2,5} wordt vaak als indicator gebruikt voor alle gezondheidseffecten die met fijnstof zijn geassocieerd. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) adviseert te streven naar een PM_{2,5} waarde van 10 µg/m³. Dit is 5 µg/m³ lager dan nu in Nederland. De geschatte (jaarlijkse) verandering in gezondheidseffecten als de PM_{2,5} op de WHO streefwaarde komt houdt in dat onder andere gemiddeld per persoon de levensduur wordt verlengd, 800 minder vroegtijdige sterfgevallen plaatsvinden, er 1700 minder ziekenhuisspoedopnames ten gevolge van luchtweg- en hart en vaat ziekten en 1.500.000 dagen minder ziekteverzuim zijn (bron: RIVM).

De 500 bomen in het Elzenhoekpark vangen samen 12,2 kg PM_{2,5} af per jaar. Het belang van bomen voor de afvang van luchtverontreiniging wordt hierdoor benadrukt.



CO₂-opslag

Bomen leggen tijdens de fotosynthese CO₂ uit de atmosfeer vast in hun weefsel. Ongeveer 50 procent van een boom (drooggewicht) bestaat uit koolstof. Bomen kunnen voor langere tijd CO₂ opslaan.

i-Tree Eco berekent hoeveel CO₂ de bomen in het onderzoeksgebied jaarlijks vastleggen, hoeveel CO₂ al in de bomen is opgeslagen als voorraad, welk bedrag daarbij hoort en welke boomsoorten daarbij een belangrijke rol spelen (tabel 5a en 5b). De CO₂ opslag van de bomen is weergegeven in een kaart in bijlage 1 (afbeelding 7).

Stadscentrum

CO ₂ -opslag	Hoeveelheid	Waarde
CO ₂ -voorraad (ton)	176	€ 62.259
CO ₂ -vastlegging (ton/jaar)	6,3	€ 2.231 per jaar

Tabel 5a. CO₂-opslag door het bomenbestand in het projectgebied Stadscentrum.

Elzenhoekpark

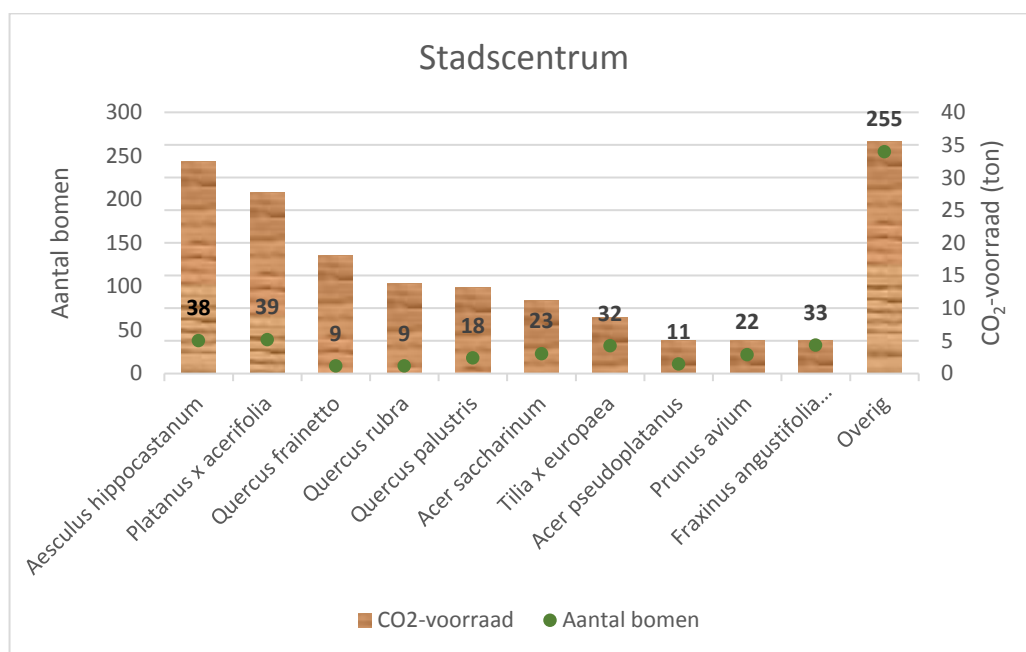
CO ₂ -opslag	Hoeveelheid	Waarde
CO ₂ -voorraad (ton)	440	€ 155.802
CO ₂ -vastlegging (ton/jaar)	12,9	€ 4.553 per jaar

Tabel 5b. CO₂-opslag door het bomenbestand in het projectgebied Elzenhoekpark.

Welke boomsoorten dragen het meest bij in het projectgebied Stadscentrum?

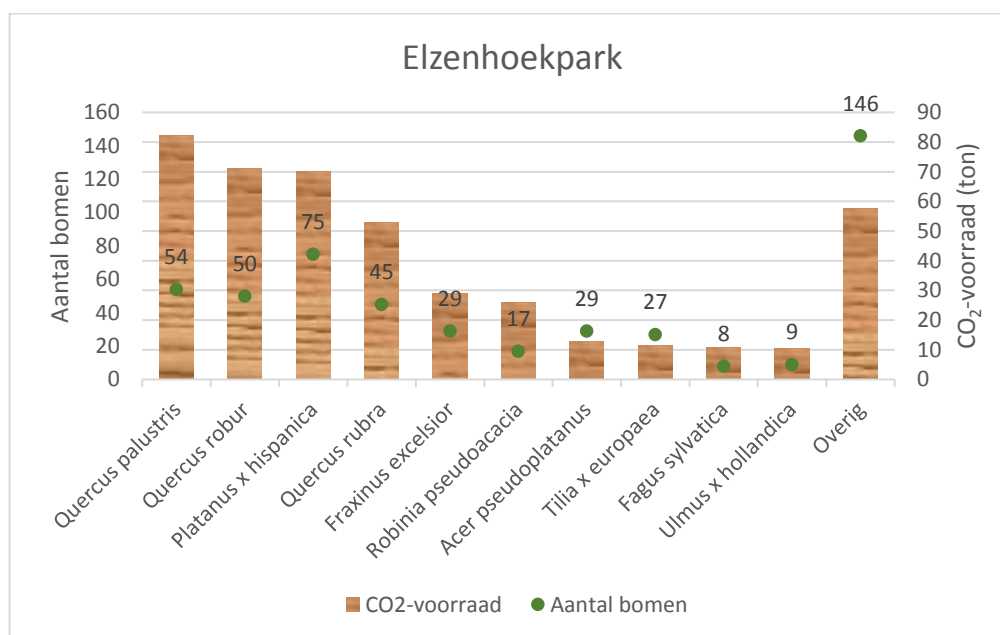
CO₂ vastlegging en voorraad hangt niet alleen af van het aantal bomen, maar ook van de soort, de leeftijd en de omvang van de boom. Een boomsoort die veel voorkomt hoeft niet per se de grootste bijdrage te leveren aan CO₂ opslag. De CO₂ opslag van de bomen is weergegeven in een kaart in afbeelding 7 in bijlage 1.

De boom die individueel de meeste CO₂-voorraad bevat en de meeste CO₂ jaarlijks vastlegt in het stadscentrum is een *Quercus palustris*. In deze boom is 2063 kg CO₂ vastgelegd, goed voor €730. Dit neemt jaarlijks toe met 54 kg CO₂. De boomsoorten die in totaal de grootste CO₂ voorraad hebben zijn *Aesculus hippocastanum*, *Platanus x hispanica* en de *Quercus frainetto* (figuur 3a). De soort *Quercus palustris* legt ook elk jaar veel CO₂ vast vergeleken met de andere soorten.

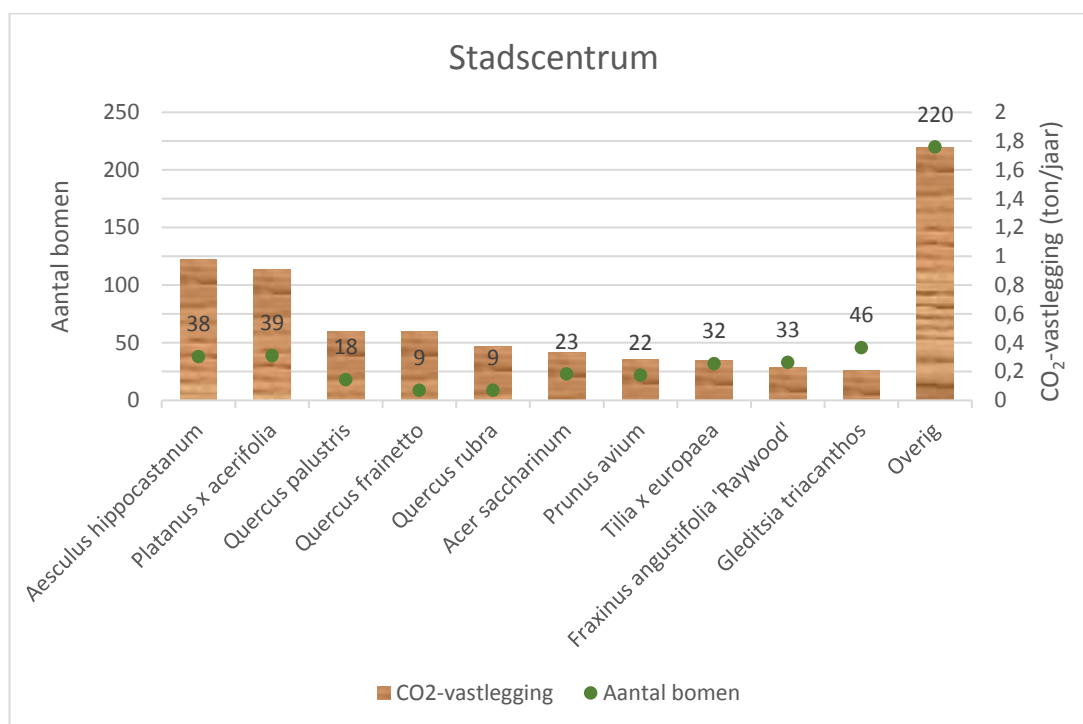


Figuur 3a. De top 10 van boomsoorten in het projectgebied Stadscentrum waarin nu de meeste CO₂ is opgeslagen.

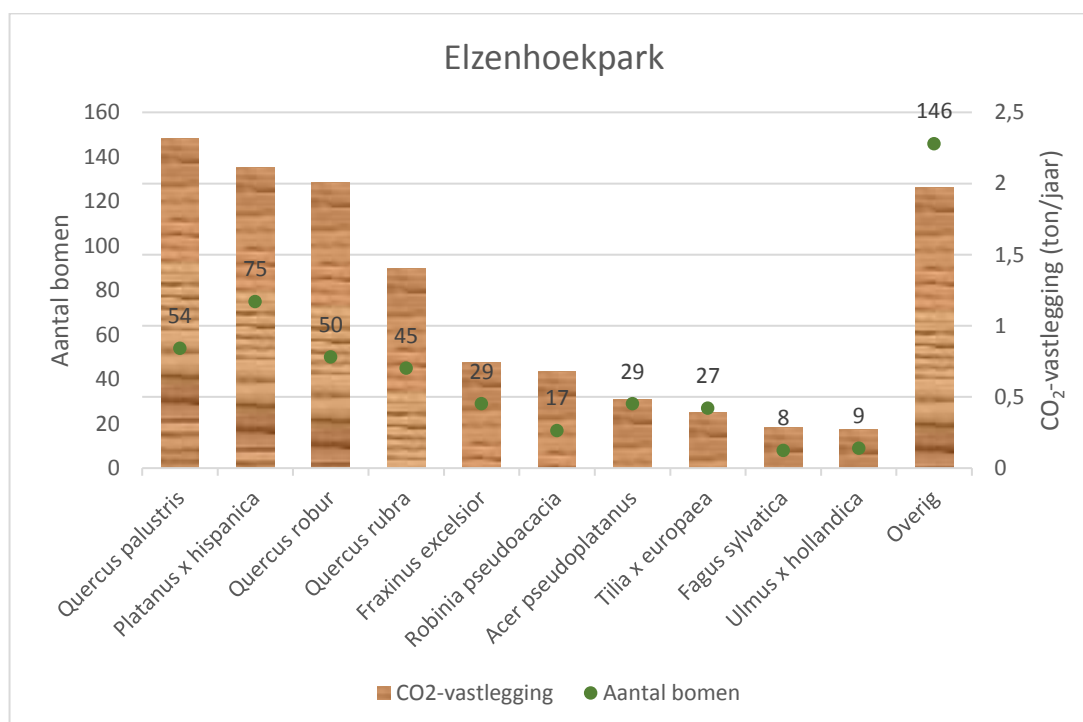
In het Elzenhoekpark is een *Betula nigra* degene die de meeste CO₂ voorraad heeft (2068 kg; €732). Dit neemt jaarlijks toe met 54 kg CO₂ per jaar. Voor wat betreft soorten hebben de soorten *Quercus palustris*, *Quercus robur* en *Platanus x hispanica* de meeste CO₂ vastgelegd (figuur 3b). Ook wat betreft jaarlijkse CO₂ vastlegging zijn deze 3 soorten het meest belangrijk.



Figuur 3b. De top 10 van boomsoorten in het projectgebied Elzenhoekpark waarin nu de meeste CO₂ is opgeslagen.



Figuur 4a. De top 10 van boomsoorten in het projectgebied Stadscentrum die jaarlijks het meeste bijdragen aan nieuwe vastlegging van CO₂.



Figuur 4b. De top 10 van boomsoorten in het projectgebied Elzenhoekpark die jaarlijks het meeste bijdragen aan nieuwe vastlegging van CO₂.



Waterafvang

In Nederland komt steeds vaker zware neerslag voor (hoosbuien). Vooral in de stad, waar een groot deel van de ruimte bedekt is door gebouwen of verharding kan dit voor problemen zorgen. Het water dat niet wordt opgenomen door de bodem of het groen moet worden afgevoerd via het riool. Steeds vaker kan de riolering dit niet aan, met wateroverlast tot gevolg.

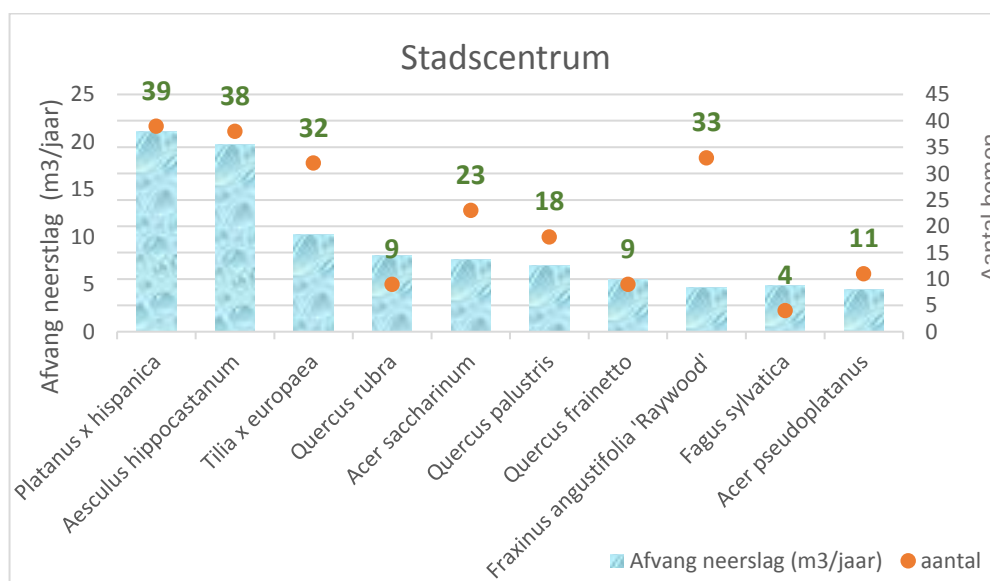
Bomen kunnen ervoor zorgen dat water wordt afgevangen in hun kroon, waarna het verdampt of vertraagd wordt afgegeven aan de bodem. Dit vermindert de druk op het riool tijdens regenval. (Ook kan het water rond de bomen makkelijker de grond in zakken, maar dit effect wordt in i-Tree Eco niet berekend.)

i-Tree Eco berekent hoeveel water de bomen in hun kroon afvangen (ofwel hoeveel minder water er naar het riool stroomt dan in een situatie zonder bomen) (tabel 6a en 6b). Bij de berekening van de financiële baten hiervan is gerekend met de rioolheffing van de gemeente Oss. Daarbij is uitgegaan van een gemiddeld waterverbruik per huishouden van 124 m³ (bron: NIBUD).

Stadscentrum	Bladoppervlak:	84.674 m ²
	Waterafvang:	125 m ³
	Waarde:	€ 216 per jaar

Tabel 6a. Waterafvang door het bomenbestand in het projectgebied Stadscentrum.

De boomsoorten die in het Stadscentrum die het meeste bijdragen aan het afvangen van water zijn *Platanus x hispanica* (21,1 m³/jaar), *Aesculus hippocastanum* (19,7 m³/jaar) *Tilia x europaea* (10,2 m³/jaar) (figuur 5a). De soorten *Fagus sylvatica* (4 bomen), *Fraxinus excelsior* (2 bomen) en *Quercus rubra* (9 bomen) vangen per boom het meeste water af (respectievelijk 1,2, 1,1 en 0,9 m³/jaar per boom).



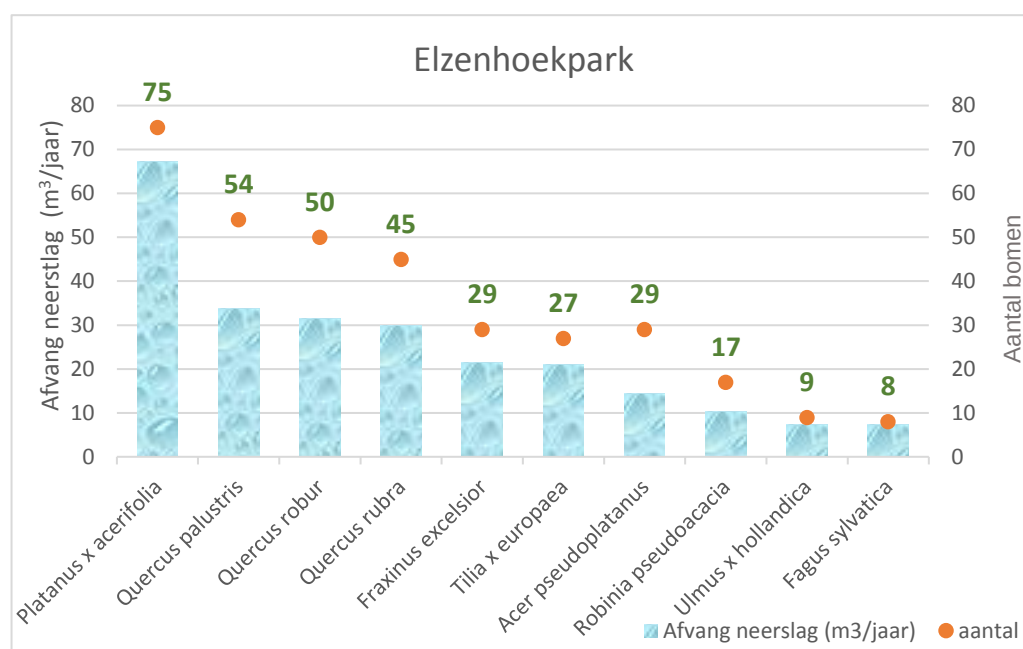
Figuur 5a. De top 10 van boomsoorten in het projectgebied Stadscentrum die jaarlijks het meeste bijdragen aan waterafvang.



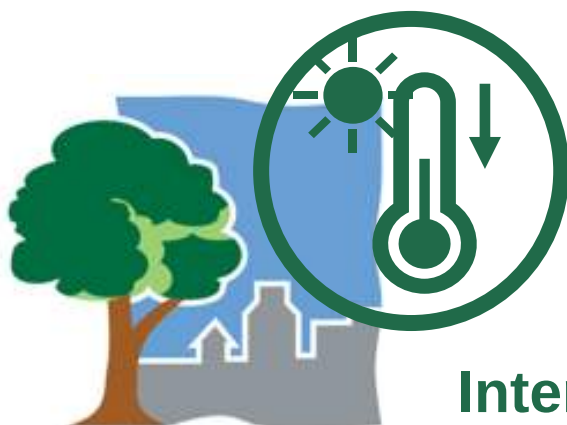
De boomsoorten die in het Elzenhoekpark het meeste bijdragen aan het afvangen van water zijn *Platanus x hispanica* (67,3 m³/jaar), *Quercus palustris* (33,7 m³/jaar) en *Quercus robur* (31,5 m³/jaar) (figuur 5b). De soorten *Zelkova serrata* (3 bomen), *Fagus sylvatica* (8 bomen) en *Larix decidua* (1 boom) vangen per boom het meeste water af (respectievelijk 1,1, 0,91 en 0,90 m³/jaar per boom).

Elzenhoekpark	Bladoppervlak:	207.431 m ²
	Waterafvang:	303 m ³
	Waarde:	€ 529 per jaar

Tabel 6b. Waterafvang door het bomenbestand in het projectgebied Elzenhoekpark.



Figuur 5b. De top 10 van boomsoorten in het projectgebied Elzenhoekpark die jaarlijks het meeste bijdragen aan waterafvang.

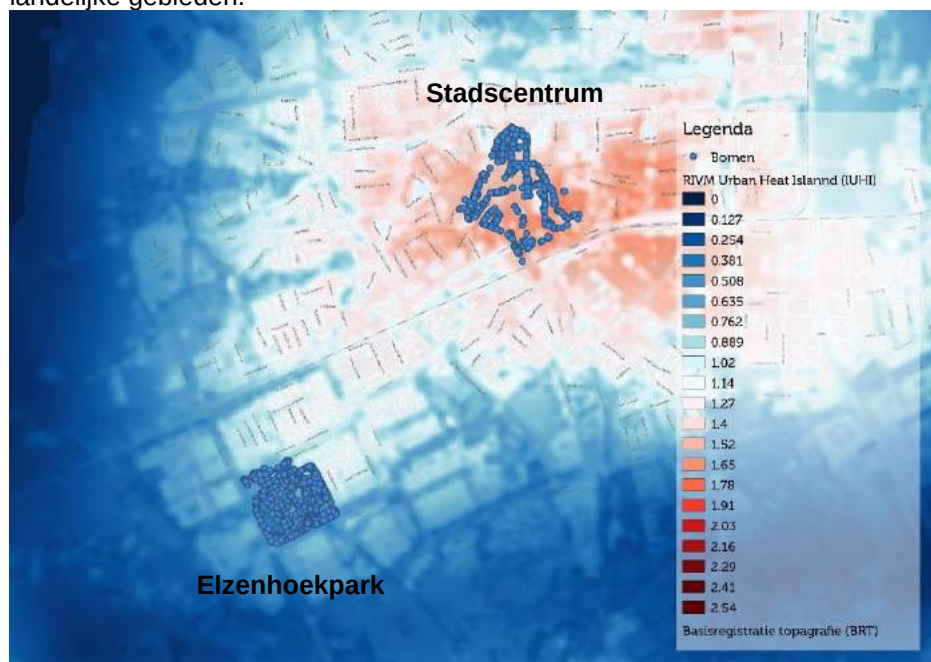


Interpretatie

Voor gemeente Oss is het thema Hittestress of Koeling voor bomen een belangrijk onderwerp. In deze pilot is er literatuuronderzoek gedaan naar de rol van bomen bij koeling en hittestress. Het bleek dat er veel onderzoek naar gedaan wordt naar de vermindering van hittestress door groen. Echter, er is in al deze onderzoeken geen monetaire waarde gegeven aan deze eigenschap van bomen. In i-Tree Eco wordt in het onderwerp Energiebesparing gebruikt gemaakt van het effect van bomen op de temperatuur binnenin huizen of gebouwen. Vooral de schaduwwerking en evapotranspiratie is hierbij van belang. Deze functie binnen i-Tree Eco is helaas niet bruikbaar voor Nederland door afwijkende bouwstijlen en doordat de focus ligt op de locatie VS en niet daarbuiten. Waarden die gebruikt worden in de berekening zijn alleen toepasbaar op bomen in de VS.

Hittestress en koeling

Hittestress is inderdaad aanwezig in Oss, wanneer de projectgebieden geprojecteerd worden op kaarten van het Urban Heat Island (bron: RIVM) is duidelijk te zien dat het Urban Heat Island vooral aanwezig is in het Stadscentrum van Oss (afbeelding 4). Richting de buitenste gemeentelijke grenzen neemt de temperatuur af. Op de kaart wordt het gemiddelde temperatuurverschil weergegeven tussen de stedelijke en omliggende landelijke gebieden.

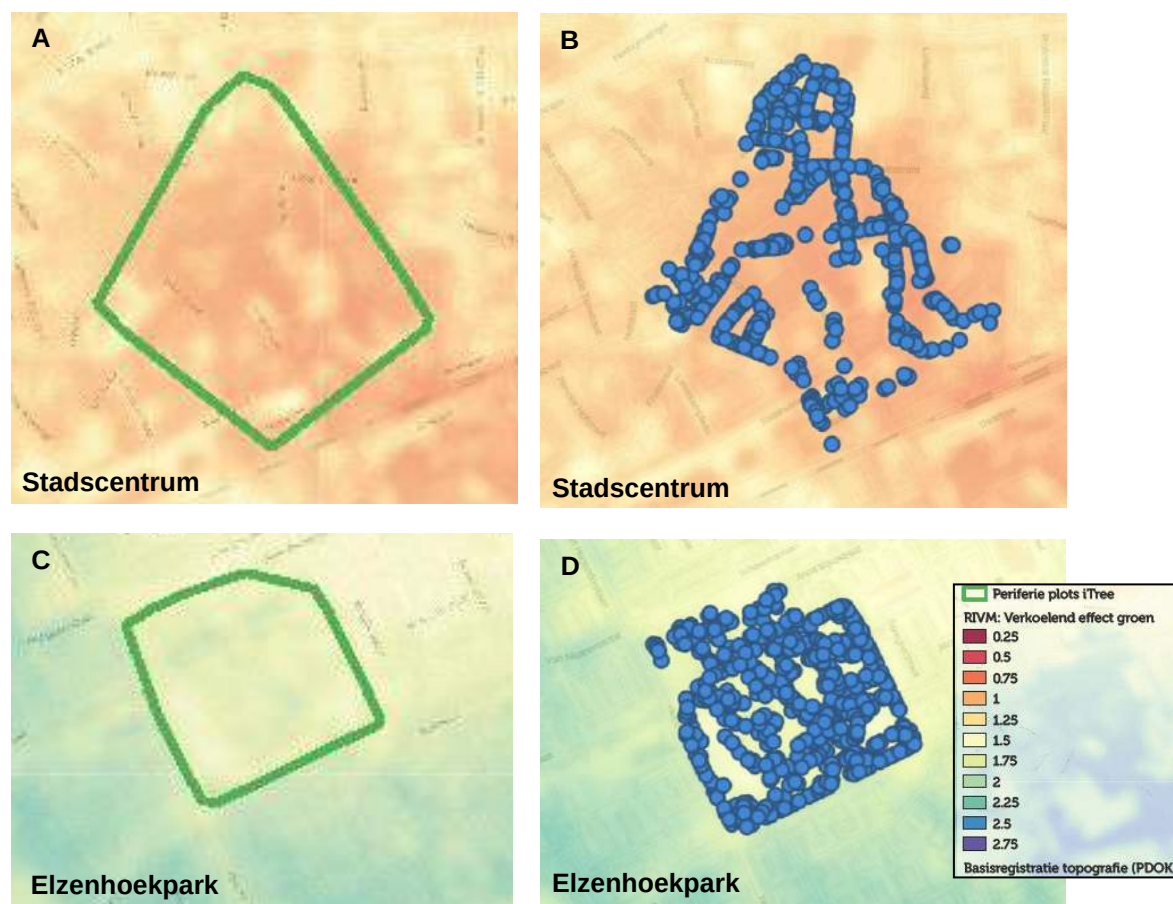


Afbeelding 4. Weergave van de bomen in de projectgebieden samen met de aanwezigheid van het Urban Heat Island effect in graden Celsius.



Voor het Stadscentrum is het dus van belang om temperatuur verlagende maatregelen te nemen zoals bijvoorbeeld nieuwe aanplant van bomen en ervoor te zorgen dat de aanwezige bomen tot volle wasdom kunnen komen. Op deze manier kan maximaal geprofiteerd worden van de baten van de bomen. In het Stadscentrum zorgen 5 soorten voor 50% van de jaarlijkse baten, waaronder de gewone platanen, de paardenkastanje, de hollands linde, Amerikaanse eik en de moseik. Opgeteld hebben ze samen 51% van het bladoppervlak en 47% van de kroonbedekking. Het is belangrijk om voor het leveren van de ecosystemediensten te zorgen voor een diversiteit aan boomsoorten in een bepaald gebied, om de weerbaarheid van het bomenbestand in het Stadscentrum te verhogen.

Het verkoelende effect van groen en water in de projectgebieden wordt weergegeven in afbeelding 5 in graden Celsius. Hierin zijn de verkoelende effecten meegenomen van groen en water rondom een locatie (1km, effect park of een meer) en de effecten binnen een straal van 30 meter (effect straatbomen).



Afbeelding 5. Weergave van de verkoelende effecten van groen en blauw in de projectgebieden in graden Celsius (zie legenda) (bron: RIVM). A en C: contour van het projectgebied. B en D: de locaties van de bomen binnen het projectgebied.

Wanneer de locaties van de bomen vergeleken worden met het verkoelende effect van groen (afbeelding 5, bron: RIVM) dan is te zien dat de koelere plekken (licht gekleurd) mogelijk gerelateerd zijn aan locaties met bomen. In het Stadscentrum staan geen gemeentelijke bomen op de meest rode gebieden (afbeelding 5A en B). Dit zijn de gebieden waarbij het verkoelende effect van groen het minst sterk is (minder dan 1 graad Celsius



daling). Mogelijk zijn deze rode gebieden gerelateerd aan locaties waarbij weinig groen aanwezig is of mogelijke aanwezigheid van slechte groeiomstandigheden. De aanwezigheid van wegen en gebouwen kan de hittekaart ook beïnvloeden.

Kroonbedekking

Volgens Middel et al. neemt de temperatuur met 0,14°C af bij elk procent toename in kroonbedekking. De kroonbedekking van de gemeentelijke bomen in het Stadscentrum is op dit moment vrij laag met 9,6%. Dit is bepaald met enkel gemeentelijke bomen, dus is de werkelijke kroonbedekking mogelijk hoger als de particuliere bomen meegerekend worden. Mocht gemeente Oss de kroonbedekking van de gemeentelijke bomen in de toekomst verdubbelen naar bijvoorbeeld 20%, zal de luchttemperatuur in het Stadscentrum substantieel verlagen met 1,5 °C. Een verdubbeling van de kroonbedekking in het Stadscentrum zal de jaarlijkse baten verhogen.

In het Elzenhoekpark is de kroonbedekking van de bomen met 32,1% veel hoger als in het Stadscentrum. Dit is te zien in afbeelding 5C, waarbij het verkoelende effect van groen (en water) is weergegeven op een heat map. De bomen in dit park hebben mogelijk een verkoelend effect op de omgevingstemperatuur rondom het park (de omgeving is meer groen/blauw en dus koeler dan het park). De omgeving tot 1,5 km rondom dit park kan hier voordeel van hebben (Doick et al.).

Luchtkwaliteit

De bomen in het Elzenhoekpark hebben ook een groot effect op de luchtkwaliteit van de wijken rondom het park. De bomen in het park vangen samen 250 kg luchtvervuilende stoffen af. De boomsoorten die hierbij het belangrijkste zijn *Platanus x hispanica*, *Quercus palustris*, *Quercus robur*, *Quercus rubra* en *Fraxinus excelsior*. Samen zorgen ze voor 62% van de totale afvang van luchtverontreinigende stoffen in het park. Dit komt overeen met €10.568 aan jaarlijkse baten voor afvang van luchtverontreiniging (kaart afbeelding 8, bijlage 1).

i-Tree Eco analyse

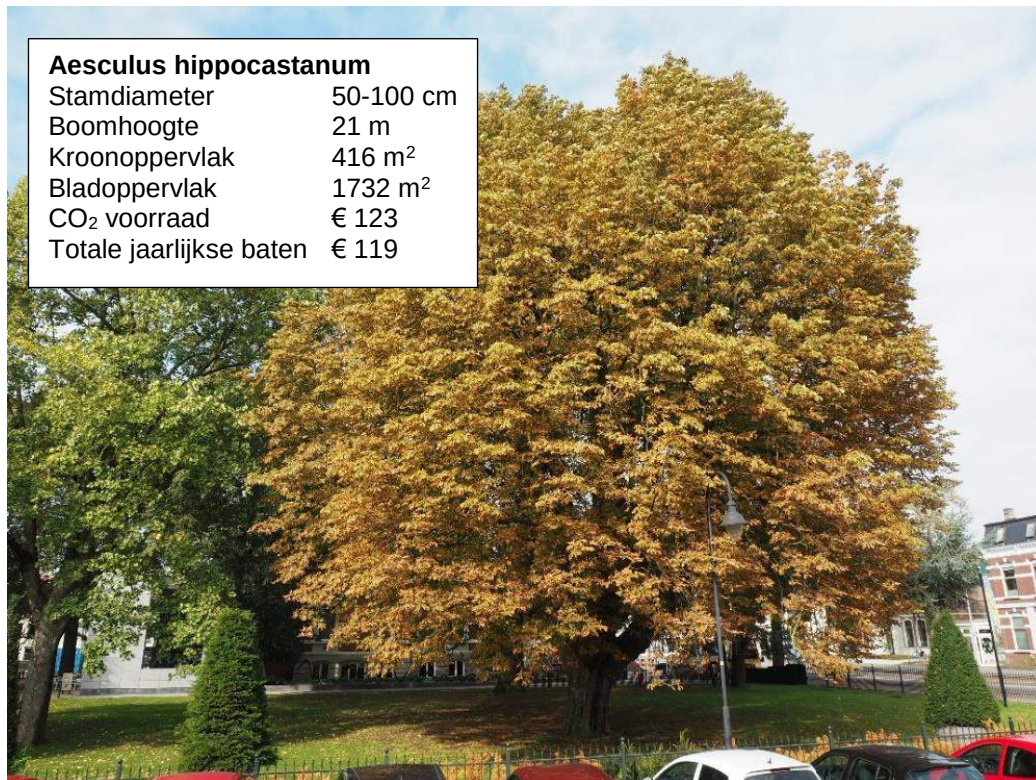
De boomsoorten die het meest opbrengen aan jaarlijkse baten in het Stadscentrum zijn de *Platanus x hispanica*, *Aesculus hippocastanum* en *Tilia x europaea*. Samen brengen zij jaarlijks €2.763 (38%) op aan baten voor de leefomgeving. Doordat de stamdiameter in vrij grove klassen is gedefinieerd is het mogelijk dat de CO₂ vastlegging en voorraad afwijkt is van de werkelijke waarden. De afwijking hiervan is onbekend. Andere parameters worden niet beïnvloedt door de afwijking van de stamdiameter.

De totale jaarlijkse baten in het Stadscentrum zijn €7.291. In het Elzenhoekpark zijn dit de soorten *Platanus x hispanica*, *Quercus palustris* en *Quercus robur*. Deze 3 soorten zorgen voor jaarlijkse baten van €7.691 (46%). De totale jaarlijkse baten in het Elzenhoekpark zijn €16.954, dit is meer dan 2 keer zoveel als in het Stadscentrum. Desondanks staat in het Stadscentrum de boom die het meeste opbrengt van de bomen in beide projectgebieden. Het gaat om een paardenkastanje aan de Raadhuislaan met totale jaarlijkse baten van €119 (afbeelding 6). Een complete lijst met boomsoorten en de baten zoals berekend met i-Tree Eco is weergegeven in bijlage 3.

Oude, grote bomen met bovengronds veel plek om uit te groeien hebben de grootste bijdrage in baten voor ecosysteemdiensten. De paardenkastanje is hier een voorbeeld van. Het is dus van belang dat bomen een goede conditie behouden en zonder problemen uit kunnen groeien. Dit resulteert in hogere jaarlijkse baten van de bomen, betere waterafvang, hogere CO₂ vastlegging en meer afvang van luchtverontreiniging. Hoe groter de boom, hoe meer dit elk jaar zal toenemen. Een gezond volwassen bomenbestand zal dus onder andere



wateroverlast tegengaan, een grote luchtzuiverende werking hebben en veel CO₂ vastleggen wat nu in veel te grote hoeveelheden in de atmosfeer aanwezig is.



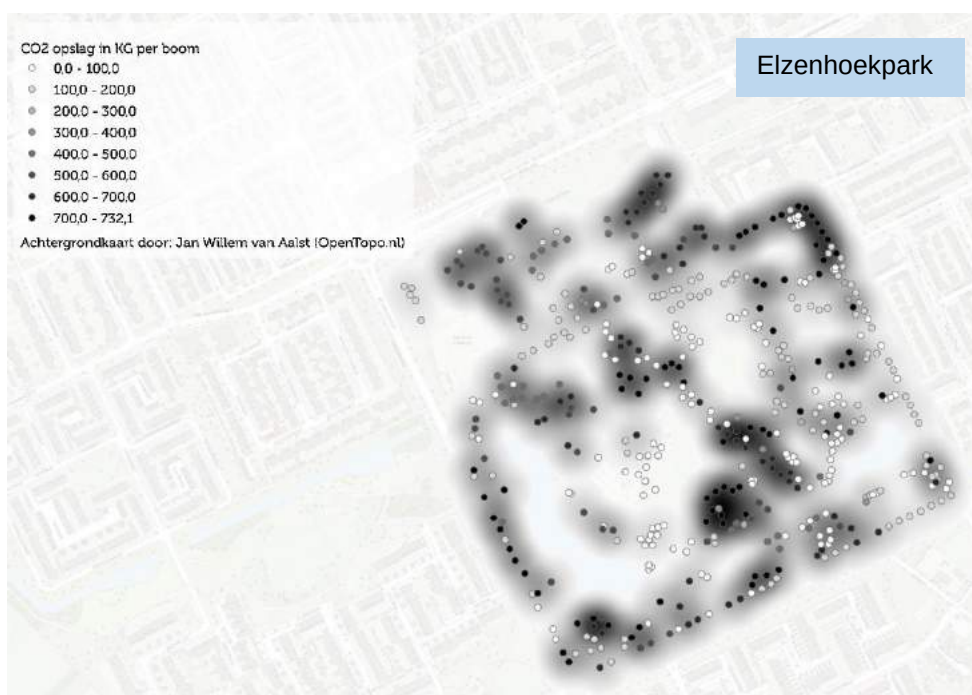
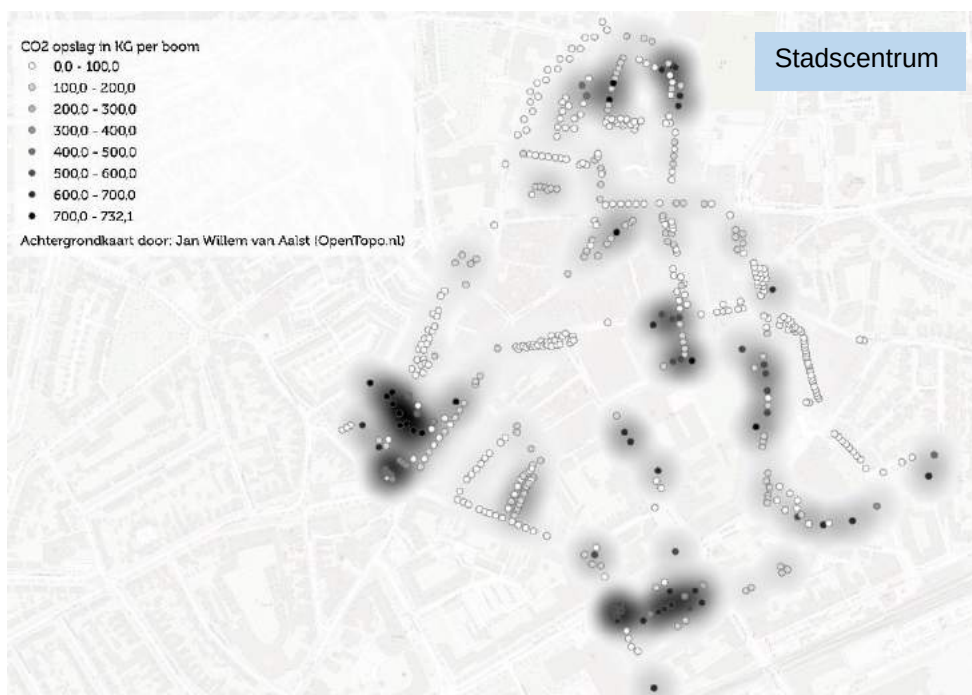
Afbeelding 6. Paardenkastanje in de tuin van Museum Jan Cunen aan de Molenstraat.



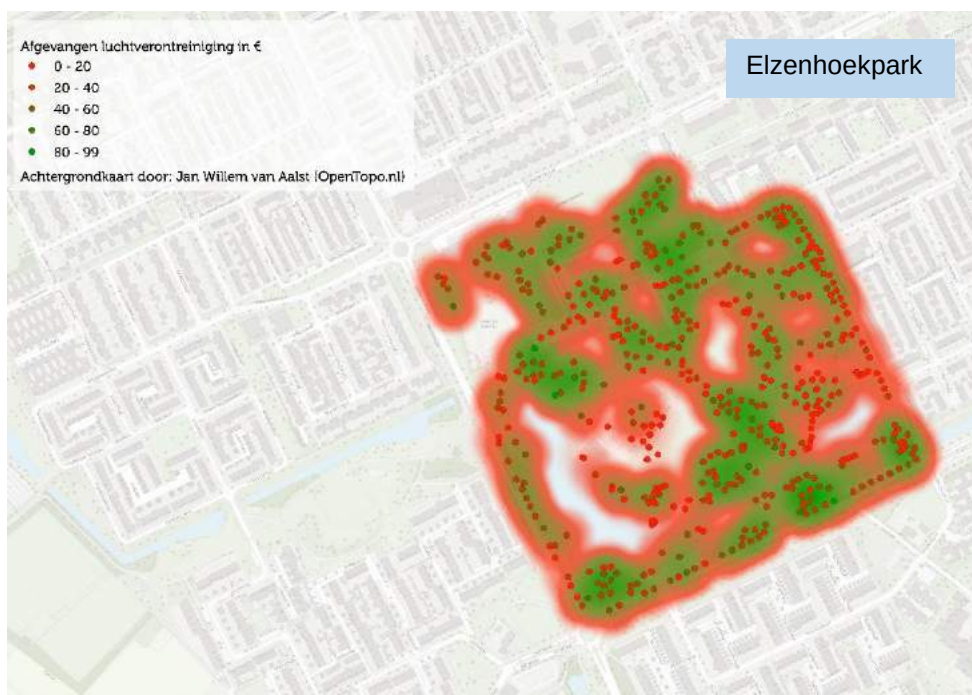
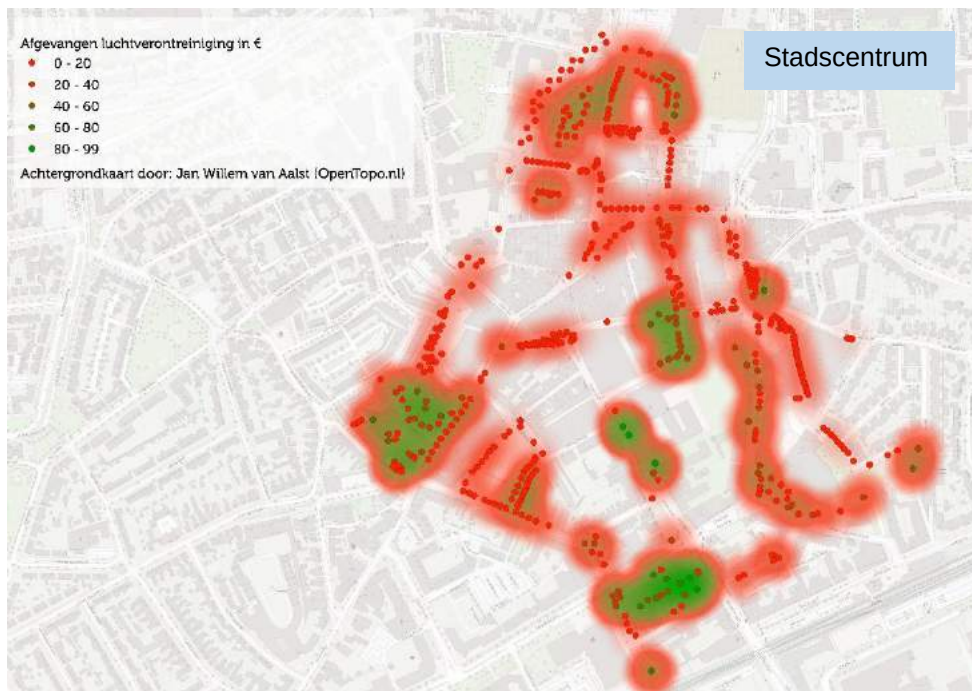
Bijlage 1 Overzichtkaarten



Afbeelding 7. Weergave van de jaarlijkse baten van de bomen in beide projectgebieden. Hoe donkerder groen, hoe meer jaarlijkse baten de bomen bijdragen.



Afbeelding 8. Weergave van de CO₂ voorraad van de bomen in beide projectgebieden. Hoe donkerder grijs, hoe meer CO₂ voorraad aanwezig is.



Afbeelding 9. Weergave van de afvang luchtverontreiniging van de bomen in beide projectgebieden. Hoe groener het gebied, hoe meer de bomen bijdragen in de afvang van de luchtverontreiniging.



Bijlage 2

Samenvatting - De baten van de bomen

van de projectgebieden in Oss

1000
bomen



€6.784

De jaarlijkse baten van de
CO₂ vastlegging in het hout



€745

De jaarlijkse baten voor
het regenwater wat per
jaar worden afgevangen



292.105

Het totaal aan m²
bladoppervlak van de
bomen



€16.716

De jaarlijkse baten voor de
luchtvervuiling
jaarlijks wordt verwijderd.



€218.061

De baten voor de CO₂ die
vanuit de atmosfeer
vastgelegd is in het hout





Bijlage 3 Lijst met baten per boomsoort

Stadscentrum						
Boomsoort	Aantal bomen	CO ₂ voorraad (€)	CO ₂ vastlegging (€/jaar)	Waterafvang (€/jaar)	Afvang luchtvervuiling (€/jaar)	Totale jaarlijkse baten (€/jaar)
Acer platanoides	11	1321,13	52,96	5,97	11,00	193,11
Acer pseudoplatanus	11	1799,28	62,55	7,60	11,00	240,90
Acer saccharinum	23	3986,18	118,77	12,69	23,00	415,35
Acer saccharum	1	689,42	16,67	0,80	1,00	35,50
Aesculus hippocastanum	38	11513,18	347,38	33,60	38,00	1134,84
Aesculus x carnea	4	128,82	9,10	0,27	4,00	15,21
Betula pendula	2	264,51	13,81	1,22	2,00	42,50
Betula pubescens	4	35,54	5,66	0,83	4,00	25,04
Cedrus libani	2	344,73	8,96	2,64	2,00	70,82
Celtis occidentalis	9	68,61	10,87	0,94	9,00	33,17
Cercidiphyllum japonicum	4	440,73	22,59	2,02	4,00	69,75
Fagus sylvatica	4	1512,39	41,03	8,45	4,00	238,84
Fraxinus angustifolia 'Raywood'	33	1777,72	80,11	9,09	33,00	292,76
Fraxinus excelsior	2	896,75	21,66	3,92	2,00	113,60
Ginkgo biloba	19	458,04	36,78	1,55	19,00	73,54
Gleditsia triacanthos	46	766,66	73,77	3,82	46,00	163,63
Gleditsia triacanthos 'Imperial'	3	22,73	3,61	0,12	3,00	6,35
Gleditsia triacanthos 'Sunburst'	20	159,58	24,74	1,58	20,00	62,26
Liquidambar styraciflua	23	953,22	43,29	6,92	23,00	205,18
Liriodendron tulipifera	1	92,36	4,67	1,02	1,00	28,60
Metasequoia glyptostroboides	1	1,31	0,32	0,15	1,00	3,79
Pinus pinea	17	366,46	20,50	1,87	17,00	65,17
Platanus orientalis	3	22,73	3,61	0,24	3,00	9,40
Platanus x acerifolia	39	9817,20	321,04	35,78	39,00	1159,45
Prunus avium	22	1790,43	101,42	5,20	22,00	224,00
Prunus padus	6	54,16	8,71	0,84	6,00	28,85
Pyrus calleryana 'Chanticleer'	8	164,68	14,23	0,76	8,00	31,54
Pyrus communis	1	109,10	5,59	0,47	1,00	16,60
Quercus frainetto	9	6419,58	168,75	9,73	9,00	396,25
Quercus palustris	18	4651,28	169,11	11,91	18,00	447,69
Quercus robur	34	1087,91	66,27	4,15	34,00	162,91
Quercus rubra	9	4894,26	131,37	13,79	9,00	454,40
Robinia pseudoacacia	3	617,80	17,77	1,05	3,00	42,53
Sophora japonica	13	1117,19	59,76	3,91	13,00	151,72
Tilia cordata	2	146,20	7,29	1,70	2,00	47,26
Tilia platyphyllos	2	10,97	1,70	0,18	2,00	6,00
Tilia tomentosa	7	444,09	22,73	1,34	7,00	54,12
Tilia x europaea	32	3030,84	97,35	15,83	32,00	468,89
Ulmus x hollandica	3	281,43	14,34	1,92	3,00	59,46



Elzenhoekpark						
Boomsort	Aantal bomen	CO2 voorraad (€)	CO2 vastlegging (€/jaar)	Waterafvang (€/jaar)	Afvang luchtvervuiling (€/jaar)	Totale jaarlijkse baten (€/jaar)
Abies grandis	8	1194,18	31,19	8,17	183,35	222,71
Abies nordmanniana	11	932,79	31,82	9,18	205,81	246,81
Acer campestre	4	1312,88	36,85	4,49	100,85	142,19
Acer platanoides	9	1448,53	55,65	9,26	207,05	271,96
Acer pseudoplatanus	30	4698,85	174,95	26,29	589,65	790,89
Ailanthus altissima	3	327,31	16,78	1,96	43,96	62,70
Alnus glutinosa	4	1417,70	42,06	3,42	76,47	121,94
Betula costata	2	1464,21	38,02	2,28	51,15	91,45
Betula ermanii	7	1525,63	60,43	6,20	139,13	205,75
Betula nigra	4	2928,43	76,04	5,33	119,65	201,02
Betula pendula	6	546,79	30,44	2,73	61,28	94,46
Castanea sativa	2	15,15	2,41	0,14	3,33	5,88
Fagus sylvatica	8	3822,46	101,70	12,42	278,14	392,26
Fraxinus angustifolia 'Raywood'	4	369,40	17,70	2,10	47,11	66,91
Fraxinus excelsior	29	10298,71	263,73	37,12	833,06	1133,91
Ginkgo biloba	1	8,28	1,27	0,14	3,20	4,61
Gleditsia triacanthos	2	16,00	2,48	0,26	5,87	8,61
Juglans nigra	1	111,26	5,70	1,20	26,98	33,88
Juglans regia	4	30,30	4,81	0,44	9,70	14,95
Larix decidua	1	267,84	6,41	1,48	33,12	41,01
Liquidambar styraciflua	1	3,19	0,42	0,07	1,57	2,06
Liriodendron tulipifera	3	978,67	25,45	2,92	65,54	93,92
Malus	7	53,03	8,43	0,56	12,83	21,81
Metasequoia glyptostroboides	7	540,20	20,00	6,30	141,52	167,82
Ostrya carpinifolia	1	99,86	5,13	1,19	26,79	33,11
Platanus x acerifolia	78	25606,02	773,38	121,95	2733,22	3628,56
Prunus serrulata	6	176,61	14,05	1,40	31,83	47,28
Pterocarya fraxinifolia	4	592,74	18,41	1,89	42,72	63,02
Pyrus calleryana 'Chanticleer'	7	53,03	8,43	0,45	10,81	19,69
Pyrus communis	2	15,15	2,41	0,12	2,92	5,45
Quercus cerris	1	7,72	1,27	0,06	1,36	2,70
Quercus frainetto	1	8,57	1,38	0,71	15,89	17,98
Quercus palustris	55	29812,78	838,31	59,90	1341,48	2239,69
Quercus petraea	1	7,72	1,27	0,06	1,36	2,70
Quercus robur	52	25478,51	724,32	56,34	1263,49	2044,15
Quercus rubra	45	18735,98	497,65	53,22	1192,25	1743,12
Robinia pseudoacacia	17	9132,35	239,80	18,16	406,82	664,78
Salix alba	8	641,77	22,83	1,38	31,57	55,78
Salix pentandra	1	580,56	14,97	0,54	12,17	27,69
Sophora japonica	1	7,58	1,20	0,06	1,35	2,62
Taxodium distichum	6	25,06	3,61	1,72	38,66	43,99
Taxus baccata	5	258,28	11,33	2,81	63,21	77,35



Tilia platyphyllos	11	736,50	37,31	7,93	177,98	223,22
Tilia tomentosa	1	5,49	0,85	0,28	6,33	7,46
Tilia x europaea	27	4085,23	137,85	35,97	806,23	980,05
Ulmus x hollandica	9	3650,63	96,78	13,00	291,24	401,03
Zelkova serrata	3	1771,66	45,49	5,86	131,27	182,62



Literatuurlijst

- Doick et al. (2014). The role of one of the large greenspace in mitigating London's nocturnal urban heat island. *Science of the total environment*. 493: 662-671.
- Georgi J et al. (2010). The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania, Greece. *Build. Environ.* 45, 1401-1414.
- Golden, J. S. (2004). The built environment induced urban heat island effect in rapidly urbanizing arid regions – a sustainable urban engineering complexity. *Energy Environ. Sci.* 1, 321-349.
- Groen, R. et al. (2014). UCAM Wijkgerichte beoordeling van hitte in de stad. *Programma Bureau Klimaat voor Ruimte, Eindrapport*. Witteveen+Bos.
- Hiemstra JA et al. (2017). The Urban Heat Island: Thermal Comfort and the Role of Urban Greening. *The Urban Forest, Springer International Publishing*, 7-19.
- Van der Hoeven, FD & Wandl A (2017). Haagse Hitte: Het Haagse warmte-eiland in kaart gebracht. Delft, Nederland: TU Delft.
- Klemm W et al. (2017) Developing green infrastructure design guidelines for urban climate adaptation, *Journal of Landscape Architecture*, 12:3, 60-71.
- McPherson EG & Simpson JR (1999). Carbon dioxide reduction through urban forestry: Guidelines for professional and volunteer tree planters. *Gen. Tech. Rep.* PSW-171.
- Middel A et al. (2015). Urban forestry and cool roofs: Assessment of heat mitigation strategies in Phoenix residential neighborhoods. *Urban forestry & Urban Greening*, 14, 178–186.
- Morakinyo TE (2013). Comparing the effect of trees on thermal conditions of two typical urban buildings. *Urban Climate*, 3: 76-93.
- Nowak DJ et al. (2017). Residential building energy conservation and avoided power plant emissions by urban and community trees in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 21: 158-165.
- Oke TR (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108, 1-24.
- Oke TR and Cleugh HA (1987). Urban heat storage derived as energy balance residuals. *Boundary-Layer Meteorology*, 39, 233-245.
- Oliveira S et al. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Build. Environ.* 46, 2186-2194.
- Rahman MA & Ennos AR (2014). What we know and don't know about the cooling benefits of urban trees. TDAG
- Van Kuik AJ (2018). Rapportage thema biodiversiteit – onderdeel i-Tree NL. Wageningen Research, Rapport WPR-2018-xx.
- Sawka M (2013). Growing summer energy conservation through residential tree planting. *Landscape and Urban Planning*, 113: 1-9.
- Zhao L et al. (2014). Strong contributions of local background climate to urban heat islands. *Nature* 511, 216-219.