

Klimaatverandering en het Nederlandse laanbomensortiment

Jelle Hiemstra en Bart van der Sluis

© 2009 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Projectnummer: . 32 360 910 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Bloembollen, Boomkwekerij en Fruit

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2

: Postbus 2160 AB Lisse

Tel. : 0252 462121

Fax : 0252 462100

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING	5
1.1	Kennisvraag	5
1.2	Aanpak	5
2	KLIMAATVERANDERING	6
2.1	Scenario's	6
2.2	Reeds waargenomen veranderingen	7
2.3	Samenvattend	7
3	CONSEQUENTIES VOOR TEELT EN GEBRUIK VAN LAANBOMEN	8
3.1	Boomkwekerij	8
3.2	Laanbomen in het stedelijk gebied	8
3.2.1	Te verwachten effecten	8
3.2.2	Aanbevelingen	9
3.2.3	De klimaatsoortenmatrix (KLAM)	10
4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	12
5	LITERATUUR	13
	BIJLAGE 1 HARDINESS ZONE MAP FOR EUROPE	14
	BIJLAGE 2 KLAM-INDELING VAN 230 STADS- EN PARKBOOMSOORTEN TOEGEPAST IN MIDDEN-EUROPA.	15

1 Inleiding

1.1 Kennisvraag

De huidige klimaatverandering zal naar verwachting ook consequenties hebben voor de teelt en het gebruik van laanbomen in het stedelijk gebied. De te verwachten veranderingen in klimaatfactoren als temperatuur en neerslaghoeveelheid en -verdeling kunnen grote gevolgen hebben voor het sortiment, de groei van de gewassen en het optreden van al dan niet nieuwe ziekten en plagen. Vanuit de sector is de vraag gesteld om een oriëntatie uit te voeren en op basis van beschikbare informatie een beeld te schetsen van de te verwachten veranderingen en de consequentie daarvan voor de teelt en het gebruik van laanbomen.

De beantwoording van deze vraag is gefinancierd door een kennisvoucher (K081883), aangevraagd door Boomkwekerij Klanderman, Heurneweg 12 in Halle (Gelderland).

De daarbij gestelde onderzoeksvragen waren:

- Kan er vanuit het onderzoek een richting aangegeven worden welke vernieuwingen in het sortiment zo goed mogelijk aansluiten bij de te verwachten veranderingen in het klimaat.
- Op welke aspecten moet vooral gelet worden als het gaat om nieuwe (buitenlandse) selecties die geschikt zijn voor het veranderende klimaat met name wat betreft het gebruik in de stedelijke omgeving.

1.2 Aanpak

Op basis van de klimaatrapporten (1999, 2003 en 2008) van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) is een samenvattend overzicht gemaakt van de verwachte klimaatveranderingen (klimaatscenario's) voor Nederland (hoofdstuk 2). Aansluitend daarop zijn in hoofdstuk 3 de consequenties hiervan voor de teelt op het laanboomsortiment en de toepassing van laanbomen in het stedelijk gebied op basis van (met name Duitse) literatuur geschetst. In Hoofdstuk 4 is het geheel samengevat in een aantal conclusies en aanbevelingen.

2 Klimaatverandering

2.1 Scenario's

Onderzoek aan temperatuurveranderingen in de twintigste eeuw, gecorrigeerd voor variaties in zonnestraling, vulkaanuitbarstingen en El Nino, wijzen consistent op een door de menselijke invloed veroorzaakte toename van de gemiddelde temperatuur op aarde (KNMI, 1999).

Een mogelijk scenario voor Nederland voor de 21^e eeuw schetste het KNMI in haar derde klimaatrapportage (1999). De belangrijkste elementen daaruit waren:

- stijging van de temperatuur vergelijkbaar met die van het wereldgemiddelde,
- verkorting van de duur van strenge winters
- meer neerslag in de winter
- intensievere regen; uitmondend in situaties met langdurige hevige winterneerslag en zwaardere buien in de zomer.

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) gaf in haar derde rapport (2001) een voorspelling voor de temperatuur gemiddeld over de gehele aarde voor de komende eeuw. Zonder extra klimaatbeleidsmaatregelen verwacht het IPCC voor de 21^e eeuw:

- Een stijging van de wereldtemperatuur met 1,4 tot 5,8°C
- Een toename van de hevigheid van regenbuien.

Op basis van dit IPCC rapport heeft het KNMI in 2003 drie klimaatscenario's voor Nederland opgesteld (laag, centraal en hoog). In alle scenario's is sprake van een toename van temperatuur, zomerneerslag, zomerverdamping en winterneerslag; het verschil tussen de scenario's zit met name in de grootte van de verwachte effecten. In de klimaatrapport van 2003 vat het KNMI dit als volgt samen:

- een toename van de kans op extreme neerslag;
- een vergroting van de kans op natte jaren;
- een kleine toename van de gemiddelde zomerneerslag met tegelijkertijd een sterkere toename van de verdamping in de zomer, met als gevolg een grotere kans op verdroging;
- een toename van de kans op lokale wateroverlast ook in de zomer a.g.v. de toename van de kans op hevige lokale buien.

Het Engelse Climate Impact Programme (UKCIP; Hulme et al., 2002) heeft verschillende scenario's gepresenteerd. Het hoge emissie-scenario voor Groot-Brittannië omvat:

- een verwachte temperatuurstijging van 5°C in 2080.
- 15% meer neerslag, maar minder sneeuwval.
- Afzakken van de golfstroom, die na de 21^e eeuw mogelijk tot een kouder klimaat gaat leiden *).
- In 2050 wordt het drie weken eerder lente en later winter.
- Nattere winters en drogere zomers.
- 30% minder bodemvocht in 2050.
- Meer extreme zomers, minder extreme winters.
- Extreme winterneerslag en frequenter.
- Meer zon en straling.

*) Het Artic Climate Impact Assessment (2004) wijst ook op de mogelijkheid dat in plaats van een warmer klimaat op termijn een nieuwe ijstijd zou kunnen ontstaan. De gevolgen van het broeikas effect kunnen volgens ACIA zich zo sterk aan de pool voordoen, dat het zoete smeltwater een barrière gaat vormen waardoor de warme Atlantische Golfstroom niet langer Noordwest-Europa kan bereiken. De meeste klimaatscenario's voor de 21^e eeuw gaan echter uit van stijgende temperaturen op wereldschaal zoals boven omschreven.

2.2 Reeds waargenomen veranderingen

Het wereldklimaat is in de loop van de 20e eeuw meetbaar veranderd. De gemiddelde temperatuur aan het aardoppervlak is met ca. 0,6°C toegenomen. Sinds 1860 zijn de jaren 1995, 1997, 1998, 2001 en 2002 de warmste jaren geweest (KNMI, 2003). Ook de wintertemperatuur was in de laatste 20 jaar van de 20^e eeuw 0,8°C hoger dan het langjarig gemiddelde (1881-2000). De hoeveelheid neerslag is op gematigde en hogere breedten toegenomen. Uit waarnemingen aan de vegetatie blijkt dat ook de lengte van het groeiseizoen is toegenomen.

Van Vliet (Vakblad voor de Boomkwekerij, augustus 2008) meldt in een toelichting op onderzoek van Wageningen UR dat sinds 1990 er daadwerkelijk een stijgende lijn zichtbaar is in de gemiddelde temperatuur. Daardoor is sindsdien het groeiseizoen een maand verlengd (vroeger start van het voorjaar en een herfst met meer zomerse dagen). Het Nederlandse klimaat kent daarnaast steeds meer extremen:

- Langere droge perioden.
- Heftige regenbuien in korte periode met name in zomer/vroege herfst in West-Nederland door het warmere Noordzee water.
- Langer herfst en een vroeger voorjaar (winter wordt steeds korter). Overigens wordt door droogte in het voorjaar een vervroegde start van de gewasgroei weer teniet gedaan.
- Door gebrek aan koude in de winter starten sommige soorten moeizamer op.
- Plantaardige en dierlijke exoten uit Zuidelijke streken vestigen zich hier definitief (en hebben vaak geen natuurlijke vijanden).

Ook worden enkele nog niet te verklaarde veranderingen geconstateerd (Wageningse meetreeks Meteorologie, 2009). De zon schijnt gemiddeld ruim een uur per dag langer en bovendien feller dan tachtig jaar geleden (2% per 10 jaar). Dit staat los van de activiteit van de zon. Vooral in de lente en zomer bereiken meer zonnestrallen de aarde (meeste extremen in juni).

2.3 Samenvattend

De verwachting op basis van weerkundige studies is dus dat het klimaat in Nederland warmer zal worden met meer extremen wat betreft de verdeling van de neerslag. De zomers zullen meer uitschieters naar boven laten zien wat betreft temperatuur, straling en perioden met extreme neerslag of droogte. De gemiddelde wintertemperatuur zal naar verwachting op een hoger niveau liggen en er zal naar verwachting meer neerslag zijn. Er dient echter ook nog steeds rekening gehouden te worden met incidentele temperatuurschieters naar beneden. In een brochure gebaseerd op de klimaatscenario's 2006 wordt dit door het KNMI in 2009 als volgt samengevat:

- De opwarming zet door; hierdoor komen zachte winters en warme zomers vaker voor;
- De winters worden gemiddeld natter en ook de extreme neerslaghoeveelheden nemen toe;
- De hevigheid van extreme regenbuien in de zomer neemt toe, maar het aantal zomerse regendagen neemt juist af.

3 Consequenties voor teelt en gebruik van laanbomen

3.1 Boomkwekerij

Het veranderende klimaat heeft een aantal negatieve gevolgen voor de opweekomstandigheden van laanbomen in de boomkwekerij, zoals:

- verminderde beschikbaarheid van water in droge periodes in de zomer wat afhankelijk van de plaatselijke situatie kan leiden tot een hogere behoefte aan beregening;
- noodzaak van een verbeterde afwatering om de toenemende neerslagpieken in zomer en winter snel af te kunnen voeren. In laag gelegen gebieden, onderaan hellingen en in de nabijheid van rivieren ontstaat bovendien een risico van overstromingen in het groeiseizoen;
- toename van schimmelaantastingen over een langere periode door hogere temperaturen en langere bladnatperioden;
- kans op het optreden van ziekten en plaaginsecten uit warmer streken of toename van schade door reeds aanwezige ziekten en plagen waarvoor de omstandigheden gunstiger worden;
- groter stormrisico en vergrote kans op schade door de toename van zware buien in het groeiseizoen;
- versnelde uitspoeling van meststoffen na een neerslagpiek;
- toenemende verzilting in de kustregio's door de stijging van de zeespiegel.

Daarnaast heeft de voorspelde klimaatverandering ook een aantal gunstige effecten:

- sneller groei van de bomen door de hogere gemiddelde temperatuur en de langere duur van het groeiseizoen;
- verbreding van het te kweken sortiment door verschuiven van de vraag naar een meer mediterraan sortiment (beter bestand tegen droge perioden, warmer weer en meer straling). Overigens kunnen de concessies t.a.v. de winterhardheid niet te groot zijn vanwege de blijvende kans op incidentele lage temperaturen in de winter.

Bovenstaande voor- en nadelige effecten van de klimaatverandering voor de fase op de kwekerij zijn in deze notitie niet verder uitgewerkt omdat de vraag zich vooral richtte op de consequenties voor het gebruik van laanbomen in de stad en hoe daar op ingespeeld kan worden door de boomkwekerijsector.

3.2 Laanbomen in het stedelijk gebied

3.2.1 Te verwachten effecten

Bomen in de stad hebben altijd al meer te lijden gehad van stressfactoren dan bomen in het buitengebied. In het stedelijk gebied is de gemiddelde temperatuur gewoonlijk enkele graden hoger. Daarbij zijn de groeiomstandigheden voor straatbomen veelal niet optimaal door de beperkte ondergrondse groeiruimte, de aanwezigheid van verharding en een vaak arme en verdichte bodem rond het plantgat. De verwachte klimaatverandering – hogere temperaturen en een langer en droger groeiseizoen - zal hier dan ook eerder negatieve effecten hebben op de groei en conditie van de aanwezige bomen dan in het buitengebied. De belangrijkste factor daarbij is een niet toereikende watervoorziening. De in veel gevallen nu al bestaande droogtestress wordt in de toekomst versterkt door de warmere en drogere zomers en het langere groeiseizoen.

Toenemende droogtestress zal leiden tot een verminderde vitaliteit van stadsbomen. Dit kan nog worden versterkt door periodieke wateroverlast als de voorspelde neerslagpieken ten gevolge van incidentele zware stortbuien niet snel genoeg kunnen worden afgevoerd. Door de verminderde vitaliteit zal de gevoeligheid

voor aantasting door schimmels en insecten toenemen. Daarnaast kunnen door de veranderde klimaatsomstandigheden nieuwe ziekteverwekkers (bijvoorbeeld *Massaria* in plataan) en plaaginsecten zich vestigen en bestaande ziekten en plagen zich uitbreiden. Hierdoor heeft de klimaatverandering niet alleen direct maar ook indirect invloed op de conditie van stadsbomen.

3.2.2 Aanbevelingen

Om de bovenbeschreven toenemende droogtestress en andere risico's het hoofd te bieden worden er in de literatuur drie aanbevelingen gedaan waar de deskundigen het in grote lijnen over eens zijn:

1. zorg voor optimale groeiplaatsomstandigheden
2. spreid de risico's
3. aanpassing van het sortiment

Groeiplaatsomstandigheden

Vanwege de toenemende droogtestress wordt het bij het planten van bomen in de stad nog belangrijker om te zorgen voor voldoende ondergrondse groeiruimte. Daarbij is de watervoorziening essentieel; enerzijds zal gezorgd moeten worden dat er in de loop van het seizoen voldoende water beschikbaar is voor de boom, anderzijds is een goede drainage ook noodzakelijk om te voorkomen dat de bomen verdrinken in perioden van met hoge neerslagpieken. In de praktijk betekent dit dat het nog belangrijker wordt om een bij het planten van bomen in de stedelijke omgeving en met name straatbomen een ruim plantgat te maken en bij het vullen daarvan een goede kwaliteit bomensubstraat te gebruiken. Meer informatie hierover is te vinden de brochure *Bomensubstraten* (Stadswerk, 2009).

Risicospreiding

Het veranderende klimaat heeft ook gevolgen voor het optreden van ziekten en plagen. Nieuwe schimmels en insecten krijgen een kans. Welke dat zullen zijn valt vooraf niet met zekerheid te zeggen. Bovendien is het bij introductie van nieuwe soorten ook afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van natuurlijke vijanden en antagonisten of deze tot problemen leiden. Grote aantallen van een boomsoort in een stad vormen bij het optreden van nieuwe aantastingen altijd een risico. Bekende voorbeelden daarvan zijn het optreden van iepziekte in het verleden en meer recent het optreden van het kastanjemineermotje in *Aesculus* soorten en van *Massaria* in plataan. Daarom is het goed om bij nieuwe beplantingen te streven naar diversiteit. Hoe meer soorten in een bomenbestand aanwezig zijn, hoe stabiel het bestand als geheel is voor wat betreft weerstand tegen ziekten en plagen.

Sortimentskeuze

Door het veranderende klimaat wordt het op termijn warmer en droger waarbij de effecten in de stad het sterkst merkbaar zullen zijn. Het ligt voor de hand om daarop in te spelen door een aangepast sortiment te kiezen. Daarbij wordt vaak verondersteld dat dan soorten uit een meer mediterrane omgeving geschikt zijn. Echter, vanwege ook in de toekomst de nog steeds bestaande kans op koude winters zullen de te kiezen soorten toch een zekere mate van winterhardheid moeten hebben. De belangrijkste criteria voor een aangepaste soortenkeuze voor straatbomen in de stad zijn dan ook in de eerste plaats een hele goed mate van droogteresistentie en ten tweede een zekere mate van koudetolerantie. Daarnaast is het goed om soorten te kiezen die in het land van herkomst bewezen hebben minder of geen last te hebben van de nu in NW-Europa opkomende nieuwe aantastingen in soorten als plataan, es, kastanje en crataegus

Voor de boomkwekerij hebben met name de tweede en derde aanbeveling consequenties. Het geteelde sortiment zal aangepast moeten worden aan de in de toekomst verwachte groeiomstandigheden. De discussie over specifieke soorten is in Nederland net gestart. Als interessante soorten uit meer zuidelijke streken worden o.a. genoemd *Celtis*, *Zelkova*, *Eucommia*, *Ostrya*, *Morus* en *Broussonetia*. Omdat veel van de nieuwe soorten in Nederland nog relatief onbekend zijn zou het goed zijn om van deze en andere vernieuwingen in het sortiment het gedrag op de kwekerij en hun gebruikswaarde in de stedelijke omgeving in onderzoek te nemen.

3.2.3 De klimaatsortenmatrix (KLAM)

In Duitsland is de discussie over aanpassing van het sortiment in verband met de klimaatverandering al eerder van start gegaan. Naar aanleiding daarvan is door prof. Andreas Roloff (Institut für Forstbotanik, Dresden) voor 230 in Midden Europa toegepaste stads- en parkboomsoorten een inschatting gemaakt van hun geschiktheid voor gebruik onder de verwachte veranderde klimaatomstandigheden. Dit heeft de klimaatsortenmatrix (KLAM) opgeleverd. De opgenomen soorten (in twee categorieën: > 10m en < 10m) zijn op basis van literatuurgegevens en eigen onderzoek van Roloff en zijn groep beoordeeld op droogteresistentie, winterhardheid en enkele aanvullende criteria. Behalve voor stadsbomen zijn ook vergelijkbare KLAM's gemaakt voor bomen in het buitengebied en voor bosbomen.

De belangrijkste criteria bij de door Roloff gemaakte indeling zijn droogteresistentie en winterhardheid. Voor beide criteria zijn 4 klassen gebruikt wat resulteert in 16 klassen van 1.1 tot 4.4 (zie figuur). Afhankelijk van het relatieve belang van de twee criteria in een bepaald gebied kunnen bomen uit de verschillende categorieën als geschikt voor gebruik in dat gebied worden gezien. De bomen in 1.1 zijn het meest winterhard en droogteresistent, die uit 4.4 het minste. Hierbij moet wel de kanttekening gemaakt worden dat de beoordeling van de winterhardheid in Duitsland anders is dan in Nederland. Wat betreft minimum temperaturen in de winter ligt Duitsland voor het grootste deel in zone nr. 6 (-18 tot -23°C) en 7 (-12 tot -18°C), terwijl Nederland voor het grootste deel in zone 8 (-12 tot -7°C) ligt (bijlage 1).

Figuur: KLAM = Klima-Arten-Matrix; met 16 klassen naar droogtetolerantie en winterhardheid

winterhardheid →	.1	.2	.3	.4
droogteresistentie				
1.	1.1	1.2	1.3	1.4
2.	2.1	2.2	2.3	2.4
3.	3.1	3.2	3.3	3.4
4.	4.1	4.2	4.3	4.4

De Duitse studie is vooral opgezet om discussie over dit onderwerp te stimuleren. De onderzoekers realiseren zich dat ook andere parameters relevante criteria kunnen zijn, zoals bodemparameters, schadetolerantie, esthetische criteria etc. De totale KLAM van de 230 soorten is in bijlage 2 weergegeven. Uitgaande van de KLAM is door Roloff (Roloff e.a., 2008) de in de tabel hieronder weergegeven lijst van "favorieten" gemaakt. Dit zijn de soorten die naar zijn verwachting in Duitsland onder de veranderde klimatologische omstandigheden geschikt zouden kunnen zijn voor gebruik in de stedelijke omgeving. Daartoe zijn aan de primaire criteria van droogtetolerantie en winterhardheid nog een aantal overwegingen toegevoegd:

- Hoogte minstens 10 m i.v.m. noodzaak tot opkronen
- Niet of beperkt gevoelig voor luchtverontreiniging
- Geen last van ziekten en plagen
- Bestand tegen hitte en hoge instraling
- Tolerantie voor strooizout
- Geringe bodemeisen en tolerant voor relatief hoge pH
- Niet extreem veel of grote vruchten.

Tabel: De lijst met mogelijke soorten voor toepassing als straatboom in Duitsland onder de veranderende klimaatomstandigheden (Roloff e.a., 2008).

Naam	KLAM-indeling
<i>Acer campestre</i>	1.1
<i>Acer opalus</i>	1.2
<i>Acer platanoides</i>	2.1
<i>Acer rubrum</i>	1.2
<i>A. x zoeschense</i>	2.1
<i>Aesculus x carnea</i>	2.1
<i>Ailanthus altissima</i>	1.2
<i>Alnus cordata</i>	2.2
<i>A. x spaethii</i>	2.1
<i>Betula pendula</i>	2.1
<i>Carpinus betulus</i>	2.1
<i>Catalpa speciosa</i>	1.2
<i>Celtis australis</i>	1.3
<i>Corylus colurna</i>	2.2
<i>Fraxinus angustifolia</i>	1.2
<i>F. excelsior</i>	2.2
<i>F. ornus</i>	1.4
<i>F. pennsylvanica</i>	2.1
<i>Ginkgo biloba</i>	1.2
<i>Gleditsia triacanthos</i>	1.2
<i>Idesia polycarpa</i>	1.4
<i>Liquidambar styraciflua</i>	2.3
<i>Morus alba</i>	1.3
<i>M. nigra</i>	2.3
<i>Ostrya carpinifolia</i>	1.1
<i>Phellodendron amurense</i>	2.2
<i>P. sachalinense</i>	1.1
<i>Platanus hispanica</i>	1.2
<i>Populus x berlinensis</i>	2.1
<i>Quercus bicolor</i>	1.1
<i>Q. cerris</i>	1.2
<i>Q. frainetto</i>	1.2
<i>Q. imbricaria</i>	2.2
<i>Q. macrocarpa</i>	1.1
<i>Q. palustris</i>	2.2
<i>Q. petraea</i>	2.2
<i>Q. rubra</i>	2.2
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1.1
<i>Sophora japonica</i>	1.2
<i>Sorbus aria</i>	1.1
<i>S. domestica</i>	1.2
<i>S. intermedia</i>	2.1
<i>S. latifolia</i>	1.2
<i>S. x thuringiaca</i>	1.1
<i>Tilia cordata</i>	2.1
<i>T. x euchlora</i>	2.1
<i>T. mandshurica</i>	1.1
<i>T. tomentosa</i>	1.2
<i>Ulmus pumila</i>	1.1
<i>Zelkova serrata</i>	2.2

4 Conclusies en aanbevelingen

De klimaatscenario's van het KNMI wijzen erop dat de opwarming doorzet en dat er vaker zachte winters en warme zomers zullen voorkomen. Verder wordt verwacht dat de winters gemiddeld natter worden, extreme neerslaghoeveelheden in winter en zomer zullen toenemen en het aantal zomerse regendagen afneemt (langere droogteperiodes).

Het veranderende klimaat heeft ongunstige, maar ook gunstige gevolgen voor de opkweek van laanbomen. Ongunstige gevolgen zijn dat naast het overbruggen van langere droogteperiodes in de zomer er ook in toenemende mate maatregelen getroffen moeten worden om neerslagpieken op de teeltpercelen te verwerken. De ziekte- en plaagdruk neemt toe evenals de risico's op het gebied van uitspoeling nutriënten en stormschade.

Positieve gevolgen zijn de gunstige groeiomstandigheden door de hogere temperatuur en het langere groeiseizoen. Ook biedt het mogelijkheden voor een verbreding van kweeksortiment. Echter de concessies t.a.v. de winterhardheid mogen niet te groot zijn vanwege de blijvende kans op incidentele lage temperaturen in de winter.

Het veranderende klimaat heeft consequenties voor het gebruik van laanbomen in de stad. Stadsbomen hebben altijd al meer te lijden gehad van stressfactoren dan bomen in het buitengebied. In het stedelijk gebied zijn de groeiomstandigheden voor straatbomen veelal niet optimaal door de beperkte ondergrondse groeiruimte, de aanwezigheid van verharding en een vaak arme en verdichte bodem rond het plantgat. De verwachte klimaatverandering – hogere temperaturen en een langer en droger groeiseizoen - zal hier dan ook eerder negatieve effecten hebben op de groei en conditie van de bomen. De belangrijkste factor daarbij is een niet toereikende watervoorziening. Een toenemende droogtestress zal leiden tot een verminderde vitaliteit van stadsbomen. Dit kan nog worden versterkt door periodieke wateroverlast bij de voorspelde neerslagpieken. Door de verminderde vitaliteit zal de gevoeligheid voor aantasting door schimmels en insecten toenemen.

Om de bovenbeschreven toenemende droogtestress en andere risico's het hoofd te bieden worden er in de literatuur drie aanbevelingen gedaan waar de deskundigen het in grote lijnen over eens zijn:

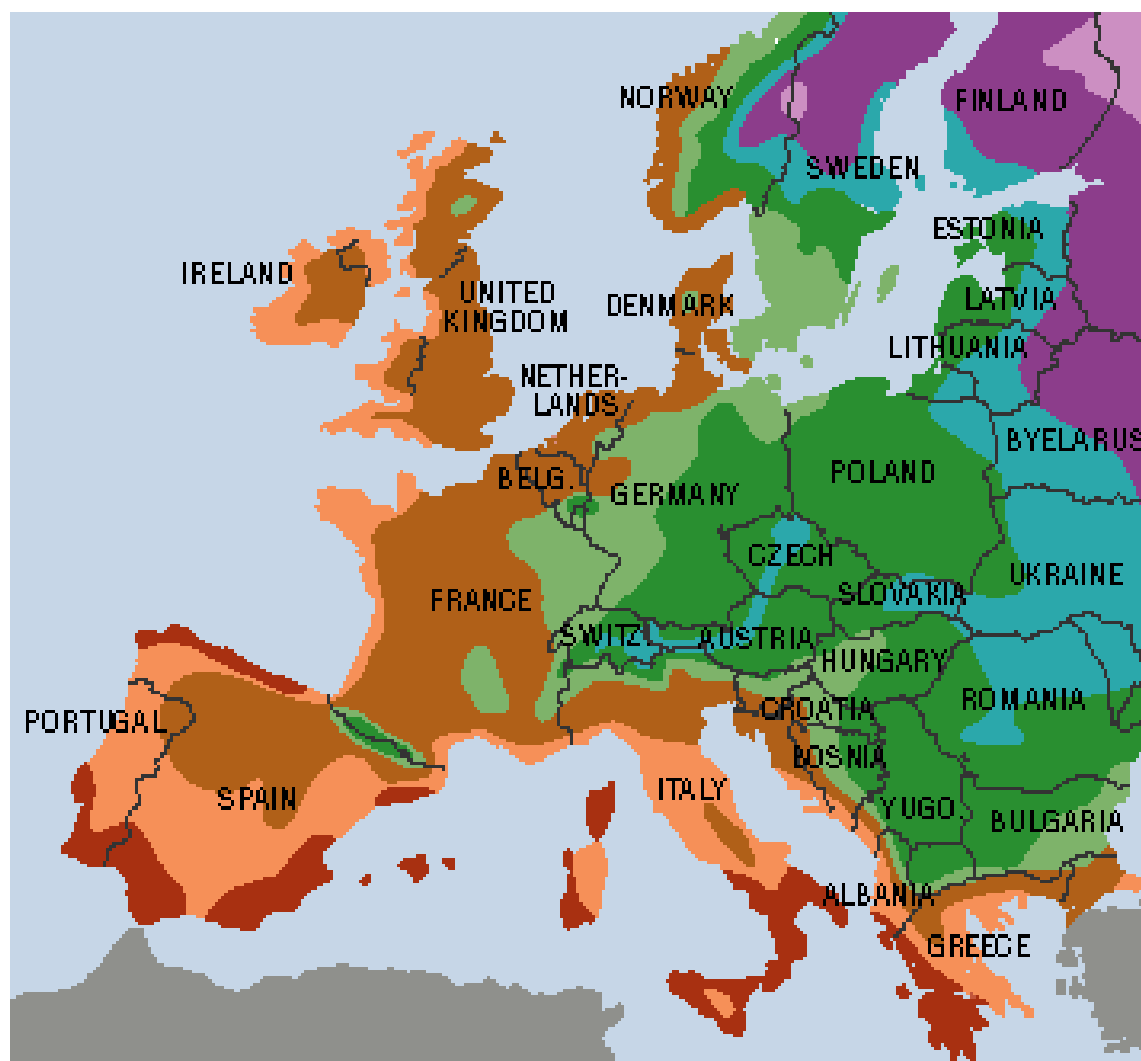
1. zorg voor optimale groeiplaatsomstandigheden
2. spreid de risico's
3. aanpassing van het sortiment;

Voor de boomkwekerij hebben met name de tweede en derde aanbeveling consequenties. Het geteelde sortiment zal aangepast moeten worden aan de verwachte groeiomstandigheden. De discussie over specifieke soorten is in Nederland net gestart. De klimaatsoortenmatrix (KLAM), opgesteld door Roloff, kan hierbij als hulpmiddel worden gebruikt. In de KLAM worden 230 soorten ingedeeld naar droogteresistentie en winterhardheid. Mede op basis hiervan worden o.a. als interessante soorten uit meer zuidelijke streken genoemd: *Celtis*, *Zelkova*, *Eucommia*, *Ostrya*, *Morus* en *Broussonetia*. Omdat veel van de nieuwe soorten in Nederland nog relatief onbekend zijn zou het goed zijn om van deze en andere vernieuwingen in het sortiment het gedrag op de kwekerij en hun gebruikswaarde in de stedelijke omgeving in onderzoek te nemen.

5 Literatuur

- Baumschule, 2008. Geeignete Bäume für die Stadt. Baumschule 2008-7:25-26.
- Haveman, K., 2008. Klimaatverandering heeft grote gevolgen voor kwekers. De Boomkwekerij 35(29 augustus 2008):10-11.
- Hoffman, M.H.A., en M.B.M. Ravesloot. Winterhardheid van Boomkwekerijgewassen, januari 2002. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, sector Bomen; 2de druk (Vrijwel ongewijzigd t.o.v. de 1ste druk in 1998; alleen de namen zijn aangepast aan de naamlijsten2000)
- Hulme, M., Jenkins, G.J., Lu, X., Turnpenny, J.R., Mitchell, T.D., Jones, R.G., Lowe, J., Murphy, J.M., Hassell, D., Boorman, P, McDonald ,R. and Hill, S. (2002) *Climate Change Scenarios for the United Kingdom: The UKCIP02 Scientific Report*. Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK. 120pp
- IPCC, 2001. Climate Change 2001; The Scientific Basis; Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; First published 2001. Printed in USA at the University Press, New York; ISBN 0521 01495 6 paperback
- Kehr, R. en S. Rust, 2007. Auswirkungen der Klima-Erwärmung auf Baumphysiologie und Krankheiten. PrO Baum 2007-4:2-10.
- KNMI, 1999. De toestand van het klimaat in Nederland in 1999.
- KNMI, 2003. De toestand van het klimaat in Nederland in 2003.
- KNMI, 2008. De toestand van het klimaat in Nederland in 2008.
- KNMI, 2009. Klimaatverandering in Nederland; aanvullingen op de KNMI '06 scenario's. KNMI, de Bilt, 34 pp.
- Reidel, P., 2009. Welcher ist zukünftig der Richtige; Baumfachseminar: Aktuelle und zukünftige Situation der Stadtbäume. Baumzeitung April 2008.
- Roloff, A., S. Bonn en S. Gillner, 2008. Klimawandel und Baumartenwahl in der Stadt. AFZ-DerWald 2008-8:398-399.
- Roloff, A., D. Thiel en S. Gillner, 2008. Klimawandel und Baumartenwahl. Baumschule 2008-3:36-38.
- Roloff, A., D. Thiel en H. Weiss, 2008. Baumartenwahl und Gehölzverwendung im urbanen Raum unter Aspekten des Klimawandels. In: Forstwissenschaftliche Beiträge Tharandt, Beiheft 7:92-107.
- Stadswerk, 2009. Praktijkbrochure Bomensubstraten en hun toepassing. Vereniging Stadswerk Nederland, 39 pp.

Bijlage 1 Hardiness Zone Map for Europe



Average Annual Minimum Temperature

°C	Zone	°F
-40 / -35	3	-40 / -30
-35 / -29	4	-30 / -20
-29 / -23	5	-20 / -10
-23 / -18	6	-10 / 0
-18 / -12	7	0 / 10
-12 / -7	8	10 / 20
-7 / -1	9	20 / 30
-1 / 5	10	30 / 40

Bron: Hoffman, M.H.A., en M.B.M. Ravesloot. Winterhardheid van Boomkwekerijgewassen

Bijlage 2 KLAM-indeling van 230 stads- en parkboomsoorten toegepast in Midden-Europa.

Zeer goed geschikt		Goed geschikt		Beperkt geschikt	Zeer beperkt geschikt
1.1 + 1.2		2.1 + 2.2 + 1.3		3.1 + 3.2 + 3.3 + 2.3	1.4 + 2.4 + 3.4 + 4.1 + 4.2 + 4.3 + 4.4
1.1 > 10 m.	1.2 > 10 m.	1.3 > 10 m.	2.2 < 10 m.	2.3 > 10 m.	1.4 > 10 m
					Cedrus atlantica
Acer campestre	Acer opalus	Celtis australis	Cercis canadensis	Liquidambar styraciflua	Cedrus libani
Acer negundo	Acer rubrum	Celtis reticulata	Forsythia suspensa	Morus nigra	Cupressus sempervirens
Acer x zoeschense Pax	Ailanthus altissima	Gleditsia sinensis	Laburnum anagyroides	2.3 < 10 m.	Fraxinus ornus
Alnus incana	Carya tomentosa	Morus alba	Mespilus germanica	Fraxinus syriaca	Idesia polucarpa
Betula pendula	Catalpa speciosa	Pinus armandii	Pterostyrax hispida	Mahonia bealei	Juniperus excelsa
Cladastis sinensis	Cedrus brevifolia	Pinus coulteri	Pyrus elaeagrifolia	3.1 > 10 m.	Pinus monophylla
Fraxinus pallisiae	Cedrus libani	Platanus orientalis		Acer velutinum	1.4 < 10 m
Juniperus communis	Celtis caucasica	1.3 < 10 m.		Betula platyphylla	Cercis siliquastrum
Juniperis scopulorum	Celtis occidentalis	Crataegus azarolus		Metasequoia glyptostroboides	Fraxinus foetidissima
Juniperus virginiana	Cupressus arizonica	Prunus sibirica		Populus laurifolia	Juniperus oxycedrus
Ostrya carpinifolia	Diospyros			Populus x canescens	Kolereteriapaniculata
Phellodendron sachalinense	Fraxinus angustifolia	2.1 > 10 m.		Quercus robur	Poncirus trifolata
Pinus heldreichii	Fraxinus quadrangulata	Acer buergerianum		Salix alba	Prunus dulcis
Pinus nigra nigra	Ginkgo biliba	Acer platanoides		Sorbus aucuparia	2.4 > 10 m
Pinus sylvestris	Gleditsia japonica	Acer saccharinum		Tilia americana	Paulownia tomentosa
Prunus avium	Gleditsia triacanthos	Aesculus x carnea		Tilia europaea	Pterocarya stenoptera
Quercus bicolor	Maackia amurensis	Alnus x spaethii		3.1 < 10 m.	2.4 < 10 m
Quercus macracarpa	Ostrya virginiana	Carpinus betulus		Acer glabrum	Quercus marilandica
Robinia pseudoacacia	Pinus bungeana	Fraxinus pennsylvanica		Corylus avelana	Broussonetia papyrifera

Robinia viscosa	Pinus ponderosa	Malus tschonoskii		Crataegus laevigata	3.4 > 10 m.
Sorbus aria	Pinus rigida	Picea omorika		Crataegus x persimilis	Cedrus deodora
Sorbus badensis	Platanus x hispanica	Populus x berolinensis		Euonymus europaeus	Tetradium daniellii
Sorbus x thuringiaca	Populus alba	Populus tremula		Prunus x schmittii	Pinus wallichiana
Tilia mandshurica	Quercus cerris	Sorbus intermedia		3.2 > 10 m.	4.1 > 10 m.
Ulmus pumila	Quercus coccinea	Tilia cordata		Carya cordiformis	Acer pseudoplatanus
	Quercus frainetto	Tilai x euchlora		Carya ovalis	Betula papyrifera
1.1 < 10 m.	Quercus macranthera	2.1 < 10 m.		Fagus sylvatica	Ulmus glabra
Acer tataricum	Quercus muehlenbergii	Amelanchier arborea		Liriodendron tulipifera	Ulmus x hollandica
Amelanchier ovalis	Quercus prinus	Crataegus crus-gali		Picea asperata	4.2 > 10 m.
Buxus sempervirens	Quercus pubescens	Crataegus monogyna		Populus simonii	Aesculus hippocastanum
Caragana aborescens	Sophora japonica	Hippophae rhamnoides		Prunus sargentii	Alnus glutinosa
Cornus mas	Sorbus domestica	Ligustrum vulgare		Quercus phellos	Carya illinoensis
Cotoneaster integerrimus	Sorbus latifolia	Lonicera tatarica		Tilai platyphyllos	Picea schrenkiana
Crataegus laciniata	Sorbus torminalis	Pinus mugo		3.2 < 10 m.	Prunus padus
Crataegus wattiana	Thuja orientalis	Rosa agrestis		Crataegus pheanopyrum	4.3 > 10 m.
Crataegus x lavalleyi	Tilia tomentosa	Rosa glauca		Magnolia kobus	Acer heldreichii
Lycium barbarum	1.2 < 10 m.	Salix caprea		Malus sylvestris	Acrya laciniosa
Lycium chinense	Acer monspessulanum	Syringa vulgaris		Quercus ilicifolia	4.3 < 10 m.
Pinus aristata	Carpinus orientalis	2.2 > 10 m		3.3 > 10 m.	Betula utilis
Prunus mahaleb	Celtis glabrata	Alnus cordata		Catalpa bignonioides	
Prunus spinosa	Colutea arborescens	Carya ovata		Juglans regia	
Rhamnus cathartica	Eleagnus angustifolia	Castanea sativa		Pterocarya fraxinifolia	
Rhus typhina	Eleagnus commutata	Celtis bungeana			
Robinia luxurians	Juniperus rigida	Corylus colurna			
Rosa canina	Maclra pomifera	X Cupressocyparis leylandii			
Rosa	Prunus armenica	Diopyros			

corymbifera		virginiana			
Rosa gallica	Prunus cerasifera	Fraxinus excelsior			
Rosa rubiginosa	Prunus x eminens	Gymnocladus dioicus			
Rosa tomentelle	Prunus fruticosa	Nyssa sylvatica			
Rosa tomentosa	Pyracantha coccinea	Phellodendron amurense			
Sorbus folgneri	Pyrus calleryana	Pinus peuce			
Viburnum lantana	Pyrus salicifolia	Platanus occidentalis			
	Pyrus spinosa	Pyrus communis			
	Quercus libani	Pyrus pyraster			
	Rhus chinensis	Quercus imbricaria			
	Rhus sylvestris	Quercus palustris			
	Rosa foetida	Quercus petraea			
	Syringa x persica	Quercus rubra			
	Tamarix ramosissima	Ulmus pavisflora			
	Tamarix tetrandra	Zelkova serrata			