

Bomen in het straatprofiel: enige "teeltkundige" beschouwingen

Jitze Kopinga *

De toepassing van bomen in het straatprofiel vereist een aantal specifieke benaderingen en inzichten. In vergelijking met bomen in bossen slaan die vooral op de ontwerp-aspecten in relatie tot de gebouwde omgeving en de verbetering van de doorgaans voor plantengroei minder geschikt geworden bodem tot een aanvaardbare groeiplaats. Daarnaast zal een grondige kennis van de variatie in gebruikswaarde van het brede scala aan het soorten- en cultivar-rijke boomsortiment kunnen zorgen voor de, meer dan eens noodzakelijke, elasticiteit in de keuze en de realisatie van het beplantingsplan. In de loop van de jaren zeventig en tachtig is de kennis inzake inrichting, aanleg en onderhoud van stedelijke beplantingen fors toegenomen. Deze kennis, gegenereerd door zowel het onderzoek als de praktijk is inmiddels vervat in een aantal interessante en aanbevelenswaardige rapporten en boekwerken, waaronder het (recente) "Stadsbomenvademecum", dat gezien de uitgebreidheid waarmee zowat alle facetten in detail worden behandeld wellicht een bijzondere vermelding verdient. Naar het zich laat aanzien kan de praktijk daar voorlopig goed mee vooruit. Dit wil echter niet zeggen dat er geen nieuwe ontwikkelingen meer te verwachten zijn. Nog steeds komen er gegevens naar voren in de vorm van zowel "harde" onderzoek-cijfers als nieuwe(?) filosofieën, die op zijn minst intrigerend zijn en soms opnieuw aanleiding geven tot vakdiscussies binnen de groenvoorziening. En dat hebben we zeker nodig, willen we kunnen blijven spreken van een "levend vak". In dit artikel passeert een aantal van deze nieuwe benaderingen (nog eens) de revue. Deze worden hier echter niet uitputtend behandeld en moeten dan ook eerder worden gezien als neerslag van de richtingen waarin het onderzoek naar de teeltkundige achtergronden van het straatbomenbestand zich in de afgelopen jaren zoal heeft bewogen. Daarnaast zijn ze (hoe kan het ook anders?) bedoeld als voer voor de verdere meningsvorming binnen het vakgebied.

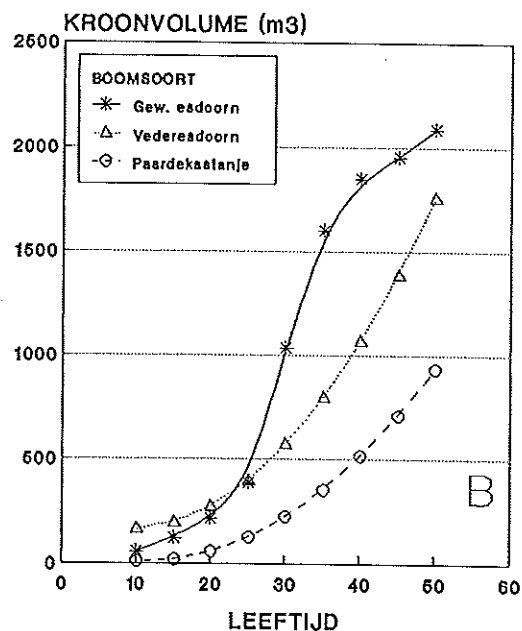
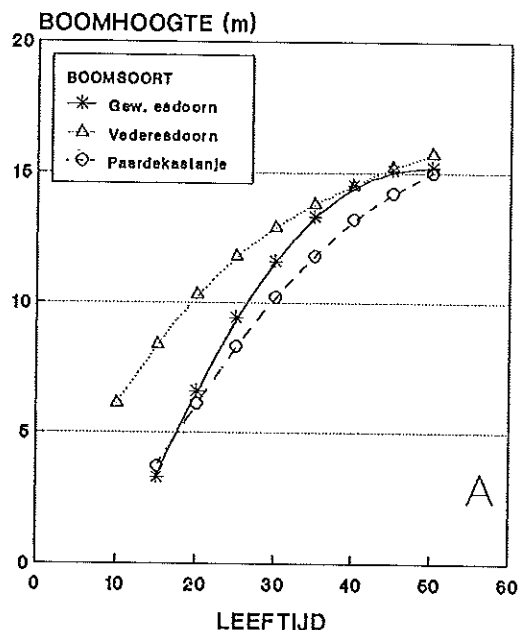
Bovengrondse ruimte

In tegenstelling tot het bosbouwkundig onderzoek zijn er, vreemd genoeg, over de groei en ontwikkeling van straatbomen slechts sporadisch onderzoeksgegevens bekend. Daarvoor zijn verschillende verklaringen denkbaar, maar deze worden hier verder buiten beschouwing gelaten. In ieder geval heeft min of meer recent onderzoek dat is uitge-

voerd aan solitaire stadsbomen in (het voormalige) Tsjecho Slowakije, voldoende interessante gegevens aangedragen om een goed idee te kunnen vormen over de orde van grootte die we ons daarbij moeten voorstellen. Het gaat dan om de ontwikkeling in de loop der tijd van: de boomhoogte, de kroonbreedte, (daaraan gekoppeld) het kroonvolume, en de bladmassa. Voorbeelden van enige algemeen voorkomende

* Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen

Figuur 1: Ontwikkeling van boomhoogte (A) en kroonvolume (B) in de loop der tijd van enige solitair groeiende stadsbomen (*Acer pseudoplatanus*, *Acer negundo* en *Aesculus hippocastanum*). (Naar Vrestiak, 1986, 1987, 1991.)



soorten (in dit geval zijn dat de Gewone esdoorn, de Vederesdoorn en de Paardekastanje), zijn gegeven in figuren 1a en 1b en het hoeft wellicht geen betoog dat de figuren een goede illustratie zijn voor de speling die er is om in ruimtelijke zin met de keuze van de juiste boomsoort een bepaalde ruimte binnen een bepaalde tijd "aan te kleden".

deelkundig uitgevoerde werkzaamheden in de bewortelde zone van de bodem;
- het bepalen (schatten) van de afstand van de stam waarbinnen men naar nog gezonde wortels kan zoeken.

Figuur 2: Diagram van de verhouding van de stamdiameter tot de diameter van de wortelkruit in relatie tot de kans op het optreden van windworp bij solitair groeiende bomen (naar Mattheck & Breloer, 1993).

Ondergrondse ruimte

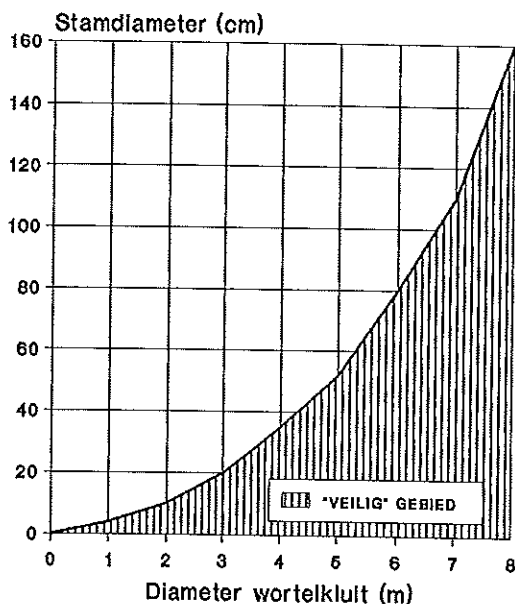
Een fors kroonvolume met de doorgaans daaraan inherente hoeveelheid bladoppervlak, c.q. -massa vereist een minimale hoeveelheid doorwortelbare ruimte.

Hiervoor zijn drie invalshoeken belangrijk: de stabiliteit oftewel de verankering van de boom in de bodem, de stikstofbehoefte en de vochtbehoefte van de boom.

De ondergrondse ruimtebehoefte in relatie tot de stabiliteit van de boom

Voorals in Duitsland heeft een aantal onderzoekers (o.a. Mattheck, Sinn sr. & jr. en Wessolly) zich de afgelopen jaren bezig gehouden met het genereren van en rekenen met gegevens over de stabiliteit van solitair staande bomen. Enerzijds betrof dit de mate waarin de stam van een boom mag zijn verzakt (bijvoorbeeld in geval van een holle of beschadigde boom als gevolg van een aantasting door rot). Anderzijds betrof het de verankering van een boom bij een onvoldoende beworteling (bijvoorbeeld door wortelverlies of een te beperkte doorwortelbare ruimte). Een onderdeel daarvan vormden de waarnemingen aan stormschade na een van de recente orkanen in West-Europa waarbij van ca. 1850 omver geworpen solitair groeiende bomen de diameter van de wortelkruit alsmede de stamdoorsnede werd opgemeten. Bijna verrassend was de nogal scherpe begrenzing van de bovenzijde van het gebied (zie figuur 2) waaronder de verhouding van de diameter wortelkruit/stam kennelijk onvoldoende was om de bomen overeind te houden. Als mogelijke toepassing van deze kennis noemen de onderzoekers (Mattheck & Breloer, 1993):

- de bepaling van de "veilige" afstand tot bomen in verband met graafwerkzaamheden in de bodem;
- het vaststellen van de schadefactor bij onoor-



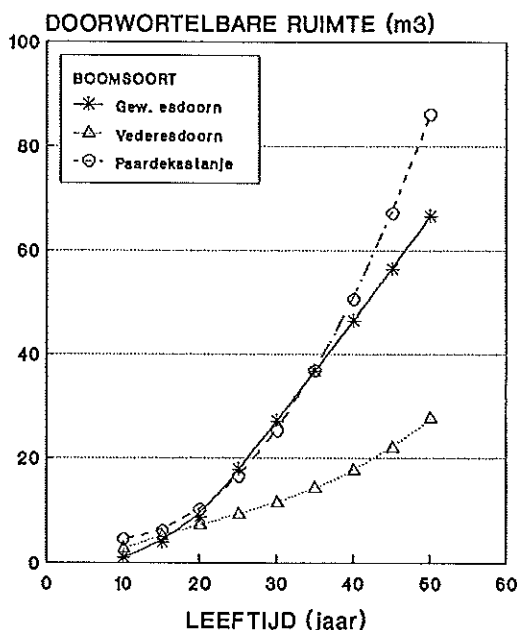
Met wat eenvoudig rekenwerk valt echter ook te beproeven wat de boom aan doorwortelbare ruimte nodig heeft, wil men de stabiliteit met enige zekerheid als "veilig" kunnen aanmerken. Voor een straatboom met een stamdoorsnede van 0,6 meter komt men zo al gauw op een doorsnede van de wortelprojectie van ruim 5 meter en, uitgaande van een bewortelingsdiepte van de meeste bomen "in het vrije veld" (en ook de meeste straatbomen in Nederland) van minimaal 0,8 meter, betekent dit een doorwortelbare ruimte voor deze boom van minimaal 16 m³. Uiteraard is dit geen keihard criterium. Ook de plaatselijke verschillen in draagkracht en cohesiekrachten van de bodem zelf, alsmede de grootte van het kroonvolume, de lengte-breedte verhouding van de plantplaats en de expositie ten

opzichte van de wind zullen ondermeer mede bepalend zijn. Het voorbeeld geeft echter wel aan dat slechts enkele kubieke meters verre van toereikend zijn.

De ondergrondse ruimtebehoefte in relatie tot de stikstofbehoefte van de boom

Het (bosbouwkundig) onderzoek naar de voedings-elementenvoorziening van bomen heeft in de loop der tijd van veel boomsoorten gegevens opgeleverd over de niveaus van de elementengehalten in het blad waarboven men kan spreken over een acceptabele dan wel "redelijke" boomgroei. Belangrijk daarin is de voorziening van stikstof, omdat dit als gevolg van de mineralisatie van de organische stof in de bodem slechts geleidelijk ("mondjesmaat") ter beschikking komt en, wanneer het niet door de boomwortels wordt opgenomen, relatief snel weer door uitspoeling uit de bodem verdwijnt. Een en ander betekent dat de stikstofvoorziening van de boom afhankelijk is van enerzijds de hoeveelheid organische stof en de mineralisatiesnelheid daarvan en anderzijds de ruimte waarin het vrijkomt (hoe meer bodemvolume, hoe meer de boom kan opnemen, vooropgesteld dat de bodem geheel doorworteld is, anders verdwijnt de stikstof onbenut).

Figuur 3:
De minimale behoefte aan doorwortelbare ruimte in de loop der tijd van enige solitair groeiende stadsbomen (*Acer pseudoplatanus*, *Acer negundo* en *Aesculus hippocastanum*) op basis van de stikstofbehoefte. Er is in dit geval uitgegaan van een jaarlijkse opname van 25 g stikstof per m³ bodemvolume. (berekend op basis van gegevens van Van den Burg, 1990 en Vrestiak, 1986, 1987, 1991.)



Enige jaren geleden zijn door Van den Burg (1990) voor de benodigde minimale doorwortelbare ruimte reeds interessante berekeningen gegeven van solitair groeiende esdoorns (*Acer pseudoplatanus*) en Winterlinde (*Tilia cordata*). Hieruit kwam naar voren dat, wanneer de bomen veertig jaar oud zijn, men al gauw rekening moet houden met volumes van respectievelijk 50 en 65 m³. Analooq aan de door Van den Burg gehanteerde berekeningsmethode zijn in figuur 3 voor de Gewone esdoorn, de Vederesdoorn en de Paardekastanje voorbeelden uitgewerkt. Wetend dat dergelijke volumes in het stedelijk gebied vaak bij lange na niet worden gehaald, ook in omstandigheden waar de bomen er nog steeds florissant bijstaan, kan men zich uiteraard afvragen of deze getallen nog wel realiteitswaarde hebben. Ook hier dient echter de kanteke-

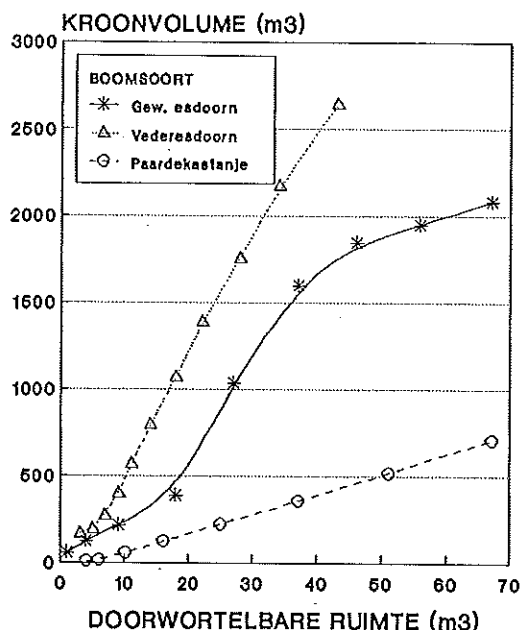
ning te worden geplaatst dat het slechts bedoeld is als indicatie van de orde van grootte waarin men moet denken. Factoren die maken dat bomen vaak met minder ruimte toe kunnen zijn onder andere:

- een geringere hoeveelheid blad c.q. *Leaf Area Index* (LAI, dit is het aantal m² bladoppervlakte per m² kroonprojectie) van de boom. Zo heeft een boom met een LAI van 3 ruwweg de helft aan bodemvolume nodig dan een boom met een LAI van 6. Dit verklaart ook van de gegeven figuren de ogenschijnlijke tegenstrijdigheid tussen enerzijds de bladmassa van Vederesdoorn en Paardekastanje en anderzijds het kroonvolume. De Vederesdoorn heeft hier een vrij "open", brede kroon en de Paardekastanje een zeer dichte en smalle kroon.
- Ook moet worden opgemerkt dat een boom op een tekort aan stikstof reageert door de vorming van kleiner en minder blad. Dit kan in LAI al gauw een factor 2 à 3 uitmaken, zonder dat dit echt opvalt, of zonder dat het publiek zich eraan stoort of dat het de acceptatie van de sierwaarde van de boom noemenswaardig vermindert. De kenner zal hoogstens opmerken dat de boomkroon wat "dunnetjes" in blad staat, maar dit hoeft doorgaans geen bezwaar te zijn, vooropgesteld dat de boom verder gezond is, omdat bij een inmiddels volwassen straatboom een sterke groei vaak niet meer zo belangrijk is en soms zelfs ongewenst;
- een lagere stikstofbehoefte van de boom. Sommige soorten vertonen pas stikstofgebrekssymptomen beneden een relatief laag stikstofgehalte van het blad (bijvoorbeeld *Acer negundo*, beneden een gehalte van 13 mg/g), andere soorten bij een aanmerkelijk hoger gehalte (bijvoorbeeld *Tilia americana*, beneden 21 mg/g)
- minder uitspoeling van de gemineraliseerde stikstof als gevolg van een geringere percolatie van regenwater in de bodem door bijvoorbeeld de aanwezigheid van verhardingen;
- extra "bemesting" van de bomen door huisdieren. Over de omvang daarvan bestaan nog weinig harde cijfers, maar er zijn redenen om te veronderstellen dat deze vorm van stikstofvoorziening op sommige lokaties een substantiële bijdrage kan vormen in de stikstofvoorziening van de boom;
- extra bemesting van de bomen door de "zure regen" (in dit geval de N-depositie). Heeft men bijvoorbeeld een jaarlijkse depositie van 30 kg N per ha per jaar die geheel ter beschikking komt aan de boom dan zou dit (theoretisch) betekenen dat een boom met een LAI van 2 (bijvoorbeeld een "matig" groeiende Vederesdoorn) daarvan geheel kan worden onderhouden (!).

De meeste van deze aspecten lijken interessant genoeg om verder te bestuderen, teneinde de marges van het stikstofbalans-model beter te kunnen aangeven. In dit kader zou ook het gebruik van soorten kunnen worden overwogen die door stikstofbinding door de wortels uit de bodemlucht hun stikstofbehoefte reeds (gedeeltelijk) kunnen dekken, maar in hoeverre dit een relevante optie is, verdient nog nadere studie.

Het zal duidelijk zijn dat voor de overige boomsoorten, door rekening te houden met de natuurlijke bladbezetting van bomen er met het oog op de stikstofbalans behoorlijk wat speelruimte zit als het gaat om een architectonische invulling van de ruimte bij een gegeven (beperkte) hoeveelheid aan doorwortelbare ruimte (figuur 4).

Figuur 4:
Het maximale kroonvolume dat bij een nog acceptabele stikstofvoorziening door enige solitair groeiende stadsbomen (*Acer pseudoplatanus*, *Acer negundo* en *Aesculus hippocastanum*) bij bepaalde volumes aan doorwortelbare ruimte kan worden bereikt, uitgaande van een jaarlijkse opname van 25 g stikstof per m³ bodemvolume. (berekend op basis van gegevens van Van den Burg, 1990 en Vrestiak, 1986, 1987, 1991.)



Het staat desalniettemin op voorhand al vast dat slechts enkele kubieke meters doorwortelbare grond - in welke situatie dan ook - verre van voldoende is om een boom van de eerste grootte tot een volwassen exemplaar met dito omvang te kunnen laten uitgroeien. Eén en ander wordt geïllustreerd door de resultaten van in de jaren tachtig uitgevoerd onderzoek aan Platanen in plantgaten van verschillende grootte. Hierbij bleek dat de bomen in plantgaten van 1 m³ en 4 m³ reeds na zes groeiseizoenen de grenswaarde voor zichtbaar stikstofgebrek hadden bereikt. Bij de bomen in de grootste plantgaten (7 m³) was de stikstofvoorziening na deze periode gedaald tot net boven het niveau van zichtbaar stikstofgebrek (Van den Burg, 1990). Uiteraard zou men zich kunnen afvragen in hoeverre een jaarlijks uitgevoerde stikstofbemesting als onderhoudsmaatregel zinvol kan zijn. Voor inmiddels volgroeide bomen lijkt dit een reële optie, alhoewel door het "oppeppen" van de bladmassa, zonder dat daar een wezenlijke toename van de beworteling tegenover staat de droogtegevoeligheid van de boom in principe toeneemt. Voor jonge bomen lijkt de optie echter minder reëel, omdat daar op den duur ook problemen met de stabiliteit een rol kunnen gaan spelen.

De ondergrondse ruimtebehoefte in relatie tot de waterbehoefte van de boom

Circa 10 jaar geleden is door Bakker (1983) in dit tijdschrift een berekeningsmethode gepresenteerd waarmee, op basis van de verdamping van bomen, het minimale doorwortelbaar bodemvolume voor straatbomen kan worden begroot. Daarbij werd uitgegaan van de jaarlijkse potentiële verdamping van een straatboom van ca. 1.5 maal die van een bosboom. Met enerzijds de gemiddelde neerslag gedurende het groeiseizoen als variabele en anderzijds als correctiefactoren het vochtleverend vermogen van de grond in het plantgat, de nalevering vanuit het grondwater en de infiltratie van de neerslag door verschillende vormen van verharding, kan worden berekend dat een straatboom in een bodem met een zogenaamde hangwaterprofiel, met op de wortelprojectie een open verharding, ca. 3/4 m³ aan doorwortelbare ruimte nodig heeft. (NB. door sommigen wordt in dit verband wel eens

0,75 m³ genoemd, maar dit suggereert ten onrechte een te grote nauwkeurigheid.)

In een later stadium is de methode op sommige punten nog wat aangescherpt en vormt ze de basis van de voorbeeldbladen voor de groeiplaatsberekening van straatbomen in de publikatie 'Bomen in straatprofielen' (OBIS, 1988).

Hoewel de algemene geldigheid van de methode reeds van meet af aan enige wetenschappelijke twijfel kende (hetgeen meer dan eens dankbare discussiestof opleverde tijdens de bijeenkomsten van de werkgroep OBIS), bleef de praktische bruikbaarheid van de methode tot dusver voldoende overeind, zeker als men ze hanteert als richtlijn voor waar men zoal aan moet denken. Maar ook de vakmensen weten inmiddels wel dat er enige speling in de methode moet zitten, gezien de soms bevredigende resultaten van sommige beplantingen in situaties waarvan het, populair gezegd, ècht niet kan. Waarin zit dan de nodige "rek"? Het voert te ver om de vele aspecten daarvan in het kader van deze bijdrage breed uit te meten. Daarvoor zij verwezen naar publikaties elders (o.a. Kopinga, 1990). De belangrijkste zijn echter de manier waarop verschillende boomsoorten met het water omgaan en de verschillen in reactie van de boomsoorten op perioden van langdurige droogte, inclusief het herstel (hergroei) van de boom na deze periode.

Zo zijn sommige bomen te beschouwen als verkwistend en andere als zuinig, of ergens daartussen in. En daarin bestaan behoorlijke verschillen. Bij onbeperkt wateraanbod verdampt een Wilg (*Salix alba* 'Liempde') per groeiseizoen bijvoorbeeld 159 liter water per m² bladoppervlak en een Noorse esdoorn (*Acer platanoides*) slechts 56 liter (Braun, 1976). Ook de produktie van hout en blad ligt bij eenzelfde waterverbruik voor de Noorse esdoorn veel gunstiger: 1,3 dm³ stamvolume en 1,8 m² blad per 100 l water tegen 0,6 dm³ stam en 0,6 m² blad per 100 l water bij de Wilg. De Noorse esdoorn geeft dus als het ware "meer boom voor minder geld". Het optimistische waterverbruik zou kunnen worden teruggevoerd op bijvoorbeeld verschillen in de opnamecapaciteit van de wortels, maar wellicht eerder nog een geringere controle van de boom zelf (door het sluiten van de bladhuidmondjes) op waterverlies wanneer dit voldoende voorhanden is. Zo zullen sommige boomsoorten, op een zonnige dag, ook bij onbeperkt wateraanbod, op een gegeven moment hun huidmondjes sluiten en verder zo weinig mogelijk verdampen. Illustratief is in dit verband het resultaat van in 1991 aan het IBN (toentertijd "De Dorschkamp") uitgevoerde metingen bij containerplanten van Kurkeik (*Quercus suber*) en Gewone esdoorn (*Acer pseudoplatanus*). Opvallend was de relatief slechts geringe verdamping van Gewone esdoorn ten opzichte van die van de Kurkeik (zie figuur 5), terwijl de Kurkeik door velen wordt beschouwd als een boom die juist aardig tegen droogte kan (!).

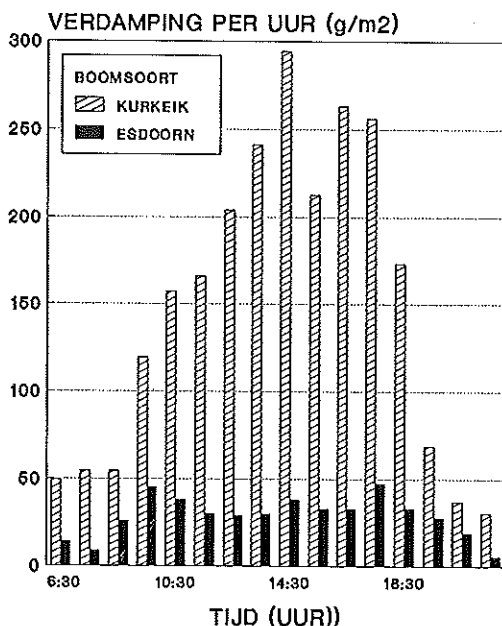
De achterliggende reden is echter bekend. De droogtetolerantie van de Kurkeik zit hem vooral in de uitgestrektheid van het wortelstelsel. Zou een vergelijkbare boomsoort (want de Kurkeik gedijt niet in het Nederlandse klimaat) dan beter geschikt zijn als straatboom? Het antwoord daarop is: vermoedelijk niet! Wanneer de doorwortelbare ruimte beperkt is, heeft de boom het beschikbare water snel verbruikt en wanneer de boom daarna

verder geen water ontvangt loopt hij grote kans om te sterven door verdroging. Wellicht is het dan beter om soorten te kiezen die al vanaf het begin van het groeiseizoen de verdamping beter in bedwang kunnen houden.

Teneinde wat meer inzicht te krijgen in de waarde van deze verschillen en het "gedrag" van de diverse boomsoorten bij optimaal en gereduceerd wateraanbod lopen op het IBN te Wageningen nog enkele proeven. De resultaten alsmede de praktische implementatie daarvan zullen naar verwachting binnen niet al te lange tijd beschikbaar komen.

rijke plaats innemen als voorheen. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan de verschillen in de gevoeligheid van de bomen voor (strooi)zout of een hoge bodem-pH. Daarover is in de loop der tijd al een forse hoeveelheid aan onderzoeksgegevens beschikbaar gekomen die inmiddels in de vorm van voor de praktijk bruikbare referentiekaders zijn gepubliceerd (Bemestingsadviesbasis, 1990; Van den Burg, 1988, 1989, 1990).

Figuur 5:
Verschil in verdamping
(gram water per vierkante
meter bladoppervlakte)
tussen Kurkeik (*Quercus
suber*) en Gewone es-
doorn (*Acer pseudoplatanus*)
op een zonnige,
zomerse dag.



Tot slot

Zoals in de inleiding reeds is aangegeven is hierboven een illustratie gegeven van slechts enkele recente benaderingen binnen het onderzoek naar de groeivoorwaarden van straatbomen. Veel boomsoorten zijn voor wat betreft een aantal van deze aspecten, zoals bladmassa en waterbehoefte, echter nog onvoldoende onderzocht en er is dientengevolge nog slechts een geringe hoeveelheid voor de praktijk bruikbare gegevens voorhanden. Voorlopig zal men dan ook koers moeten varen op een globale "inschatting" van deze aspecten op basis van wat reeds vanuit de bosbouw bekend is, of wat inmiddels vanuit de praktijkervaring bekend is over het volume en de dichtheid van de kroon in de diverse ontwikkelingsstadia van de boom.

Daarnaast is het uiteraard zeker zo interessant de mogelijkheden te belichten die de beheerder heeft om in situaties waarin de zaak in de hierboven genoemde contexten al geleidelijk fout is gegaan er toch nog iets van te "maken".

Bijvoorbeeld: kandelaren, knotten of het anderszins reduceren van het kroonvolume. In hoeverre is dit een "aanvaardbare" maatregel en wat zijn dan de meest aangewezen technieken? Ook hieraan wordt door het IBN onderzoek uitgevoerd, ondermeer in samenwerking met het Bureau Groenadvies van OMEGAM te Amsterdam. Het ligt in de bedoeling om hierover te zijner tijd te berichten.

Verder hoeft het uiteraard geen betoog dat bij de keuze van het straatbomensortiment andere gebruikswaarde-aspecten nog steeds een even belang-

Literatuur

- Bakker, J.W. 1983.
Groeiplaats en watervoorziening van straatbomen. Groen 39 (6): 205-207.
- Bemestingsadviesbasis voor Stedelijk Groen inclusief stadsbomen en sportvelden.
Rapport nr. 604, De Dorschkamp, Instituut voor Bosbouw en Groenbeheer, Wageningen, 1990, 60p.
- Braun, H.J. 1976.
Rhythmus und Grösse von Wachstum, Wasserverbrauch und Produktivität des Wasserverbrauchs bei Holzpflanzen II. Allgemeine Forst- und Jagd Zeitung 147 (8): 163-168.
- Burg, J. van den. 1988.
pH-optima en -tolerantie voor boom- en struiksoorten. Groenkontakt 14 (6): 270-275.
- Burg, J. van den. 1989.
Zoutschade bij bomen: Fysiologische mechanismen en detectie. Groenkontakt 15 (1): 27-32.
- Burg, J. van den. 1990.
Minerale voeding van bomen: Bladmonsteranalyse als basis voor een bemestingsadvies. Groenkontakt 16 (1): 10-19.
- Kopinga, J. 1990.
Droogtestress bij (stads)bomen. Groenkontakt 16 (1): 26-31.
- Mattheck, C. & H. Breloer. 1993.
Die Biomechanik der Baumwurzel als Grundlage für die Beurteilung der Standsicherheit. Syllabus 11e Osnabrücker Baumpflegetage, Osnabrück, 14-15 september 1993.
- OBIS. 1988.
Bomen in straatprofielen - Voorbeelden - Groeiplaatsberekening. VNG, 's-Gravenhage, 63 p.
- Stadsbomenadvies deel I en II.
Uitgave van de Praktijkschool Arnhem (tegenwoordig IPC Groene Ruimte), Schaarsbergen. Vrestiak, P. 1986.
- Evaluation of planar and spatial development of leaf biomass in horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in urban greenery. Ekológia (CSSR) 5 (1): 33-47.
- Vrestiak, P. 1987.
Leaf biomass of the sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) in urban greenery. Ekológia (CSSR) 6 (1): 3-14.
- Vrestiak, P. 1991.
Ash-leaf maple (*Acer negundo* L.) evaluation according to the leaf area size and crown volume in city greenery. Ekológia (CSSR) 10 (1): 3-18.