



Torktolerans och invasivitet hos buskar i stadsmiljö

En granskning av torktoleransen hos buskarter i *Trafikverkets växtlista för invasivfria infrastrukturmiljöer*

Hedvig Tarrodi och Jenny Shi

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Landskapsarkitekturprogrammet - Uppsala
Uppsala 2024



Torktolerans och invasivitet hos buskar i stadsmiljö - En granskning av torktoleransen hos buskarter i *Trafikverkets växtlista för invasivfria infrastrukturmiljöer*

Drought tolerance and invasiveness of shrubs in urban environments - A review of drought tolerance among shrub species in *The Swedish Transport Administration's plant list for invasive-free infrastructure environments*

Hedvig Tarrodi och Jenny Shi

Handledare: Helena Espmark, SLU, institutionen för stad och land

Examinator: Daniel Valentini, SLU, institutionen för stad och land

Bitr. examinator: Helena Nordh, SLU, institutionen för stad och land

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i landskapsarkitektur

Kurskod: EX0861

Program/utbildning: Landskapsarkitekturprogrammet - Uppsala

Kursansvarig inst.: Institutionen för stad och land

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2024

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: torktålighet, torktolerans, invasivfri, invasivitet, turgortryck, buskar, infrastrukturmiljö, stadsmiljö, växtval, klimat, biologisk mångfald

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektur

Förord

Idén till att undersöka ämnesområdet torktolerans hos växter inom ramarna för en kandidatuppsats, föddes hos författarna under Landskapsarkitektprogrammets gång, då båda författarna upplevde att de ville lära sig mer om växtval som är anpassade för ett förändrat klimat. I rollen som yrkesverksam landskapsarkitekt är det av stor vikt att planera och designa för såväl ekologisk, estetisk, etisk och ekonomisk hållbarhet. Att ha kunskap om och att kunna arbeta med växtmaterial med ett långsiktigt perspektiv är en stor del i detta ansvar.

Under arbetets gång har vi fått en kvalificerad förståelse om och ett växande intresse för hur växters egenskaper och platsförutsättningar förhåller sig till ett större perspektiv i termer av ekologiska sammanhang och urban design, var och hur man skaffar sig information om växters egenskaper, och hur man tolkar denna information. Genom att ha fördjupat oss i ämnet med denna studie har vi som blivande verksamma landskapsarkitekter fått nya verktyg att skapa bättre förutsättningar för hållbara och resilienta grönområden som kan klara av längre perioder av torra som klimatförändringar kan föra med sig.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Helena Espmark, vår examinator Daniel Valentini och de andra författarna i vår handledargrupp, som bidragit med inspiration, vägledning och feedback under skapandet av denna studie och uppsats. Vidare vill vi tacka de som ställt upp på intervjuer och mailkorrespondens för att vägleda oss genom sina egna publikationer, arbeten och det komplexa ämnesområdet som torktolerans hos växter innebär. Dessa är Henrik Sjöman, Sanna Ignell, Johan Slagstedt, Ülo Niinemets, Elisabeth Rovelstad och Emma Hammarström.

Författarna har planerat och genomfört studien tillsammans. Båda har deltagit vid datainsamling, analys och i skrivarbete. Inledning, Bakgrund, Syfte, Kunskapsöversikt, Resultat och analys samt Diskussion har skrivits tillsammans, där olika delar är skrivna av respektive författare och har reviderats av båda författarna. Tarrodi har skrivit utkast till Slutsats och Vidare forskning, vilka Shi har reviderat. Shi har skrivit utkast på Material och Metod, vilken Tarrodi har reviderat. Båda har bidragit med tabeller och figurer. Layouten är diskuterad och genomförd av båda författarna.

Sammanfattning

Denna studie ämnar avgöra torktoleransen hos ett urval av buskarter i infrastrukturmiljöer i stadsmiljö i relation till deras risk för invasivitet. På så sätt ökas förståelsen för vilka buskarter som kan vara bättre eller sämre anpassade till att klara de utmaningar som kan bli aktuella vid ett förändrat klimat med mer extremväder och längre perioder av torka. Samtidigt lyfts vikten i att bibehålla stabila ekosystem med hög biologisk mångfald vid arbete med växtval. En kunskapsöversikt har skapats genom insamling av bland annat vetenskapliga publikationer, faktablad, personlig kommunikation med experter inom ämnesområdet så en granskning av hur torktolerans definieras, mäts och klassificeras kunde göras. Då det finns många aspekter av torktolerans, landar metoden för denna studie i att jämföra tre olika klassificeringsmetoder att definiera torktolerans på. De arter som undersöks i denna jämförelsestudie är icke-invasiva buskarter i *Trafikverkets växtlista för invasivfria infrastrukturmiljöer* (2022). Analysen genomförs genom att relatera och värdera olika klassificeringsmetoder på torktolerans, där en kombinerad skala på torktolerans definieras och används för att analysera buskarterna. Resultaten ger en indikation för hur väl buskarterna kan tolerera torkstress och belyser komplexiteten i att bedöma och definiera torktolerans. Vidare diskuteras relationen mellan torktolerans och invasivitet i ett förändrat klimat. Resultaten fungerar som en vägledning för vilka arter som är bättre lämpade för infrastrukturmiljöer i stadsmiljö, men ska inte användas som en handbok. Resultatet öppnar även upp för fler frågeställningar och skapar en förståelse av vikten för mer forskning inom området. Slutligen diskuteras begränsningar av metoden för denna studie samt hur vidare forskning kan berika ämnesområdet.

Nyckelord: torktålighet, torktolerans, invasivfri, invasivitet, turgortryck, buskar, infrastrukturmiljö, stadsmiljö, växtval, klimat, biologisk mångfald

Abstract

This study aims to determine the drought tolerance of a selection of shrub species in infrastructure environments in urban settings in relation to their risk of invasiveness. By doing so, an understanding is increased, of how well these shrub species are adapted to the challenges that comes with climate change, where more extreme weather and longer periods of drought are expected. At the same time, the study emphasizes the importance of maintaining stable ecosystems with high biodiversity when working with plant selection. A knowledge overview was created through the collection of material including scientific publications, fact sheets, and communication with experts in the field to review how drought tolerance is defined, measured, and classified. As there are many aspects of drought tolerance, the method for this study involves comparing three different classification methods for drought tolerance. The species examined in this comparative study are non-invasive shrub species in *The Swedish Transport Administration's plant list for invasive-free infrastructure environments*. The analysis is conducted by relating and evaluating different classification methods on drought tolerance, where a combined scale of drought tolerance is defined and used to analyze the shrub species. The results provide an indication of how well the shrub species can tolerate drought stress and highlights the complexity of assessing and defining drought tolerance. Furthermore, the relationship between drought tolerance and invasiveness in a changing climate is discussed. The results serve as a guide for which species are better suited for infrastructure environments in urban settings, however, they should not be used as a handbook. The results also induce further questions and emphasizes the importance of further research in the field. Finally, limitations of the method for this study are discussed as well as how further research can enrich this area of subject.

Keywords: drought tolerance, invasiveness, invasive-free, turgor loss point, shrub, infrastructure environment, urban, plant selection, climate, biodiversity

Innehållsförteckning

Förord	3
Sammanfattning	4
Abstract	5
Förkortningar	10
1. Inledning	11
2. Bakgrund	12
2.1 Klimatförändringar leder till torkstress i urbana miljöer.....	12
2.2 Buskars underskattade fördelar.....	12
2.3 Torktolerans - en avgörande men svår bedömning för genomtänkta växtval.....	13
3. Syfte	15
3.1 Frågeställningar.....	15
3.2 Avgränsning.....	15
4. Kunskapsöversikt	16
4.1 Trafikverkets växtlista	16
4.2 Definitioner av invasivitet.....	16
4.3 Växters vattenbehov.....	17
4.4 Växters svar på torkstress	17
4.4.1 Överlevnadsstrategier mot torkstress	18
4.4.2 Evolutionär och artificiell utveckling mot torkstress.....	18
4.5 Komplexiteten i att definiera och mäta torktolerans.....	19
4.5.1 Laboratiestudier på fysiologisk tolerans - CP0 och andra indikatorer.....	19
4.5.2 Metastudie på estimerad vattentillgång och fysiologisk tolerans	20
4.5.3 Praktisk erfarenhet och observationer - Planters klassificering	20
4.5.4 Ståndortens betydelse för genetisk variation	21
4.6 Vikten av väl utformade växtbäddar	21
4.6.1 Växtbäddsförutsättningar	21
4.6.2 Rätt art på rätt plats	21
4.7 Invasivitet i förhållande till klimatförändringar.....	22
5. Material och Metod	24
5.1 Material.....	24
5.1.1 Insamling av källor för torktolerans hos buskarter	24
5.1.2 CP0 i växtbladen	24
5.1.3 Niinemets & Valladares femgradiga skala	25
5.1.4 Planter och torktålighet	25
5.2 Metod för bedömning av torktolerans	25
5.2.1 Syntes av klassificeringsmetoder.....	25
5.2.2 Bedömning av torktolerans	26
6. Resultat & Analys	28
6.1 Översikt	28
6.2 Torktoleranta buskarter	28

6.2.1	Bedömning av torktolerans	29
6.2.2	Lämplighetsbedömning för användning	30
6.3	Måttligt torktoleranta arter	30
6.3.1	Bedömning av torktolerans	30
6.3.2	Lämplighetsbedömning för användning	32
6.4	Torkkänsliga buskarter	33
6.4.1	Bedömning av torktolerans	33
6.4.2	Lämplighetsbedömning för användning	35
6.5	Går ej att klassificera	35
6.6	Otillräcklig data	36
7.	Diskussion	39
7.1	Resultatsammanfattning	39
7.2	Ansvaret hos landskapsarkitekter	39
7.3	Genetisk variation och klimatförändringar	40
7.4	Metodologiska begränsningar	41
7.4.1	Trovärdigheten hos klassificeringsmetoderna	41
7.4.2	Jämförbarheten mellan klassificeringsmetoderna	42
7.4.3	Hur klassificeringsmetoder kan förbättras genom praktisk erfarenhet	43
8.	Slutsats	44
9.	Vidare forskning	45
10.	Referenser	46
10.1	Tryckta källor, rapporter och faktablad	46
10.2	Vetenskapliga artiklar	46
10.3	Källor från internet	48
10.4	Personlig kommunikation	48

Förkortningar

Förkortning	Förklaring
CP0	Växtbladens <i>turgortryck</i> vid <i>turgor loss point</i> , är det negativa vätsketryck som cellerna i bladen har innan cellerna kollapsar och dör, där vattenpotentialen är noll.
N&V-rank	Niinemets och Valladares rankning av torktolerans hos träd och buskar
P-klass	Planters klassificering som <i>Torktålig</i>
Trafikverkets växtlista	<i>Trafikverkets växtlista för invasivfria infrastrukturmiljöer</i>

1. Inledning

De rådande klimatförändringarna förväntas leda till varmare klimat, mer extrema svängningar i vädret och torka i urbana miljöer (Naturvårdsverket 2024), vilket sätter krav på växtligheten vad gäller dess överlevnad (Hirons *et al.* 2023b:573). I infrastrukturmiljöer i stadsmiljö kan värmeeffekterna och därmed kraven på växtligheten ytterligare förstärkas, bland annat på grund av den stora andelen hårdgjorda ytor (Hedblom 2023). Vidare ökar risken för att introducerade främmande arter konkurrerar ut inhemska arter, då de kan vara bättre anpassade för det nya klimatet. Risken för ökad invasivitet räknas som ett av de största hoten mot biologisk mångfald och kan leda till avsevärda störningar i ekosystemen (Bahram 2023).

Trafikverket ansvarar för stora delar av Sveriges infrastrukturmiljöer och de växtval som planeras för i dessa miljöer bildar sammanlänkade gröna samband. Dessa miljöer blir därför viktiga gröna spridningskorridorer i landskapet. För att framtidssäkra växtval och att säkerställa hållbara och motståndskraftiga ekosystem med bibehållen biologisk mångfald i dessa om infrastrukturmiljöer, har Ekologigruppen AB på uppdrag av Trafikverket utarbetat en växtlista med växtarter som anses icke-invasiva. Denna växtlista är inom den övergripande strategiska ramen som kan fungera som ett nationellt och regionalt styrdokument för att styra Trafikverkets beslutsfattande prioriteringar (Ekologigruppen AB 2022:4), och utgör därför ett högst relevant underlag vad gäller växtval på nationell nivå.

En stor del av växtligheten i infrastrukturmiljöer utgörs av buskar, som i och med förtätning i städer samt de många fördelarna som buskar anses ha i termer av hårdighet mot tuffare miljöförutsättningar och ekosystemtjänster, skulle kunna spela en allt större roll (Hirons *et al.* 2023b:573). För att möta de kommande klimatutmaningarna, är det därför av stor vikt att undersöka om de buskarter som anses icke-invasiva kan överleva den torkstress som förväntas förekomma allt mer frekvent och långvarigt.

“While not an exhaustive review of all stresses, heat and drought stress are extremely important in a changing climate...” (Farrell *et al.* 2022:5)

2. Bakgrund

Detta avsnitt presenterar bakgrunden till denna studie, vilken beskriver ett ökat behov av förståelse för hur växter, specifikt buskar, klarar av torkstress och förhåller sig till invasivitet till följd av klimatförändringarnas effekter.

2.1 Klimatförändringar leder till torkstress i urbana miljöer

Enligt Naturvårdsverket förväntas större variation i nederbörd mellan år och decennier än variation i temperatur i Sverige. Även om Sverige periodvis förväntas få högre nederbörd i stora delar av landet, visar forskning att längre perioder av torka och värmeböljor troligtvis kommer att bli aktuellt (Naturvårdsverket 2024). Enligt SMHI (kommer temperaturen öka med ca 1,8-4,8°C till åren 2071-2100 (SMHI 2023). Detta kan jämföras med att södra Sverige förväntas få ett jämförbart klimat med centrala Tyskland vid en grads temperaturhöjning (Naturvårdsverket 2024).

I urbana miljöer, med en stor andel hårdlagda ytor, skapas så kallade *värmeöar*, det vill säga områden med temperaturer över de temperaturer som omger det omgivande landskapsområdet. Detta fenomen uppstår till följd av att de hårdlagda ogenomträngliga ytorna absorberar, lagrar och frigör mer värme under de varma årstiderna (Farrell *et al.* 2022). Detta mikroklimat kan leda till temperaturer på upp till 10°C över det omgivande landskapet (Gustavsson *et al.* 2001:481). Frekventa och extrema väderhändelser med värmeböljor, torka och vattenbrist som följd kommer troligtvis förstärka effekterna av de värmeöar som kan bildas i städer (SMHI 2023). Det tuffare klimatet sätter högre krav på den urbana växtligheten som både behöver klara av mer extrema klimatförhållanden och samtidigt leverera ekosystemtjänster. Hårdlagda ytor ger även begränsningar i växtens rotutbredning, vilket försvårar vattenupptag (Hirons & Sjöman 2019:8).

2.2 Buskars underskattade fördelar

Planering för tåliga växtval blir särskilt viktigt i hänseende till de växter som har lång livslängd, såsom träd och buskar, och därför behöver härda ut under en längre tid. Samtidigt tycks vegetationen i mellanskiktet i form av buskar, häckar och lågbestånd inte ha fått samma uppmärksamhet som träd när det kommer till dess fördelar för exempelvis biologisk mångfald och gröna samband, trots att hälften av investeringar i växter i det offentliga rummet går till låga buskar idag (Hirons *et al.* 2023b:573).

Hirons *et al.* (2023b:573) menar att buskar, jämfört med träd, har potential för ett bredare användningsområde, då buskar i sitt naturliga habitat har en bred

tolerans mot olika typer av klimat och växtförhållanden. Till exempel har buskar har vissa fördelar i jämförelse med träd då ett buskage har råd att förlora ett par stammar, medan enstammiga träd blir mer sårbara för yttre skada eller ogynnsamma väderförhållanden. Hiron *et al.* (2023b:576) framhåller att buskar, till skillnad från träd, har strategin att producera relativt små stammar som kräver låg investering, men som ger större potential till utvecklingen av nya skott och växtdelar än träd med samma vedvolym över mark och därmed mer framgångsrika i krävande miljöer. Vidare minskar den lägre höjden på buskar även risken för bildning av luftbubblor i stammen orsakat av vattenbrist, vilket är en till fördel gentemot träd i torra miljöer (*ibid*).

Trots att det finns en del forskning på hur buskar hanterar utmanande miljöer i sina naturliga habitat, finns det relativt lite vägledning kring hur dessa egenskaper översätts i befintliga och framtida växtförhållanden i urbana miljöer (Hiron *et al.* 2023b:573).

2.3 Torktolerans - en avgörande men svår bedömning för genomtänkta växtval

Det är av stor vikt att investera i strategier som möter de utmaningar som kommande klimat samt hårdgjorda stadsmiljöer medför och samtidigt säkerställa biologisk mångfald. *Trafikverkets växtlista för invasivfria infrastrukturmiljöer* (2022), hädanefter benämnd som *Trafikverkets växtlista* är ett viktigt bidrag till detta. Arterna från denna växtlista är högst relevanta för granskning då Trafikverkets växtlista är utformad som ett sammanfattande långsiktigt och taktiskt styrdokument för dess regionala och nationella prioriteringsarbete (Ekologigruppen AB 2022:4) för att förhindra att invasiva arter sprider sig och har bearbetats av såväl gestaltande landskapsarkitekter samt naturvårdsbiologer. För att denna lista ska vara användbar, bör de arter som anses icke-invasiva även tolerera det tuffa klimat som infrastrukturmiljöer i stadsmiljö medför och kan komma att medföra i framtiden.

Trots att Ekologigruppen (2022:5) uttrycker att det finns en efterfrågan av extra robusta arter i infrastrukturmiljöer i stadsmiljö, vilka oftast består av hårdlagda ytor med en tydlig avgränsning såsom refuger, cirkulationsplatser och stationsmiljöer (*ibid*), saknas information gällande hur väl dessa arter är anpassade för den torkstress som förväntas för den urbana växtligheten. Trafikverkets infrastrukturmiljöer i stadsmiljö kan tänkas bidra till ytterligare utmaningar utöver det tuffare makro- och mikroklimatet, då de hårdlagda ytorna skapar utmaningar för tillgänglighet till vatten, rotsystemen är begränsade till mindre växtbäddar och vattentillgången är beroende av att ytavrinningen planeras så att vattnet når växtbäddarna (Hiron & Sjöman 2019:8).

Riktlinjerna för olika växtarters torktolerans spretar, då tillvägagångssätten till att avgöra torktolerans är en komplicerad uppgift. I de flesta fallen är de riktlinjer som finns att tillgå via till exempel plantskolekataloger, baserat på observationer och erfarenhet (Slagstedt 2024). Vad gäller forskning förekommer bland annat studier som visar att växters prestanda kan härledas från växtattribut eller analys av deras naturliga distribution (Farrell *et al.* 2022). Hiron *et al.* (2023b:573) menar

att växtval anpassade för klimatförändringarna är av stor vikt då torkstress utgör påtagliga begränsande faktorer för växter i urban miljö samtidigt som framtida klimatscenarier förväntas öka på stressen. Vidare menar de att det därför bör vara en grundförutsättning att ha övervägt den mätbara torktoleransen hos genotyper och arter i dessa urbana miljöer.

Sammanfattningsvis är det avgörande för den urbana växtligheten att klara av torkstress, samtidigt som det är komplicerat att bedöma denna egenskap.

3. Syfte

Studien ämnar skapa en djupare kunskap för vilka buskarter som är väl anpassade för det tuffare klimatet som förväntas. Av detta skäl relateras olika aspekter av torktolerans samt olika klassificeringsmetoder på torktolerans, vilket i sin tur belyser komplexiteten i att definiera och bedöma torktolerans. Då användandet av torktoleranta växter inte bör göras på bekostnad av biologisk mångfald, värderas följaktligen torktoleransen hos arterna i förhållande till risken för invasivitet.

3.1 Frågeställningar

I linje med syftet, ämnar studien besvara följande frågeställningar:

- Hur kan torktoleransen hos buskarterna som rekommenderas för stadsmiljöer på Trafikverkets växtlista bedömas genom att jämföra resultaten från olika klassificeringsmetoder?
- Vilka av de buskarter som rekommenderas för stadsmiljöer i Trafikverkets växtlista anses vara torktoleranta respektive torkkänsliga, och på vilket sätt?
- Hur kan torktolerans och risken för invasivitet vägas in i lämplighetsbedömningen för användning av de buskarter som rekommenderas för stadsmiljö i Trafikverkets växtlista?

3.2 Avgränsning

Denna studie fokuserar på torkstress hos buskarter som är en följd av att klimatförändringar leder till temperaturhöjningar, värmeböljor, förändrad nederbörd och evapotranspiration. Övriga stressfaktorer såsom vattenmättnad, ljusbrist och näringsbrist som kan komma till följd av klimatförändringar eller ökad nederbörd, skyfall och översvämning, behandlas inte i denna studie. Vidare avhandlas inte växtzonsförskjutning till följd av temperaturhöjningar i studien.

De arter som analyseras i denna studie är buskarter som anses icke-invasiva och som rekommenderas i stadsmiljö i Trafikverkets växtlista. Övriga växtkategorier (träd, perenner, klättrväxter och lökväxter) och miljöer (landsbygd och utkant av stad/tätort) i Trafikverkets växtlista analyseras inte. Studien avgränsas till infrastrukturmiljöer i stadsmiljö i Sverige, då Trafikverkets ansvarsområden sträcker sig över hela landet.

4. Kunskapsöversikt

Detta avsnitt ger en fördjupad förståelse för de rapporter och den forskning som ligger till grund för denna studie. Detta inkluderar Trafikverkets växtlista samt definitioner och riskklassningar av invasivitet. Vidare beskrivs hur växter svarar på torkstress, olika sätt som detta kan definieras och mätas på samt komplexiteten med torktolerans. Avsnittet belyser även vikten av välutformade växtbäddar i förhållande till torktolerans och invasivitet. Slutligen beskrivs risken av invasivitet i förhållande till klimatförändringar och torktolerans hos växter.

4.1 Trafikverkets växtlista

Växtlistan är indelad efter växtkategorierna träd, buskar, klättrväxter, perenner och lökväxter. Platserna för var växterna rekommenderas användas är indelade efter växtzoner. De är också indelade efter tre övergripande kategorier av infrastrukturmiljö, det vill säga stadsmiljö, utkant av stad/tätort samt landsbygdsmiljö, där varje art rekommenderas för en eller flera av dessa om den anses icke-invasiv.

De rekommenderade växterna på Trafikverkets växtlista har tagits fram för att exempelvis vara extra gynnsamma för pollinerande insekter, detta har gjorts med hjälp av befintliga produktlistor från ett urval av plantskolor och information från offentliga rekommendationer (Ekologigruppen AB 2022:7). Växterna har inkluderats baserat på egenskaper som bidrar till biologisk mångfald samt höjer estetiska värden och inkluderar flera aspekter såsom blomform och -färg, tid för blomning samt om de är gynnsamma för pollinerare. Riskbedömning av invasivitet har baserats på Artdatabankens riskklassning för introducerade arter, där arter som högst uppnått riskklass LO (låg risk) har inkluderats. Av buskarterna är det en art, *Syringa vulgaris*, som har undantagits denna regel, då syren klassas som mycket hög risk (SE) och anses av Artdatabanken vara naturaliserad efter 1800, även om arten förekommit i Sverige långt innan dess (ibid).

4.2 Definitioner av invasivitet

Riskbedömning av invasivitet hos arterna i Trafikverkets växtlista har baserats på SLU Artdatabankens riskklassning för introducerade arter (Ekologigruppen AB 2022:7). Invasiva arter definieras som främmande arter som införts av människan och kraftigt försämrar miljön för inhemska arter. Främmande arter som introducerats i landet och som var etablerade i det vilda före år 1800 räknas som inhemska (Strand *et al.* 2018:4).

Riskklassningen består av en lista över främmande arter med invasivitetspotential och som uppskattas ha stora ekologiska effekter (Strand *et al.* 2018). Vidare beskriver Strand *et al.* (2018) för att kunna göra en uppskattning av invasivitetspotentialen, används rankingar som visas i tabell 1. Målet är en

omfattande lista över främmande arter i Sverige eller i Sveriges närområde. Vid framställningen av listan användes en kombination av modeller av framtidens klimat cirka 50 år fram i tiden.

Tabell 1. visar märkningar för riskklassificering över främmande arter med invasivitetspotential (Strand, M. et al. 2018).

Märkning	Definition
NK	No known impact – arter som inte sprider sig och som inte har någon känd ekologisk effekt.
LO	Low impact – arter utan vare sig betydande invasionspotential eller betydande ekologisk effekt.
PH	Potentially high impact – arter som har hög effekt i kombination med låg invasionspotential, alternativt arter med hög invasionspotential men utan känd ekologisk effekt.
HI	High impact – arter som har en begränsad/måttlig spridningsförmåga i kombination med åtminstone måttlig ekologisk effekt, alternativt arter med begränsad ekologisk effekt men hög invasionspotential.
SE	Severe impact – arter med stor eller potentiellt stor ekologisk effekt som har potential att etablera sig över stora områden.

4.3 Växters vattenbehov

Enligt Ericsson (2021:16) innehåller växter generellt 30-90% vatten, beroende på växtslag och vilka växtdelar man tittar på. Ericsson (ibid) beskriver vidare att vatten är avgörande för att fotosyntesen ska fortgå, då det ger stadga till blad och stammar med hjälp av att öka celltrycket och gör att mineraler och socker kan nå olika växtdelar. Vatten hjälper även till att kyla bladen under varma sommardagar, då det avges energi vid vattenavgång och värme förs bort från bladen under transpiration. Växternas tillväxtpunkter består dessutom till största delen av vatten. Den tillväxtfaktor som har satt tydligast spår på växternas artspecifika yttre byggnad är vatten.

Vattenbehovet skiljer sig åt mellan olika arter beroende på vilken ståndort som arten är anpassad för. Det är flera yttre faktorer som påverkar växtens vattenförbrukning: ljus, lufttemperatur, luftfuktighet, vind, vattenhalten i marken samt koldioxidhalten i luften är avgörande komponenter (ibid). Växten sätts därför alltid i relation till sin ståndort och dess klimat och mikroklimat.

4.4 Växters svar på torkstress

Olika överlevnadsstrategier, evolutionär progress och artificiell utveckling har gjort att växter svarar på torkstress på olika sätt.

4.4.1 Överlevnadsstrategier mot torkstress

Vid kronisk vattenbrist som uppstår vid regelbunden kortvarig torka tar växten i första hand till *undvikande strategier* (Hirons *et al.* 2023a), där växten gör investeringar i att undvika torkstress genom att maximera tillgången av vatten eller hushållningen av vattenresurser så de räcker längre. Exempel på en *vedrelaterad* strategi för att maximera vattentillgång, är investeringar i rottillväxt på skottens bekostnad för att utveckla ett effektivt vattenupptagningsområde (Hirons *et al.* 2023a).

När rötterna inte kan förse växten med vatten längre eller under väldigt varma väderförhållanden, prioriterar växten att minimera vattenförluster, blir vattenförlustreducerande strategier viktiga (Hirons *et al.* 2023a). Exempel på detta är *bladrelaterade* strategier såsom stängning av bladens klyvöppningar samt investeringar i morfologiska attribut såsom behåring och/eller skyddande lager kutikula på blad och barr. Att producera mindre, smalare blad eller att tappa blad, för att investera i återväxt av blad, är ytterligare ett exempel morfologiska attribut kopplade till en bladrelaterad undvikande strategi. Dock är detta en dyr investering, och sker det om och om igen, så finns det inte mycket över till tillväxt och växterna blir mer mottagliga för skada. De dör inte, men de når inte sin fulla potential (Hirons *et al.* 2023a:3). Växten blir mer kompakt, bladen mindre och tjockare (Ericsson 2021:36-37).

Vid akut torkstress som uppstår vid långvarig torka, kan vattenförlusterna från bladen inte längre kompenseras av rötternas vattenupptag och vattentrycket i växtcellerna minskar. Växten börjar då sloka och bladens vävnad torkar (Ericsson 2021:40) De undvikande strategierna räcker inte längre, utan växten får ta till *tolererande* strategier. Vid det här laget blir det upp till cellstrukturen i blad- och veddelar att hantera torkstressen. Dessa tolererande strategier innebär en förmåga att hantera torkstress innan växten får permanenta skador i form av intorkade blad, grenar eller att växten dör (Hirons *et al.* 2023a).

Tabell 2 visar exempel på hur olika uttryck av de olika strategierna relaterar till varandra.

Tabell 2. (Egen) Tabellen visar på hur bladrelaterade och vedrelaterade strategier kan vara undvikande eller tolererande samt exempel på hur dessa strategier yttrar sig (Bartlett *et al.* 2016, Ericsson 2021, Hirons *et al.* 2023a).

Strategi	Undvikande	Tolererande
Bladrelaterad	<ul style="list-style-type: none">- Blad som är små, smala, silverfärgade, behårade, läderartade, lagrar vatten- Tappa blad- Stängning av klyvöppningar	CP0 i blad
Vedrelaterad	Rotspridning	CP0 i stam och rötter

4.4.2 Evolutionär och artificiell utveckling mot torkstress

Ståndorten och därmed torktoleransen kan variera inom en art och mellan olika sorter och kultivarer. När det inom en art, som är anpassad för en viss miljö, förekommer en ärftlig specialiserad variant kallas denna för *ekotyp*. Detta är en typ av mikroevolution där arter är mer eller mindre anpassade till ett visst klimat

(Hedblom 2023). Denna anpassning kan antingen ske *genotypiskt*, det vill säga där den ärftliga arvsmassan för anpassningen förs vidare via naturlig selektion (ibid). Det kan även ske genom *fenotypisk plasticitet*, det vill säga där en viss genotyp får olika *fenotyper*, eller uttryck, anpassade efter miljöförutsättningar (ibid). Inom en art kan det därför finnas en genetisk variation i torktolerans beroende på dess naturliga habitat. Till exempel kan den rena arten *Spiraea japonica* ha en genetisk variation i torktolerans beroende på var det specifika exemplaret vuxit ursprungligen (Hirons *et al.* 2023b)

En art kan också vara förädlad på plantskola för att ha en viss egenskap och vara anpassad för en viss miljö. Dessa är kultivarer och har ett sortnamn som står inom " " efter artnamnet. Till exempel har *Spiraea japonica* flera kultivarer, såsom 'Little Princess', som har olika egenskaper kopplad till framför allt estetiska värden, oftast på bekostnad av torktoleransen (Hirons *et al.* 2023b).

4.5 Komplexiteten i att definiera och mäta torktolerans

Att definiera torktolerans hos växter är komplext. En växt skulle kunna definieras som torktolerant genom att den har en bra återhämtningsförmåga efter exempelvis en långvarig torcka, men detta kan bekostas med större risker för svampangrepp eller skadedjur (Ericsson 2021). En art kan exempelvis anses vara torktolerant efter etablering, men inte under etablering beroende på hur stor rotutbredningen har hunnit bli (Rovelstad, 2024).

De huvudsakliga aspekterna som legat till grund för rankningar av torktolerans är livscykelstrategier, morfologiska attribut, fysiologisk tolerans, samt den estimerade vattentillgången på artens växtplats (Niinemets & Valladares 2006:528). I och med de många aspekterna, är mätning och klassificering komplicerat. Att stödja sig mot befintlig litteratur om torktolerans och informationen från plantskolorna för att göra dessa bedömningar anses inte vara tillräckligt vetenskapligt då de framför allt baserar sin information på praktisk erfarenhet. Vetenskapliga laboriestudier fokuserar emellertid bara på en aspekt av torktolerans och kan generera motstridiga resultat från praktisk erfarenhet (Slagstedt 2024).

4.5.1 Laboriestudier på fysiologisk tolerans - CP0 och andra indikatorer

Växters förmåga att tolerera torkstress fysiologiskt avgörs av flera egenskaper, såsom stängning av klyvöppningar, konduktivitet respektive *turgortryck* vid *turgor loss point* i blad, stam och rötter. Turgortryck vid turgor loss point, hädanefter benämnt som *CP0*, är det negativa vätsketryck som cellerna i har innan växtdelar tar avsevärd skada eller dör, och kan användas som indikator för växtens torktolerans (Hirons *et al.* 2023a) I en studie påvisar Bartlett *et al.* (2016) korrelationen mellan växtöd, *CP0* och konduktivitet i blad och stam, där egenskaper kopplat till klyvöppningar och rötter anses vara starkast kopplat till miljömässig torkstress. Bartlett *et al.* (2016) observerar emellertid en direkt korrelation mellan bladens *CP0* och växtöd, vilket visar på att bladens *CP0* kan

vara att god indikation på växters förmåga att klara torkstress (Hirons *et al.* 2023b:573, Zhu *et al.* 2018:658).

Hirons *et al.* (2023b:573) menar att CP0 i bladen är en nyckelegenskap för bedömningen av torktoleransen hos olika buskarter och att CP0 representerar ett mätbart mått på graden av en arts fysiologiska torktolerans och känslighet. Utifrån en förståelse för olika arters CP0, kan en jämförelse mellan arterna ske för att ge en indikation på hur väl de tolererar torka i relation till varandra (*ibid.*).

4.5.2 Metastudie på estimerad vattentillgång och fysiologisk tolerans

Beroende på växtförhållanden med olika klimat och mikroklimat uppstår olika evapotranspiration och därför bör växtens torktolerans alltid ställas i relation till dess klimatförutsättningar (Niinemets & Valladares 2006a). I Niinemets och Valladares (2006a) metaanalys, mäts detta statistiskt genom att estimerar vattentillgången på arters mest frekventa växtplats och förhålla dessa estimerat till arternas fysiologiska tolerans på torkstress.

En indikation på arternas torktolerans i förhållande till dess platsförutsättningar uppnås genom att uppskatta ett antal parametrar som arten kan överleva med mindre än 50% skada eller tillbakadragande av bladmassa (Niinemets & Valladares 2006a). Dessa parametrar beskriver Niinemets och Valladares (2006a) är platsens årliga nederbörd och, distributionen av nederbördsfördelning, det vill säga sannolikheten för att nederbörd ska inträffa inom ett specifikt område under en viss tidsram. Vidare estimeras förhållandet mellan nederbörd och potentiell *evapotranspiration*, det vill säga mängden vatten som går förlorad genom avdunstning från marken och transpiration från växter. Dessutom uppskattas *jordmarkvattenpotential*, det vill säga potentiell energi per enhet vatten i förhållande till en referenspunkt. Sist men inte minst mäts längden på torrperioden som arterna kan överleva.

4.5.3 Praktisk erfarenhet och observationer - Planter klassificering

Den befintliga litteraturen om torktolerans och informationen från plantskolorna baserar sig för det mesta på observationer och praktisk erfarenhet. Planter är en plattform som samlar växtinformation och beskrivs som ett "projektverktyg" där det går att hitta "växter för svenska utemiljöer samlade på ett ställe" (Planter 2024a). Enligt korrespondens med Planter bygger deras klassificeringssystem för torktålighet på litteraturstudier, information från plantskolor och andra webbsidor de anser vara tillförlitliga, baserad på bedömningen hos Planter's hortonom (Planter 2024b). I nuläget tittar Planter inte på CP0 då de anser att det fortfarande finns för få värden att tillgå. Vid kontakt med Stångby plantskola, som är en av Planter's informationskällor, meddelar de att de har börjat titta på de värden som finns att tillgå gällande CP0, men att deras analys ofta är en kombination av litteraturstudier, observationer och praktisk erfarenhet (Rovelstad, 2024).

4.5.4 Ståndortens betydelse för genetisk variation

Växtens naturliga växtplats kan vara en bra utgångspunkt för att avgöra olika arters torktolerans, och den genetiska variationen som kan förekomma inom arten (Hirons *et al.* 2023a). Genom att undersöka den naturliga ståndorten, fås en förståelse för evolutionens inverkan och selektering för hur arters egenskaper har anpassat sig efter platsförutsättningarna på sin specifika naturliga växtplats. Ekotyper med olika egenskaper och tolerans för olika stressfaktorer kan ha utvecklats inom samma art, om individerna växt på olika platser (*ibid.*).

Dagens plantskolor använder sig till stora delar av modifierade plantor där information om dess naturliga ståndort ofta har gått förlorad (Hirons *et al.* 2023a). Det är inte alltid möjligt att härleda en arts naturliga habitus då det även förekommer flera olika kultursorter, därför kan det vara bra att antaganden om torktolerans även kan göras med hjälp av observation av artens fenotyp (Hirons *et al.* 2023a). Vissa fysiologiska och morfologiska egenskaper är mer fördelaktiga för växter i relation till att klara av torra förhållanden. För sorter är det större chans att växtplatsen är känd, medan för arter är denna information mer osäker (*ibid.*).

4.6 Vikten av väl utformade växtbäddar

En växtarts torktolerans och risk för invasivitet förhåller sig till förutsättningarna där den växer och den genetiska variationen inom arten.

4.6.1 Växtbäddsförutsättningar

Väl utformade växtbäddar är avgörande för hur väl buskarterna kommer att tolerera torkstress. Detta gäller både för standardiseringsmodeller samt mer platsspecifika utformningar där växtbädden planeras i kombination av val av arter (Rovelstad 2024). Då klimatrapporterna inte kan förutsäga hur klimatet kommer förändras och förändringen är i rörelse bör växtbäddarna skapa de bästa förutsättningarna för att växter ska klara skiftningar i klimatet (*ibid.*). Rymliga växtbäddar med en bra ytavrinning och ett stort vattenmagasin i botten skapar förutsättningar för att buskarterna kan skapa djupare rotsystem och klara längre perioder av torka (*ibid.*). Vissa arter och släkten skyddar sig mot torka genom att ha extra djupa rotsystem exempelvis *Sobaria* samt *Symphoricarpos*, men alla arter kan ges bättre förutsättningar för ett djupare rotsystem vid rätt växtbäddsförhållanden samt rätt förutsättningar vid etablering samt förvaltning (*ibid.*).

4.6.2 Rätt art på rätt plats

Det råder dock olika miljöförutsättningar i olika infrastrukturmiljöer där växtbäddarna kommer skapa mer eller mindre möjlighet för rotutrymme. I dessa fall är det extra viktigt att ha förståelse för vilka arter och sorter som klarar dessa svårare förhållanden.

Det är också av stor vikt att ha en mångfald vid val av arter som har så stor genetisk variation som möjligt (Hirons *et al.* 2023a). Arter med högre genetisk variation har bättre anpassningsförmåga för olika miljöförutsättningar, vilket gör dessa mer resistent mot störningar såsom sjukdomar och klimatförändringar

(Bahram 2023). Då ekotyper utvecklar unika egenskaper över lång tid av evolution som svarar olika på olika stressförhållanden är det viktigt att ta reda på mer om dessa olika arters specifika egenskaper och genotyper för att på bästa sätt välja rätt art till rätt ståndort (Hirons *et al.* 2023a).

4.7 Invasivitet i förhållande till klimatförändringar

De rådande och snabbt framskridna klimatförändringarna kommer troligtvis ha stor påverkan på och konsekvenser för biologisk mångfald, då arter får kort tid på sig att anpassa sig till dess nya miljöer (Bowman 2017:12). Landskapen blir dessutom alltmer fragmenterade genom mänsklig påverkan vilket skapar hinder för att arter ska kunna sprida sig till nya områden, vilket ökar risken för utrotning av vissa arter (Hedblom 2023).

De nya klimatförhållandena kan skapa nya levnadsförhållanden som invasiva arter är bättre anpassade för och därför har lättare att etablera sig och konkurrera ut inhemska arter. Vissa arter är mer specialiserade på en viss typ av tolerans och kan därför bli mer sårbara för konkurrens från invasiva arter (Bowman 2017:428) Andra mer sällsynta arter kan istället bli sårbara för utrotning då en invasiv art kan komma att sprida sig snabbt och konkurrera ut en lokalt begränsad artpopulation (Bowman 2017:528) Många invasiva arter anpassar sig bättre till klimatfluktuationer och gör det svårare för inhemska arter att överleva (LaForgia *et al.* 2020).

Invasivitet hänger även ihop med växtens spridningsätt (Ekologigruppen AB 2022:7). Om växten sprider sig via ovan- eller underjordiska utlöpare och rotskott och har utvecklat en strategi för att utveckla ett stort rotsystem för att hantera torkstress, kan den bli invasiv om rotsystemet får växa obegränsat (Rovelstad 2024). I hårdlagda miljöer där rotsystemens spridning begränsas är risken för invasivitet mindre (Rovelstad 2024). En art kan även föröka sig via fröspridning via vind eller fåglar. Om dessa arter är rikt frösättande och sprider sig lätt och obehindrat, finns även risk för att dessa blir invasiva.

Invasiva arter trivs generellt bra i mycket ljusa förhållanden och miljöer med mycket störning (Niinemets & Valladares 2008), och anses ha hög fenotypisk plasticitet för just fuktnivå i jord (Wang *et al.* 2021). Växten anpassar då fysiologiska och morfologiska egenskaper som är mer fördelaktiga för växter i relation till att klara av torra förhållanden. Vid extrem torka finns det därför en förhöjd risk för att invasiva arter sprider sig och konkurrerar ut inhemska arter (Ekologigruppen AB 2022:7). Detta leder till minskad artrikedom (Bowman 2017:156)

Hög artrikedom är en förutsättning för stabila ekosystem. Invasivitet leder därmed till mer instabila ekosystem, då utrotning av viktiga nyckelarter skapar mindre motståndskraftiga system med sämre förmåga att återhämta sig efter påverkan (Hedblom 2023). Det kan även leda till kaskadeffekter där en invasiv art kan ha stor negativ påverkan på många arter genom hela ekosystemet (Bowman 2017:366). Då hög biodiversitet är en förutsättning för stabila ekosystem är det av extra vikt att de rådande ekosystemen skyddas och stärks (Boverket 2023).

Det är därför av stor vikt att implementera strategier för att skydda och bevara stabiliteten i befintliga ekosystem. En sådan är att använda inhemska arter (Hedblom 2023). Genom att använda inhemska arter ökar möjligheten för bevarandet av en så hög biologisk mångfald som möjligt vilket i sig skapar grunden för alla ekosystemtjänster som dessa tillför (ibid). Forskning visar bland annat att det förekommer två till tre gånger fler ryggradslösa djur på inhemska arter än på icke inhemska (ibid). Vid ett förändrat klimat ökar risken för nya skadeorganismer och svampangrepp (Naturvårdsverket 2024). Det öppnar också upp för att nya arter tränger undan befintliga inhemska arter (Hedblom 2023).

5. Material och Metod

Detta avsnitt gör en kortfattad presentation av materialet som har använts som underlag för denna studie samt metoden för hur detta material har syntetiserats och jämförts för att bedöma. Avsnittet beskriver även hur detta material har samlats in och motiverar den valda metoden och materialet.

5.1 Material

Trafikverkets växtlista har använts som underlag för urvalet av arter, där de buskarter som var rekommenderade för stadsmiljö valdes ut. För att avgöra torktoleransen hos arterna för denna studie, har tre klassificeringsmetoder använts för bedömning av torktoleransen: huruvida arten har klassificeringen *torktålig* i växtdatabasen Planter, växtbladens CP0, samt Niinemets och Valladares (2006) femgradiga skala på torktolerans.

5.1.1 Insamling av källor för torktolerans hos buskarter

Projektverktyget Planter hade använts av textförfattarna tidigare och därför fanns vetenskapen om verktygets funktioner. Vidare gjordes sökningar på "*shrub* AND drought OR drought tolerance*" i de vetenskapliga databaserna *Scopus* och *Web of Science*, vilket visade på att det finns få systematiska sammanställningar på buskar i förhållande till dess torktolerans, samt att det finns många skilda sätt att definiera och mäta torktolerans. Efter databassökningarna samt intervju med Sanna Ignell, doktorand inom landskapsarkitektur vid SLU (2024), identifierades två större vetenskapliga studier på torktolerans, skrivna av Hiron *et al.* (2023a) och Niinemets och Valladares (2006b), hos en stor del av de buskarter som fanns på Trafikverkets växtlista.

5.1.2 CP0 i växtbladen

För att identifiera CP0 i växtbladen, användes den vetenskapliga publikationen *Selection of Shrubs for Urban Environments—An Evaluation of Drought Tolerance of 120 Species and Cultivars* (2023b), skriven av Hiron *et al.* Hiron *et al.* (2023b:573) menar att CP0 i bladen är en nyckelegenskap för bedömningen av torktoleransen hos olika buskarter och sammanställer CP0 hos 44 släkten samt 120 arter och kultivarer av buskar. För de arter som inte fanns i denna publikation, gjordes en sökning i vetenskapliga databaserna *Scopus* och *Web of Science*, på varje art med sökningen "'artnamn' AND turgor loss point OR zero turgor point".

Buskarterna på Trafikverkets växtlista matchades mot de buskarter som hade uppmätt CP0-värde i växtbladen. Dessa arter klassificerades enligt den tregradiga skala på torktolerans som beskrivs av Hiron *et al.* (2023a) och som baseras på tröskelvärden på CP0 utifrån ett rådande svenskt klimat, där ett mer negativt turgortryck än -3MPa anses torktolerant; turgortryck mellan -2,5 och -3 MPa anses

måttligt torktolerant; turgortryck på mer positivt än -2,5 MPa anses torkkänsliga (Hirons *et al.* 2023a).

5.1.3 Niinemets & Valladares femgradiga skala

För att identifiera buskarters torktolerans baserat på platsförutsättningar, användes metastudien *Tolerance to Shade, Drought, and Waterlogging of Temperate Northern Hemisphere Trees and Shrubs* (2006a), utförd av Niinemets och Valladares. I artikelns appendix (Niinemets & Valladares 2006b) rankas torktoleransen hos 806 vedartade buskar och träd på flera parametrar baserat på växtplatsens förutsättningar och artens förmåga att överleva med mindre än 50% skada eller tillbakadragande av bladmassa.

Buskarterna på Trafikverkets växtlista matchades mot de buskarter som fanns med i Niinemets och Valladares studie, och torktoleransen identifierades enligt den femgradiga skala som presenteras i artikeln: 1, mycket intolerant; 2, intolerant; 3, måttligt tolerant; 4, tolerant; 5, mycket tolerant, hädanefter benämnt som *N&V-rank*.

5.1.4 Planter och torktålighet

På Planter klassificeras arter efter olika parametrar såsom ståndort, utseende och speciell tålighet. Under speciell tålighet finns underkategorin torktålig. För denna studie gjordes en sökning i Planter på varje buskart för sig, för att avgöra om den klassificerades enligt parametern torktålig. Denna klassificering benämns hädanefter som *P-klass*.

5.2 Metod för bedömning av torktolerans

Ovan beskrivna klassificeringsmetoder på torktolerans jämfördes och syntetiserades för att kunna göra en sammanvägd bedömning på torktolerans hos buskarterna på Trafikverkets växtlista. Nedan beskrivs hur detta gjordes.

5.2.1 Syntes av klassificeringsmetoder

En binär skala, liknande Planters, ansågs tvinga arter in i en alltför förenklad klassificering, medan en femgradig skala, liknande N&V-rank, ansågs vara för detaljerad för denna studie. Därmed gjordes en tregradig kombinerad skala baserad på tröskelvärdena för P-klass, CP0 samt N&V-rank. I tabell 3 presenteras hur denna tregradiga skala med kategorierna *torktolerant*, *måttligt torktolerant* och *torkkänslig*, förhåller sig till de övriga klassificeringsmetoderna.

Tabell 3. (Egen) Den tregradiga kombinerade skalan på torktolerans som används i denna studie för att analysera buskarterna, utgår från tröskelvärden för CP0, N&V-rank och huruvida arten har P-klass Torktålig eller Ej torktålig (Planter 2024a, Hirons et al. 2023a, Niinemets & Valladares 2006b).

Kombinerad skala	P-klass	CP0	N&V-rank
Torktolerant	Torktålig	< -3 MPa	Torktolerant till mycket torktolerant (4-5)
Måttligt torktolerant	-	-2,5 > -3 MPa	Måttligt torktolerant (3)
Torkkänslig	Ej torktålig	> -2,5 MPa	Mycket torkkänslig till torkkänslig (1-2)

Beroende på vilken klassificering buskarterna erhöll, kunde även resonemang kring platsförutsättningar som arten överlever torkstress föras enligt tabell 4. Informationen i denna tabell utgår från platsförutsättningarna som beskrivs i Niinemets och Valladares (2006a) metastudie.

Tabell 4. (Egen) Den kombinerade skalan matchades med information om platsförutsättningarna för buskarternas överlevnad vid torkstress med mindre än 50% skada eller tillbakadragande av bladmassa (Niinemets och Valladares 2006a).

Kombinerad skala	Årlig nederbörd (mm)	Nederbördsfördelning	PET (Nederbörd: potentiell evapotranspiration)	Jordvattenpotential (MPa)	Period utan vatten
Torkkänslig	> 500	< 10%	> 1,5:3	> -0,8	Några dagar till några veckor
Måttligt torktolerant	400-500	10-15%	0,8 - 1,5	-0,8 > - 1,5	Upp till en månad
Torktolerant	< 400	> 20 %	< 0,5:0,8	< -1,5	2-3 månader till över 3 månader

5.2.2 Bedömning av torktolerans

Samtliga fynd på P-klass, CP0, och N&V-rank hos buskarterna sorterades och bearbetades. I tabellerna 5-8 visas exempel på hur bedömningar gjorts baserat på värden från de olika klassificeringsmetoderna. För att synliggöra mönster och visualisera resultatet tydligare, färgkodades de olika klassificeringarna torktolerant (grön), måttligt torktolerant (orange) och torkkänslig (röd).

Om två eller tre klassificeringsmetoder bekräftade en och samma klassificering av torktolerans ansågs arten ha den torktoleransen på skalan, exemplifierat i tabell 5.

Tabell 5. (Egen) Exempel på den säkraste bedömningen av torktolerans som baserades på att två av tre klassificeringsmetoder bekräftade en specifik klassificering.

Vetenskapligt namn	P-klass	CP0 (-MPa)	N&V-rank	Kombinerad skala
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Ja	-	4,47	Torktolerant
<i>Lonicera xylosteum</i>	Ja	2,6	3,04	Måttligt torktolerant
<i>Hydrangea paniculata</i>	Nej	2,16	3	Torkkänslig

Om det endast fanns två källor och de uppgav uppgifter om att arten var torktolerant/torkkänslig respektive måttlig torktolerant, ansågs den vara måttligt torktolerant, exemplifierat i tabell 6. Då P-klass klassificerar arterna binärt som torktålig eller ej, kan denna klassificeringsmetod inte indikera måttlig torktolerans. Därför har N&V-rank respektive CP0 fått en vågmästarroll i de fall där arter har ett värde för P-klass och ett värde för N&V-rank respektive CP0 som indikerar om en art är måttligt torktolerant respektive torkkänslig.

Tabell 6. (Egen) Exempel på när klassificeringen måttligt torktolerant enligt CP0 respektive N&V-rank fick en vågmästarroll.

Vetenskapligt namn	P-klass	CP0 (-MPa)	N&V-rank	Kombinerad skala
<i>Rosa majalis</i>	Ja	-	3,04	Måttligt torktolerant
<i>Philadelphus lemoinei 'Mont Blanc'</i>	Nej	2,64	-	Måttligt torktolerant

Om det endast fanns två källor och de uppgav motstridiga uppgifter, det vill säga att arten var torktolerant respektive torkkänslig, eller om tre källor uppgav olika information om torktolerans, ansågs det inte gå att bedöma artens torktolerans. Detta exemplifieras i tabell 7.

Tabell 7. (Egen) Exempel på när bedömningen av torktolerans ej gick att göra på grund av motstridig data.

Vetenskapligt namn	P-klass	CP0 (-MPa)	N&V-rank	Kombinerad skala
<i>Salix purpurea</i>	Ja	-	1,37	Går ej att klassas
<i>Ribes alpinum</i>	Ja	2,45	3,04	Går ej att klassas

Om det fanns en källa eller färre, ansågs det finnas otillräcklig data för att bedöma artens torktolerans, exemplifierat i tabell 8.

Tabell 8. (Egen) Exempel på när bedömningen av torktolerans ej gick att göra på grund av otillräcklig data.

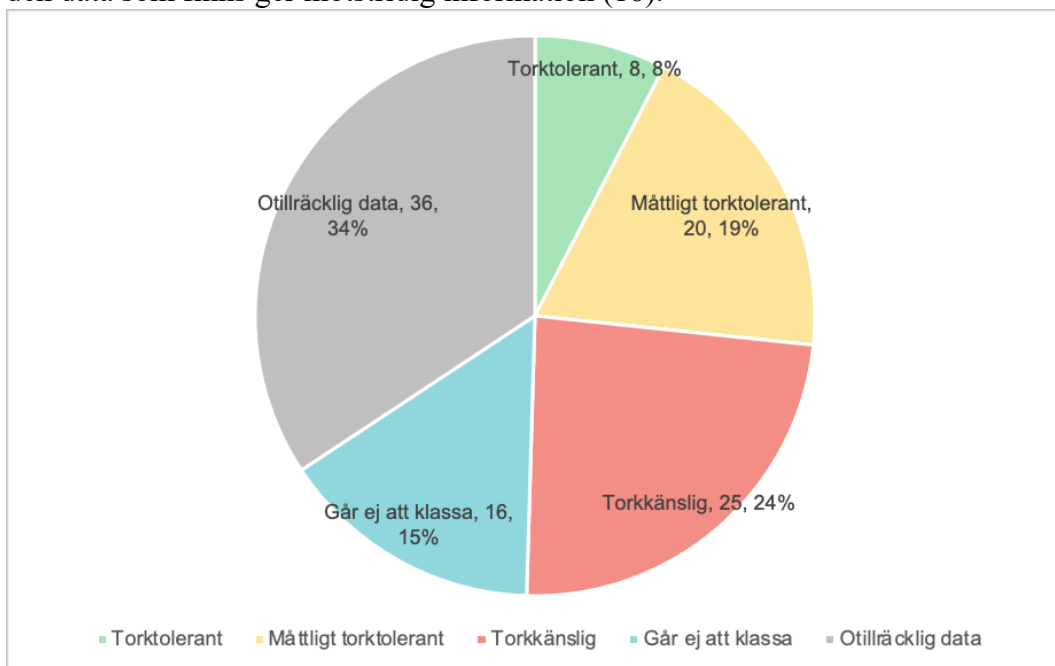
Vetenskapligt namn	P-klass	CP0 (-MPa)	N&V-rank	Kombinerad skala
<i>Ribes rubrum</i>	-	-	-	Otillräcklig data
<i>Salix phylicifolia</i>	-	-	0,53	Otillräcklig data

6. Resultat & Analys

Detta avsnitt ämnar besvara studiens frågeställningar. Detta görs genom att resultaten på torktolerans hos de olika buskarterna som erhållits genom de olika klassificeringsmetoderna, jämförs och värderas enligt studiens kombinerade skala. Detta relateras till olika aspekter av torktolerans som skalan implicerar samt till risken för invasivitet.

6.1 Översikt

Figur 1 visar fördelningen av de 105 icke-invasiva buskarter som rekommenderas i stadsmiljö. Av dessa gick det att göra en bedömning på torktoleransen hos 53 arterna på Trafikverkets växtlista, där åtta arter anses torktoleranta; 20 arter anses måttligt torktoleranta; 25 arter anses torkkänsliga. 52 av arterna på växtlistan anses inte gå att göra en bedömning på då det antingen finns otillräcklig data (36) eller att den data som finns ger motstridig information (16).



Figur 1. (Egen) Diagrammet visar fördelningen de 105 arterna med 5 utfall: torktolerant (8%), måttligt torktolerant (19%), torkkänslig (24%), går ej att klassificera (34%) samt otillräcklig data (15%).

6.2 Torktoleranta buskarter

Åtta arter anses torktoleranta då de uppfyller kriteriet för torktolerans i minst två av de tre klassificeringsmetoderna. Dessa sammanställs i tabell 9.

6.2.1 Bedömning av torktolerans

De åtta torktoleranta arterna består dels av de arter där två källor bekräftar klassificeringen torktolerans, det vill säga P-klass som visar på torktålighet, CP0-värde på < -3 MPa och/eller en N&V-rank som visar på måttlig torktolerans. De består även av de arter som visar på P-klass som visar på torktålighet och N&V-rank på > 3.

Tabell 9. (Egen) visar de åtta arter som klassificeras som torktoleranta buskar. Tabellen visar de tjugofem arter som jämförelsestudien klassificerar som torkkänsliga (Planter 2024a, Hirons et al. 2023b, Niinemets & Valladares 2006b).

Vetenskapligt namn	Eventuell riskklass	P-klass	CP0 (-MPa)	N&V-rank
<i>Crataegus monogyna</i>	Inhemsk art	Ja	3,19	3,46
<i>Chaenomeles japonica</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	3,21	-
<i>Cotinus coggygria</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	3,5	3,74
<i>Cornus mas</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	3,67	3,17
<i>Elaeagnus angustifolia</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	-	4,47
<i>Rosa rubiginosa</i>	Inhemsk art	Ja	-	4,5
<i>Juniperus communis</i>	Inhemsk art	Ja	-	4,41
<i>Pinus sylvestris</i> 'Watereri'	Kultivar av inhemsk art	Ja	-	4,34

Fyra av dessa (*Crataegus monogyna*, *Chaenomeles japonica*, *Cotinus coggygria*, *Cornus mas*) anses torktåliga enligt P-klass och har ett CP0-värde på < -3MPa. Detta innebär att dessa arter kan stå en längre tid utan vatten innan cellstrukturen i bladen kollapsar (Hirons et al. 2023b:7). Tre av dessa arter (*Crataegus monogyna*, *Chaenomeles japonica*, *Cornus mas*) har en N&V-rank som indikerar måttlig torktolerans, men dessa bedöms ändå vara torktoleranta, då två av tre källor anger denna klassificering.

Fyra arter (*Elaeagnus angustifolia*, *Rosa rubiginosa*, *Juniperus communis* och *Pinus sylvestris* 'Watereri') visar på torktålighet enligt P-klass och anses torktoleranta enligt N&V-rank, men saknar värden på CP0. Detta innebär att det inte går att avgöra hur länge cellstrukturen i bladen klarar av torkstress innan den börjar kollapsa. Dock går det att bedöma att dessa arter överlever med mindre än 50% skada eller tillbakadragande av bladmassan, på platser där det förekommer en relativt liten årlig nederbörd (< 400 mm) med en nederbördsfördelning som är relativt stor (> 20%) och potentialen till evapotranspirationen i förhållande till nederbörd är relativt liten (PET: < 0,5:0,8) (Niinemets & Valladares 2006a:528). Det innebär även att arterna kan stå i över tre månader utan vatten där jordvattenpotentialen är < -1,5 MPa (ibid).

Arternas bladmorfologi med små vaxartade eller läderartade blad eller barr, visar på en anpassning till torrare lägen och bladrelaterad undvikande strategier mot torkstress för att minska vattenförlusterna (Ericsson 2021:36). Vidare har de arter som har ett CP0-värde på < -3MPa utvecklat en tolererande bladrelaterad strategi för att överleva långvarigare torkstress där cellstrukturen i bladen ger växten förmågan att hantera torkstress innan växten får permanenta skador i form av intorkade blad (Hirons et al. 2023:5).

6.2.2 Lämplighetsbedömning för användning

Dessa åtta torktoleranta arter anses enligt jämförelsestudiens skala lämpliga att använda i infrastrukturmiljö i stadsmiljö med hårdlagda ytor för att klara långvarigare torka, där det finns begränsat med utrymme för rotsystemen att breda ut sig och där vatten har svårt att tränga igenom ytan till rötterna. Av de torktoleranta arterna är fyra inhemska arter (*Crataegus monogyna*, *Rosa rubiginosa*, *Juniperus communis* och *Pinus sylvestris* 'Watereri') (Ekologigruppen AB 2022). Dessa kan med fördel användas för att säkerställa en invasivfri miljö. Dessa arter klarar mindre gynnsamma växtbäddar, men de får bäst förutsättningar med större utrymme med möjlighet för rötterna att sprida ut sig.

De icke-inhemska arterna (*Chaenomeles japonica*, *Cornus mas*, *Cotinus coggygria*, *Elaeagnus angustifolia*) (ibid), där riskanalys saknas, bör användas med försiktighet. Även om de sannolikt ej är invasiva, finns en osäkerhet i hur dessa arter anpassar sig vid mer extremt torra förhållanden. Det finns en sannolikhet att de har en anpassningsförmåga för fuktförhållanden (Wang *et al.* 2021), och därmed kan bli invasiva och konkurrera ut inhemska arter som har sämre anpassningsförmåga (La Forgia *et al.* 2020:). De icke-inhemska torktoleranta arterna kan med fördel användas i kombination med inhemska torktoleranta arter för att skapa hög artdiversitet och för att minska risken för att någon art konkurrerar ut den andra.

Sju av dessa är rena arter och det finns en sannolikhet att dessa är ekotyper som anpassat tolerans för torkstress utifrån sin naturliga ståndort med torra förhållanden, och har därmed en genetisk variation för anpassningsförmåga för fuktförhållanden. Detta skulle i så fall göra dem lämpliga att använda då de har kvar sin anpassningsförmåga för varierande miljöförhållanden, vilket är relevant för oförutsägbara och extrema skiftningar i klimat. En av dessa arter är en sort (*Pinus sylvestris* 'Watereri') och har förmodligen ärvt sin torktolerans från den rena arten *Pinus sylvestris*.

6.3 Måttligt torktoleranta arter

20 arter anses vara måttligt torktoleranta. Dessa sammanställs i tabell 10.

6.3.1 Bedömning av torktolerans

De 20 måttligt torktoleranta arterna består dels av de arter där två källor bekräftar klassificeringen måttlig torktolerans, det vill säga CP0-värde på $-2,5 > -3$ MPa eller N&V-rank på 3, samt P-klass som visar på torktålighet eller torkkänslighet. De består även av de arter där en källa indikerat måttlig torktolerans, samt en P-klass som visat på torktålighet eller torkkänslighet.

Tabell 10. (Egen) Tabellen visar de tjugo arter som klassificeras som måttligt torktoleranta (Planter 2024a, Hirons et al. 2023b, Niinemets & Valladares 2006b).

Vetenskapligt namn	Eventuell riskklass	P-klass	CP0 (-MPa)	N&V-rank
<i>Lonicera xylosteum</i>	Inhemsk art	Ja	2,6	3,04
<i>Prunus cerasifera</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	2,97	2,9
<i>Corylus avellana</i>	Inhemsk art	Nej	2,51	3,04
<i>Ligustrum vulgare</i>	Inhemsk art	Nej	2,67	3,46
<i>Cornus sanguinea</i>	Inhemsk art	Nej	2,77	3,04
<i>Rosa villosa</i>	Inhemsk art	Ja	-	3,88
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	Inhemsk art	Ja	-	3,88
<i>Genista tinctoria</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	3,88
<i>Prunus spinosa</i>	Inhemsk art	Ja	-	3,46
<i>Rosa canina</i>	Inhemsk art	Ja	-	3,46
<i>Rosa pendulina</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	-	3,04
<i>Rosa majalis</i>	Inhemsk art	Ja	-	3,04
<i>Taxus baccata</i>	Inhemsk art	Nej	-	3,01
<i>Philadelphus lemoinei 'Mont Blanc'</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	2,64	-
<i>Syringa komarowii ssp. reflexa</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	2,68	-
<i>Lonicera caerulea var. Kamtschatica</i>	Kultivar av art naturaliserad före 1800	Nej	2,69	-
<i>Rhododendron luteum</i>	LO	Nej	2,72	-
<i>Rubus odoratus</i>	LO	Nej	2,83	-
<i>Ribes aureum</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	2,89	-
<i>Lonicera involucrata</i>	LO	Nej	2,99	-

Fem av arterna (*Lonicera xylosteum*, *Prunus cerasifera*, *Corylus avellana*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea*) har data från samtliga klassificeringsmetoder, där CP0-värdet ligger på mellan $-2,5 > -3$ MPa samt en N&V-rank som visar på en måttlig torktolerans. P-klass för dessa arter kan dock indikera antingen torktålighet eller ej torktålighet. Dessa arter kan med störst säkerhet klassificeras som måttligt torktoleranta. De övriga 15 arter som har data på P-klass och antingen CP0-värde eller N&V-rank har en större osäkerhet på klassificering som måttligt torktoleranta, då endast en källa bekräftar denna klassificering.

De fem arter som har data från samtliga klassificeringsmetoder klarar en måttligt lång period utan vatten innan cellstrukturen i bladen börjar kollapsa. Vidare överlever dessa arter med mindre än 50% skada eller tillbakadragande av bladmassan, på platser där det förekommer en måttlig årlig nederbörd (minst 400-500 mm) med en måttlig nederbördsfördelning (10-15%) och där potentialen till evapotranspirationen i förhållande till nederbörd ligger på ett spann på mellan 0,8 - 1,5. Det innebär även att arterna kan stå i upp till en månad utan vatten där jordvattenpotentialen är $-0,8 > -1,5$ MPa (Niinemets & Valladares 2006:528).

På platser med dessa förutsättningar överlever även åtta andra arter med mindre än 50% skada eller tillbakadragande av bladmassan (ibid), det vill säga *Rosa villosa*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Genista tinctoria*, *Prunus spinosa*, *Rosa canina*, *Rosa pendulina*, *Rosa majalis*, *Taxus baccata*, då dessa har data för N&V-rank som

visar på måttlig torktolerans. Dock saknar dessa värden för CP0, vilket innebär att det inte går att avgöra hur länge dessa arter överlever utan vatten innan cellstrukturen i bladen börjar kollapsa.

Sju arter (*Philadelphus lemoinei* 'Mont Blanc', *Syringa komarowii* ssp. *reflexa*, *Lonicera caerulea* var. *Kamtschatica*, *Rhododendron luteum*, *Rubus odoratus*, *Ribes aureum*, *Lonicera involucrata*) har ett CP0-värde på $-2,5 > -3$ MPa som visar på måttlig torktolerans, vilket innebär att de klarar en måttligt lång period utan vatten innan cellstrukturen i bladen börjar kollapsa (Hirons *et al.* 2023b). Data från N&V-rank saknas, vilket innebär att platsförutsättningar för överlevnad med mindre än 50% skada eller tillbakadragande av bladmassan inte går att bedöma.

Arterna har en varierande storlek på bladen med friska till mörkare färger, utan tydliga tecken på ett kroppsspråk bundet till torkstress men det förekommer vissa tendenser till viss anpassning såsom lätt ludna blad eller något läderartade, vilket visar på en måttligt undvikande bladrelaterad strategi mot torkstress (Ericsson 2021). Vidare har de arter som har data på CP0-värdet och som ligger mellan $-2,5 > -3$ MPa, utvecklat måttligt tolerant bladrelaterad strategi mot torkstress. Dessa egenskaper ger arterna måttliga förmågor att minska vattenförluster från bladen samt för cellstrukturen i bladen att motstå kollaps under långvarigare torkstress (Hirons *et al.* 2023a).

6.3.2 Lämplighetsbedömning för användning

De arter som har CP0-värde på > -3 MPa är olämpliga i infrastrukturmiljö i stadsmiljö med hårdlagda ytor för att klara långvarigare torka. Däremot är det svårt att avgöra om de arter som inte har ett CP0-värde kan vara lämpliga för dessa miljöer.

Elva av de måttligt torktoleranta är inhemska arter (*Lonicera xylosteum*, *Corylus avellana*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea*, *Rosa villosa*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Prunus spinosa*, *Rosa canina*, *Rosa majalis*, *Taxus baccata*, *Lonicera caerulea* var. *Kamtschatica*). Dessa kan med fördel användas för att säkerställa en invasivfri miljö.

Övriga arter där riskanalys saknas, och som klassas LO, bör användas med försiktighet. Även om de sannolikt ej är invasiva respektive har låg risk för invasivitet i rådande klimat, går det inte att bedöma hur dessa anpassar sig vid mer extrema torra förhållanden. I och med att dessa arter ej är inhemska och har en måttlig tolerans mot torka, finns en sannolikhet att dessa konkurrerar ut inhemska arter som har sämre anpassningsförmåga mot torkstress (LaForgia *et al.* 2020). Det är dock inte lika hög risk för detta som hos de icke-inhemska torktoleranta arterna, då den måttliga torktoleransen kan innebära att de inte har lika hög sannolikhet av hög fenotypisk plasticitet för torkstress som hos torktoleranta arter (Wang *et al.* 2021).

De icke-inhemska torktoleranta arterna kan med fördel användas i kombination med inhemska torktoleranta arter för att skapa hög artdiversitet och för att minska risken för att någon art konkurrerar ut den andra. Om dessa ska användas bör växtbädden och skötsel formas på så sätt att växterna aldrig ska behöva utstå långvarig torkstress och får bäst förutsättningar med större utrymme med möjlighet för rötterna att sprida ut sig.

Samtliga av de måttligt torktolerande arterna är rena arter förutom (*Philadelphus lemoinei* 'Mont Blanc', *Syringa komarowii* ssp. *reflexa*, *Lonicera caerulea* var. *Kamtschatica*). Vid strävan efter mer torktolerans skulle dessa sorter kunna jämföras med den rena arten eller annan ekotyp inom samma art för att utforska ett mer torktolerant alternativ. Detta ger dem tolerans för torkstress utifrån sin naturliga ståndort med torra förhållanden, och har därmed en genetisk variation för fuktförhållanden. Detta i sin tur gör dem lämpliga att använda då de har kvar sin anpassningsförmåga för varierande miljöförhållanden, vilket är relevant för oförutsägbara och extrema skiftningar i klimat.

6.4 Torkkänsliga buskarter

25 arter klassas som torkkänsliga buskar, där minst två av tre källor bekräftar klassificeringen torkkänslighet. Dessa sammanställs i tabell 11.

6.4.1 Bedömning av torktolerans

De 25 torkkänsliga arterna består dels av de arter där samtliga källor bekräftar klassificeringen torkkänslighet, eller där två av tre källor visar på torkkänslighet, det vill säga CP0-värde på > -2,5 MPa, N&V-rank på <3, och/eller P-klass som visar på torkkänslighet.

Tabell 11. (Egen) Tabellen visar de tjugofem arter som jämförelsestudien klassificerar som torkkänsliga (Planter 2024a, Ganthaler & Mayr 2015, Hiron et al. 2023b, Nünemets & Valladares 2006b, Sancho-Knapik et al. 2010)

Vetenskapligt namn	Eventuell riskklass	P-klass	CP0 (-MPa)	N&V -rank
<i>Hydrangea paniculata</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	2,16	3
<i>Cornus kousa</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	2,24	1,53
<i>Salix lanata</i>	Inhemsk art	Ja	2,41	2,21
<i>Prunus laurocerasus</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	2,66	2,21
<i>Salix repens</i>	Inhemsk art	Nej	2,84	1,79
<i>Viburnum opulus</i>	Inhemsk art	Nej	2,98	2,21
<i>Euonymus alatus</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	3,07	2
<i>Betula nana</i>	Inhemsk art	Nej	-	0,11
<i>Ribes nigrum</i>	Inhemsk art	Nej	-	1,37
<i>Frangula alnus</i> 'Aspleniifolia'	Kultivar av inhemsk art	Nej	-	1,37
<i>Lonicera caerulea</i>	Naturaliserad före 1800	Nej	-	1,37
<i>Magnolia stellata</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	1,77
<i>Chamaecyparis nootkatensis</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	2
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	2,06
<i>Thuja occidentalis</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	2,71
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	2,88
<i>Crataegus laevigata</i>	Inhemsk art	Nej	-	2,9
<i>Sambucus nigra</i>	Inhemsk art	Nej	2,15	3,04
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Inhemsk art	Nej	1,22	3,46

Forts. Tabell 11.

Vetenskapligt namn	Eventuell riskklass	P-klass	CP0 (-MPa)	N&V -rank
<i>Ribes glandulosum</i> 'Alaska'	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	2,43	-
<i>Syringa reticulata</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	2,43	-
<i>Philadelphus coronarius</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	2,38	-
<i>Syringa josikaea</i> 'Måttsund'	LO	Nej	2,14	-
<i>Deutzia gracilis</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	2,04	-
<i>Rhododendron sp.</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	2,42	-

Två arter (*Hydrangea paniculata*, *Cornus kousa*) uppfyller torkkänslighet från alla tre klassificeringsmetoder. En art (*Salix lanata*) uppfyller torkkänslighet enligt både CP0-värdet och N&V-rank, men anses torktolerant enligt P-klass. Med ett CP0-värde på $> -2,5$ MPa tar det kortare tid för dessa arter att stå utan vatten innan cellerna imploderar jämfört med de måttligt torktoleranta till torktoleranta arterna (Hirons *et al.* 2023a). N&V-ranken indikerar även att dessa arter överlever med mindre än 50% skada eller tillbakadragande av bladmassan, på platser där det förekommer en riklig årlig nederbörd (> 500 mm) med en liten nederbördsfördelning ($<10\%$) och där potentialen till evapotranspirationen i förhållande till nederbörd är relativt stor (PET: $> 1,5:3$) (Niinemets & Valladares 2006a:528). Det innebär även att arterna kan stå i ett par dagar till ett par veckor utan vatten där jordvattenpotentialen är $> -0,8$ MPa (ibid).

På platser med dessa förutsättningar överlever även dels tio andra arter med mindre än 50% skada eller tillbakadragande av bladmassan, det vill säga *Betula nana*, *Ribes nigrum*, *Frangula alnus* 'Aspleniifolia', *Lonicera caerulea*, *Magnolia stellata*, *Chamaecyparis nootkatensis*, *Chamaecyparis lawsoniana*, *Thuja occidentalis*, *Chamaecyparis obtusa*, *Crataegus laevigata* då dessa har data för N&V-rank som visar på måttlig torktolerans (ibid). Dock saknar dessa värden för CP0, vilket innebär att det inte går att avgöra hur länge dessa arter överlever utan vatten innan cellstrukturen i bladen börjar kollapsa. Vidare överlever fyra andra arter (*Prunus laurocerasus*, *Salix repens* och *Viburnum opulus*, *Euonymus alatus*) dessa platser, och uppfyller även torktålighet enligt P-klass samt har ett CP0-värde som indikerar på måttlig torktolerans till torktolerans. Detta indikerar att dessa arter kan utstå en måttlig till längre period utan vatten innan cellstrukturen i bladen börjar kollapsa (Hirons *et al.* 2023a).

Sju arter uppfyller kriterierna för torkkänsliga enligt P-klass och CP0, varav två arter (*Sambucus nigra*, *Vaccinium vitis-idaea*) även uppfyller kriterierna måttlig torktolerans enligt N&V-rank och fem arter (*Ribes glandulosum* 'Alaska', *Syringa reticulata*, *Philadelphus coronarius*, *Syringa josikaea* 'Måttsund', *Deutzia gracilis*) saknar data från N&V-rank. Vidare uppfyller ett släkte, *Rhododendron sp.*, kriterierna för torkkänslighet enligt P-klass och CP0, men saknar data från N&V-rank. Detta innebär att dessa arter kan stå en kortare tid utan vatten innan cellstrukturen i bladen kollapsar (Hirons *et al.* 2023a). För de fem arter respektive släktet där data från N&V-rank saknas, går det ej att göra en bedömning på platsförutsättningar för överlevnad med mindre än 50% skada eller tillbakadragande av bladmassan.

Ett antal av de torkkänsliga arterna visar på anpassningar till torka med en bladmorfologi som ofta påvisar undvikande bladrelaterad strategi mot torkstress, såsom attribut små, smala, gråaktiga, håriga eller hårda läderartade, medan de flesta torktoleranta arter inte uppvisar sådana attribut (Ericsson 2021). Däremot påvisar två av de mest torkkänsliga arterna (*Hydrangea paniculata*, *Cornus kousa*) enligt både CP0-värde och N&V-rank på torkkänslighet men inga tydliga morfologiska attribut på bladrelaterad strategi mot torkstress.

6.4.2 Lämplighetsbedömning för användning

Samtliga arter är olämpliga i infrastrukturmiljö i stadsmiljö med hårdlagda ytor för att klara långvarigare torka, då de har ett CP0 på > -3 MPa. Undantaget är *Euonymus alatus* som har ett CP0-värde på < -3MPa.

Samtliga torkkänsliga arter kan användas för att säkerställa en invasivfri miljö, då det är liten sannolikhet för att de icke-inhemska arterna har en fenotypisk plasticitet för fuktförhållanden (Wang *et al.* 2021), och därmed liten sannolikhet för att bli invasiva och konkurrera ut inhemska arter (LaForgia *et al.* 2020). Om dessa arter ska användas bör växtbädden och skötsel formas på så sätt att växterna aldrig ska behöva utstå långvarig torkstress. De får bäst förutsättningar med större utrymme med möjlighet för rötterna att sprida ut sig.

23 av dessa är rena arter medan tre arter (*Frangula alnus* 'Aspleniifolia', *Syringa josikaea* 'Måttsund', *Ribes glandulosum* 'Alaska') är sorter. Vid önskemål om högre torktolerans skulle dessa sorter kunna jämföras med den rena arten eller annan ekotyp inom samma art för att utforska ett mer torktolerant alternativ. Detta ger dem tolerans för torkstress utifrån sin naturliga ståndort med torra förhållanden, och har därmed en genetisk variation för fuktförhållanden. Detta i sin tur gör dem lämpliga att använda då de har kvar sin anpassningsförmåga för varierande miljöförhållanden, vilket är relevant för oförutsägbara och extrema skiftningar i klimat.

6.5 Går ej att klassificera

16 arter hade motstridiga värden från olika klassificeringsmetoder (se tabell 12), vilket leder till att torktoleransen för dessa arter inte går att avgöra samt att en lämplighetsbedömning för användning inte är möjlig.

Tabell 12. (Egen) Tabellen visar de 16 arter som ej går att klassificera på grund av motstridiga värden.

Vetenskapligt namn	Eventuell riskklass	P-klass	CP0 (-MPa)	N&V -rank
<i>Salix purpurea</i>	Naturaliserad före 1800	Ja	-	1,37
<i>Salix elaeagnos</i> 'Angustifolia'	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	-	1,37
<i>Juniperus communis</i> 'Repanda'	Kultivar av inhemska art	Ja	-	-
<i>Ribes alpinum</i>	Inhemska art	Ja	2,45	3,04
<i>Aronia melanocarpa</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	1,98	-
<i>Hippophaë rhamnoides</i>	Inhemska art	Ja	1,87	3,46

Forts. Tabell 12.

Vetenskapligt namn	Eventuell riskklass	P-klass	CP0 (-MPa)	N&V -rank
<i>Prunus pumila</i> var. <i>Depressa</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	-	3
<i>Calluna vulgaris</i>	Inhemsk art	Ja	-	2,21
<i>Juniperus chinensis</i> 'Blaauw'	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	4,97
<i>Spiraea nipponica</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	3,92	-
<i>Spiraea betulifolia</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	3,8	-
<i>Spiraea trilobata</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	3,72	-
<i>Syringa vulgaris</i>	SE (dock introducerad före 1800)	Nej	3,37	3,04
<i>Euonymus europaeus</i>	Inhemsk art	Nej	3,28	3,04
<i>Malus toringo</i> var. <i>sargentii</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	3,26	-
<i>Physocarpus opulifolius</i>	LO	Nej	2,81	4

Fem arter (*Syringa vulgaris*, *Euonymus europaeus*, *Physocarpus opulifolius*, *Hippophaë rhamnoides*, *Ribes alpinum*) ger en indikation på att arterna skulle kunna vara måttligt torktoleranta om man ser till ett snitt av värden från de tre klassificeringsmetoderna, och skulle kunna tolkas som att arten ligger någonstans i ett gränsvärde för måttlig torktolerans vid en sammanvägning. Dock anses denna bedömning vara av för stor osäkerhet för att en slutsats ska kunna dras om torktoleransen hos dessa arter.

Även om dessa arter inte kan bedömas på lämplighet för användning baserat på torktolerans, kan de inhemska användas för att säkerställa en invasivfri miljö. Denna typ av bedömning går dock inte göra för de icke-inhemska arterna, då det inte går att relatera torktoleransen till dess risk för invasivitet vid mer extremt torrt klimat.

6.6 Otillräcklig data

36 buskarter anses ha otillräcklig data för att kunna avgöra torktoleransen, då de endast har data från en eller ingen av de tre klassificeringsmetoderna som jämförs. Dessa sammanställs i tabell 13.

Tabell 13. (Egen) Tabellen visar de 37 arter som har otillräcklig data för att kunna klassificeras.

Vetenskapligt namn	Eventuell riskklass	P-klass	CP0 (-MPa)	N&V -rank
<i>Ribes uva-crispa</i>	Inhemsk art	-	-	3,04
<i>Ribes rubrum</i>	Inhemsk art	-	-	1,79
<i>Salix myrsinifolia</i>	Inhemsk art	-	-	0,95
<i>Salix phylicifolia</i>	Inhemsk art	-	-	0,53
<i>Rhododendron brachycarpum</i>	NK	-	-	-
<i>Berberis vulgaris</i>	Inhemsk art	-	-	3,88
<i>Physocarpus opulifolius</i> 'Amber Jubilee' ('Jefam')	LO	Ja	-	-
<i>Potentilla tridentata</i> 'Nuuk'	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	-	-

Forts. Tabell 13.

Vetenskapligt namn	Eventuell riskklass	P-klass	CP0 (-MPa)	N&V -rank
<i>Rosa dumalis</i>	Inhemsk art	Ja	-	-
<i>Rosa nitida</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	-	-
<i>Rosa spinosissima</i>	Inhemsk art i sydvästra Sverige	Ja	-	-
<i>Crataegus flabellata</i> var. <i>grayana</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	-	-
<i>Dasiphora fruticosa</i>	Inhemsk art	Ja	-	-
<i>Juniperus squamata</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Ja	-	-
<i>Magnolia sieboldii</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	-
<i>Chamaecyparis pisifera</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	-
<i>Corylus avellana</i> 'Contorta'	Kultivar av inhemsk art	Nej	-	-
<i>Corylus avellana</i> 'Pendula'	Kultivar av inhemsk art	Nej	-	-
<i>Corylus avellana</i> 'Rote Zellerluss'	Kultivar av inhemsk art	Nej	-	-
<i>Euonymus fortunei</i>	LO	Nej	-	-
<i>Exochorda racemosa</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	-
<i>Ligustrum vulgare</i> var. <i>italicum</i> 'Atrovirens'	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	-
<i>Lonicera maackii</i>	NK	Nej	-	-
<i>Lonicera morrowii</i>	NK	Nej	-	-
<i>Malus toringo</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	-
<i>Philadelphus lewisii</i> 'Waterton'	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	-
<i>Prunus grayana</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	-
<i>Ribes krusvinbär-gruppen</i>	korsning av inhemska arter	Nej	-	-
<i>Spiraea splendens</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	-
<i>Spiraea x cinerea</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	-
<i>Spiraea x vanhouttei</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	-
<i>Taxus baccata</i> , <i>sorter</i>	Kultivar av inhemsk art	Nej	-	-
<i>Thujopsis dolabrata</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	-
<i>Viburnum opulus</i> 'Strömsund'	Kultivar av inhemsk art	Nej	-	-
<i>Viburnum opulus</i> 'Xanthocarpum'	Kultivar av inhemsk art	Nej	-	-
<i>Viburnum x bodnantense</i>	Sannolikt ej invasiv, riskanalys saknas	Nej	-	-

En art (*Rhododendron brachycarpum*) saknar data från alla tre klassificeringssystem.

Två arter (*Ribes uva-crispa*, *Berberis vulgaris*) anses måttligt torktoleranda med data enbart enligt N&V-rank. Tre arter (*Ribes rubrum*, *Salix myrsinifolia*, *Salix phylicifolia*) anses som torkkänsliga med data enbart enligt N&V-rank.

Åtta arter (*Physocarpus opulifolius* 'Amber Jubilee' ('Jefam'), *Potentilla tridentata* 'Nuuk', *Rosa dumalis*, *Rosa nitida*, *Rosa spinosissima*, *Crataegus flabellata* var. *grayana*, *Dasiphora fruticosa*, *Juniperus squamata*) anses vara torktåliga baserat på P-klass.

22 arter (*Magnolia sieboldii*, *Chamaecyparis pisifera*, *Corylus avellana* 'Contorta', *Corylus avellana* 'Pendula', *Corylus avellana* 'Rote, Zellerluss', *Euonymus fortunei*, *Exochorda racemosa*, *Ligustrum vulgare* var. *italicum* 'Atrovirens', *Lonicera maackii*, *Lonicera morrowii*, *Malus toringo*, *Philadelphus*

lewisii 'Waterton', Prunus grayana, Ribes krusvinbär-gruppen, Spiraea splendens, Spiraea x cinerea, Spiraea x vanhouttei, Daphne mezereum, Taxus baccata, sorter, Thujopsis dolabrata, Viburnum opulus 'Strömsund', Viburnum opulus 'Xanthocarpum', Viburnum x bodnantense) anses vara icke torktåliga enbart med data från P-klass.

Även om dessa arter inte kan bedömas för lämplighet för användning baserat på torktolerans, kan de inhemska arterna användas för att säkerställa en invasivfri miljö. Denna typ av bedömning går dock inte för de icke-inhemska arterna, då det inte går att relatera torktoleransen till dess risk för invasivitet vid mer extremt torrt klimat.

7. Diskussion

I följande avsnitt sammanfattas och diskuteras de huvudsakliga resultaten av studien om torktolerans för buskar i förhållande till invasivitet. Vidare understryks vikten av kunskap och hållbar planering för att kunna säkerställa resilienta ekosystem i ljuset av klimatförändringarna. Avslutningsvis belyser avsnittet begränsningar hos den valda metoden och lyfter behovet av kvantitativa jämförelser från flera källor.

7.1 Resultatsammanfattning

Resultaten visar på komplexiteten av torktolerans och hur detta kan mätas och klassificeras. Enligt resultaten, kan endast åtta av de 106 icke-invasiva buskarterna som rekommenderas för stadsmiljö i Trafikverkets växtlista klassificeras som torktoleranta och därmed överleva en längre period av torkstress. Övriga arter, där klassificering har gått att utföra enligt den kombinerade skalan, är antingen måttligt toleranta eller torkkänsliga och anses inte vara lämpliga att använda i hårdlagda stadsmiljöer.

Samtidigt visar resultaten att det kan finnas en dikotomi mellan att använda icke-inhemiska torktoleranta arter och att säkerställa invasivfria miljöer, när det kommer till växtval, då det kan finnas en risk att dessa arter är benägna att sprida sig och konkurrera ut inhemska arter.

Resultaten belyser därmed behovet av att noggrant överväga växtval för att säkerställa hållbarhet och biologisk mångfald.

7.2 Ansvaret hos landskapsarkitekter

Resultaten väcker flera etiska frågor. Först och främst kan syftet att använda en växtlista såsom Trafikverkets växtlista övervägas.

För att säkerställa hållbara samhällen för såväl människa som natur, anses vi landskapsarkitekter ha ett ansvar att söka kunskap och planera för hållbar design och resilienta ekosystem. Detta är av vikt för växtval för urbana miljöer i hänseende till såväl ekonomisk, ekologisk, estetisk hållbarhet som etiska avvägningar. Om kunskapsluckorna är för stora vad gäller växtval som är torktoleranta, kan det leda till ekonomiska konsekvenser i termer av underhåll och återställning. Vidare är val av arter, som skapar mellanartsinteraktioner inom befintliga ekosystem, betydande för resiliensen hos dessa ekosystem. Ytterligare kan argument för estetisk hållbarhet lyftas, då växtarters överlevnad är essentiell för att dessa ska nå sin fulla potential i att leverera estetiska värden såsom grenverk, blad- och blomprakt. Ökad kunskap skapar även förutsättningar för stabila ekosystem för att kommande generationer ska få tillgång till de ekosystemtjänster som växtligheten medför. Det är därför av vikt att dagens planering och förvaltning arbetar för att minska

sårbarheten för nuvarande och kommande generationer mot klimatrelaterade risker och katastrofer. Dessutom skapar detta en möjlighet för att skydda och bevara en mångfald av arter och deras levnadsmiljö. Att utgå från Trafikverkets växtlista, som redan fungerar som en bra vägledning, ger en bra utgångspunkt och möjlighet att arbeta med detta, och med miljöer som sträcker sig över hela landet.

Samtidigt måste yrkeskåren vara medveten om komplexiteten i konsekvenserna av sina växtval. Att ta reda på vilka växter som bör väljas för olika ändamål är en stor utmaning då de inverkanse komponenterna i mångt och mycket är komplexa, samt kan påverka befintliga miljöer på många olika sätt som är svåra att förutsäga. En bra början för att öka förståelsen av vad olika buskarter klarar av, är att öka förståelsen för hur toleransen kan yttra sig, hur länge arterna klarar sig vid stress samt vilka olika sätt det finns att mäta detta på. Eftersom buskar hittills inte har fått den uppmärksamhet de förtjänar när de samtidigt utgör en så betydande del av offentlig grönstruktur (Sjöman *et al.* 2023:573), är det viktigt att uppmärksamma och studera dessa i hänsyn till klimatanpassning. Med buskars fördelaktiga tolerans mot torka samt deras förmåga att återhämta sig efter skador (Hirons *et al.* 2023a) är det hög tid att statusen för buskar lyfts ytterligare.

Å andra sidan är det en viktig avvägning mellan att välja torktoleranta arter och att undvika invasiva arter. Behovet av robusta arter är tydligt, ändå saknas det information hur väl buskarter tolererar extremväder som torka under längre perioder. Att torktoleransen analyseras, skapar en större förståelse för buskarternas anpassningsförmåga samtidigt som det belyser komplexiteten av begreppet torktolerans. Valet av växter som kan överleva torkstress kan vara avgörande för att skapa motståndskraftiga ekosystem i en tid av klimatförändringar. Men samtidigt kan dessa arter utgöra en risk för att konkurrera ut inhemska arter och minska den biologiska mångfalden. Detta ställer landskapsarkitekter inför en svår avvägning mellan att främja klimatanpassning, risken för invasivitet och att bevara lokala ekosystem.

Sammantaget kan det ifrågasättas hur mycket vi kan och bör styra med de val vi gör. Kunskap om artval och dess ekologiska sammanhang minskar riskerna för oönskade konsekvenser på ekosystemen, men samtidigt bidrar komplexiteten och oförutsägbarheten i dessa system till att det är svårt att överblicka konsekvenserna, vilket belyser frågan om vi överhuvudtaget bör försöka styra ekosystemens utveckling, speciellt med ett så förenklat verktyg som en växtlista.

7.3 Genetisk variation och klimatförändringar

Den genetiska variationen inom buskarterna är en viktig faktor att beakta vid bedömningen av deras torktolerans och invasivitet. Kunskapsunderlaget visar på vikten av att uppmärksamma om det är släkte, art eller sort/kultivar som analyseras då det kan förekomma stora skillnader i torktolerans inom dessa (Hirons *et al.* 2023a). Stor variation kan förekomma inom samma släkte och inom samma art, då dessa kan ha utvecklats på olika ståndorter och gjort anpassningar därefter. Ibland har detta skett fenotypiskt, och ibland genotypiskt (Hirons *et al.* 2023a). Informationen om den naturliga ståndorten och arternas genetiska skillnader finns dock oftast inte att tillgå (ibid). En tumregel som kan vara värt att beakta är att man bör ställa sig mer kritisk mot ståndortsinformationen vid arter, på grund av den

genetiska variationen inom arten (Hirons *et al.* 2023a), medan ståndortsinformationen kan anses vara mer tillförlitlig vid sorter.

Samtidigt kan det vara problematiskt att förlita sig till för få kultivarer även om det visar sig att det finns få specifika som klarar torkstress extra bra, då vikten av att använda fler kultivarer inom en art ökar biodiversiteten inom arten. De flesta buskarter på Trafikverkets växtlista för icke-invasiva arter är märkta “sannolikt ej invasiva, riskanalys saknas” (Ekologigruppen AB 2022). I dessa fall kan det vara bra att vara restriktiv med att dra slutsatsen att dessa är icke-invasiva, utan planera för en mångfald av arter och sorter, så de extra torktoleranta arterna inte konkurrerar ut inhemska arter inom eller utanför växtbädden.

Eftersom det fortfarande är ovisst om hur klimatet kommer förändras är det svårt att göra för generella antaganden. Det som kan antas är att Sverige troligtvis kommer få “mer väder”, där väderväxlingar och extrema väderhändelser kommer att uppstå (SMHI 2023). När detta sker har nya främmande arter som är mer anpassade för dessa nya förhållanden lättare att tränga ut specialiserade arter som är anpassade för en specifik typ av miljö (LaForgia *et al.* 2020). Invasiva arter har mer generella levnadsbehov och har lättare att ta över då de är mindre känsliga för förändringar i miljöer (ibid).

7.4 Metodologiska begränsningar

Resultaten och metoden i denna studie har sina brister. Det empiriska underlaget är relativt snävt och det saknas många värden för flera arter för de olika sätten att klassificera. Vidare bör trovärdigheten hos resultaten från de olika klassificeringsmetoderna samt den metod som använts för att uppnå resultaten i denna studie ifrågasättas.

7.4.1 Trovärdigheten hos klassificeringsmetoderna

Ett mätvärde som CP0 ger en tydlig indikation gällande en aspekt av många aspekter av torktolerans. Trots att CP0 i blad anses vara en aspekt som är kopplad till många andra aspekter, och därför enligt Bartlett *et al.* (2016) är den bästa indikatorn på torktolerans, bör CP0 och tröskelvärdena inte tolkas alltför bokstavstroget. Vidare kan det finnas osäkerhetsmarginaler kopplade till själva mätningarna på CP0, då det inte finns andra studier som replikerar Hirons *et al.* (2023b) studie, vilket minskar resultatens generaliserbarhet. Eftersom alla arter dessutom har en genetisk variation inom arten som har evolverat vid anpassning till platsspecifika förutsättningar (Hirons *et al.* 2023a), är riskerna stora att dra för generella slutsatser om en arts torktolerans.

Enligt Slagstedt (2024) är resultaten baserade på CP0 problematiska då han menar att de går emot de praktiska erfarenheter som finns om vissa arters torktålighet. Resultat som är baserade på praktisk erfarenhet, likt Planters data, som dessutom kombineras med den litteratur som finns om växter idag, ger en bra vägledning som är till stor hjälp vid val av växter, då den bygger på observationer av hur växter har klarat torkstress. Samtidigt anses resultat som är baserade på observationer och erfarenhet, inte vara helt tillförlitliga, då de inte är vetenskapligt bevisade. Han lyfter även att det som hittills skrivits om buskars torktålighet idag,

särskilt på svenska, är svårt att stödja sig mot rent vetenskapligt, även om Planterers uppgifter säkert till största del stämmer (Slagstedt 2024).

Niinemets och Valladares (2006a) sammanställning av olika platsspecifika och fysiologiska egenskaper för avgörandet av torktolerans är en generalisering av flera olika mätpunkter, men som ger en bra indikation för torktolerans för varje art. Även här föreligger dock risken med att dra för generella slutsatser, då det kan förekomma stor genetisk variation inom arten.

Det finns osäkerhetsfaktorer i samtliga klassificeringsmetoder. Beroende på när mätning och observationer görs, kan olika resultat erhållas. En art kan exempelvis vara torktolerant efter etablering, men inte under etablering beroende på hur stor rotutbredningen har hunnit bli (Rovelstad 2024). Vidare har samtliga klassificeringsmetoder förhållit torktoleransen till ett rådande klimat på olika sätt. Dessa tröskelvärden och klassificeringar kan komma att förskjutas i och med ett förändrat klimat. Hur denna förskjutning kommer att se ut har inte gått att avgöra i denna studie. Trafikverkets växtlista är till exempel indelad enligt rådande svenska växtzoner. Men vad händer när dessa zoner förskjuts i och med den snabba utvecklingen av klimatförändringarna?

7.4.2 Jämförbarheten mellan klassificeringsmetoderna

Resultaten visar att vissa arter får olika torktolerans utifrån de olika klassificeringsmetoderna. I vissa fall kan det bero på artens specifika sätt att hantera torkstress på som får en specifik indikator att väga tyngre som bevis för hur väl den klarar av torkstress. Till exempel anses *Salix lanata* torkkänslig baserat på CP0 och N&V-rank, men torktålig enligt Planter. Detta skulle kunna bero på att arten har ett typiskt morfologiskt utseende för torktolerans, med sitt låga kompakta växtsätt och behårade, silveraktiga blad, men av andra anledningar inte klarar av långvarigare torkstress.

I andra fall kan det bero på att mätvärdena på den kombinerade skalan ligger nära varandra men tvingas in i olika klassificeringar på skalan. Till exempel är *Cotinus coggygria* torktolerant enligt CP0-värden, men måttligt torktolerant enligt N&V-rank. Ser man dock till värdena ligger N&V-rank på 3,74, vilket angränsar till tröskelvärdet för torktolerans, som ligger på 4. Den tregradiga kombinerade skalan som presenteras i studien försöker balansera nackdelarna med en binär och en femgradig skala genom att erbjuda en mellanväg. Dock finns risken att vissa nyanser i torktolerans inte fångas upp, vilket kan leda till förenklingar och felaktiga klassificeringar.

Ett annat exempel på motstridiga resultat, är *Euonymus alatus*, som anses torkkänslig enligt Planter och N&V-rank, men torktolerant enligt CP0-värdet. Detta skulle kunna bero på att de olika klassificeringsmetoderna de facto inte mäter samma aspekter av torktolerans. Även om det är viktigt att mäta flera olika aspekter av torkstress för att skapa en sammanvägd bedömning, leder detta till att de olika metoderna och resultaten inte är helt jämförbara sinsemellan.

Å andra sidan har denna studie försökt ta höjd för felmarginalen i jämförbarhet mellan klassificeringsmetoderna, då de arter som har helt motstridiga värden och för lite data inte har klassificerats enligt den kombinerade skalan. Till exempel är *Aronia melanocarpa* och *Spirea nipponica* ej klassificerade, trots att praktiskt erfarenhet respektive mätdata gärna klassificerar dessa arter som

torktoleranta. Dessutom visar det sig att för de arter som är klassificerade, sammanfaller eller följer klassificeringen varandra hos de olika metoderna, vilket bevisar jämförbarheten mellan dessa metoder. Undantagsfallen är *Euonymys alatus* och *Salix lanata*.

7.4.3 Hur klassificeringsmetoder kan förbättras genom praktisk erfarenhet

Observationer som går ut på att studera hur de olika arterna reagerar på olika längder av torka i en miljö som efterliknar det förväntade klimat som infrastrukturmiljöer i stadsmiljö utgör, skulle kunna ytterligare bevisa eller falsifiera de resultat av torktolerans som erhållits i denna studie. Samtidigt är det av vikt att notera att torktoleransen kan variera inom arten på grund av den genetiska variationen, vilket innebär att det kan behöva göras genetisk provtagning och observation på varje specifik kultivar.

8. Slutsats

Studien undersöker hur torktoleransen hos buskarterna som rekommenderas för stadsmiljöer på *Trafikverkets växtlista för invasivfria infrastrukturmiljöer (2022)* kan bedömas genom att jämföra resultaten från olika klassificeringsmetoder. Resultaten av denna jämförelse öppnar upp för en djupare förståelse för hur väl och på vilka sätt arterna tolererar torkstress.

Studien undersöker även vilka av de buskarter som rekommenderas för stadsmiljöer i Trafikverkets växtlista för invasivfria infrastrukturmiljöer som anses vara torktoleranta respektive torkkänsliga, och på vilket sätt. Detta besvaras genom en jämförelse mellan de olika klassificeringsmetoderna och ger en vägledning, men skapar samtidigt nya frågor och belyser vikten av mer forskning inom området.

Relationen mellan torktolerans och invasivitet blir även tydlig i frågan om hur torktoleransen förhåller sig till risken för invasivitet hos de buskarter som rekommenderas för stadsmiljö i Trafikverkets växtlista för invasivfria infrastrukturmiljöer, då en osäkerhet gällande risken för invasivitet står i relation till ett förändrat klimat. Som vid de tidigare frågeställningarna, ger studien inte ett absolut svar, men skapar en förståelse för dikotomin mellan invasivitet och torktolerans. Detta ökar chanserna att kasta ljus på de arter som kan komma att utgöra en risk för invasivitet, och därmed chanserna för att säkerställa en hög artdiversitet.

Resultatet visar på komplexiteten vad gäller torktolerans samt invasivitet då många komponenter av torktolerans måste undersökas för möjligheten att skapa en sammanvägd bild. Därför är det viktigt att inte stirra sig blind på klassificeringar enligt den kombinerade skalan som denna studie använt sig av, utan använda den som en fingervisning för att sedan skapa sig en djupare förståelse för hur arten hanterar torkstress. I varje specifikt fall är *det alltid* viktigt att göra en avvägning och en jämförelse mellan olika indikationer på torktolerans. Studien kan användas som stöd i praktiken vid val av arter till infrastrukturmiljöer. Det är dock av yttersta vikt att erkänna begränsningarna hos metoderna presenterade i studien samt kunskapsluckorna och osäkerheterna som finns kring klimatförändringarnas effekter på växters torktolerans och invasivitet. Resultaten bör ses som en indikation på arternas torktolerans och risk för invasivitet, och inte ses som generaliserbar fakta. Studien bör därför ses som en vägledning och inte användas som en handbok.

Då det inte går att förutsäga hur stor påverkan det föränderliga klimatet kommer att göra, är det av hög relevans att fortsätta arbetet för att skapa en större förståelse för ämnet, samt se över andra relaterade aspekter för att optimera för en så hållbar planering av artval som möjligt. Till det kan exempelvis genomtänkta och välutformade växtbäddar öka chanserna för att klara de nya utmaningar som klimatförändringarna för med sig. Detta öppnar för nya frågeställningar och vikten av mer forskning inom området för att säkerställa ekologiskt, ekonomiskt, estetiskt hållbara infrastrukturmiljöer, stabila ekosystem i ljuset av klimatförändringarna samt etiskt försvarbart yrkesutövande.

9. Vidare forskning

Det finns fortfarande stora kunskapsluckor kring ämnet torktålighet vilket belyser vikten av vidare forskning som kan stå i relation till arters torktolerans samt invasivitet. Detta är särskilt viktigt när det finns flera olika aspekter som kan komma att påverka olika arters förutsättningar och därför bör undersökas för att kunna skapa en mer holistisk kunskapsgrund. Denna studie har behövt begränsas till några få aspekter, medan det kunskapsunderlag som legat till grund för studien har angränsat andra relaterade forskningsområden som skulle kunna berika ämnesområdet som berörs i denna studie. Här listas några exempel:

- *Ekotyper*: Exempelvis skulle mer forskning på olika ekotyper inom en art bidra till kunskap och tillgång till fler varianter av anpassningar och öka chanserna för högre biologisk mångfald, bättre anpassningar relaterade till torka samt minskad invasivitet.
- *Växtbäddsdesign*: Vid ett förändrat klimat samt minskat utrymme vid förtätning blir även forskning gällande planering för växtbäddars utformning en bidragande del för hur väl olika arter kan komma att tolerera torka.
- *Fler växtkategorier och arter*: Denna jämförelsestudie har fokuserat på arter av buskar som valts ut i Trafikverkets lista. Vid vidare forskning skulle även andra växtkategorier samt ytterligare arter kunna undersökas för en fördjupad kunskap gällande dess torktolerans samt risk för invasivitet vilket väcker fler frågor om hur man balanserar behovet av torktoleranta växter med skyddet av den lokala biodiversiteten.
- *Andra klimatförändringar*: Då de rådande klimatförändringarna har ett ovisst utslag och kommer förändras över tid behövs vidare forskning kring hur detta kommer påverka arters torktolerans samt invasivitet. Det skulle därför vara intressant att studera torktålighet i relation till hur väl arter klarar andra påfrestningar och snabba förändringar, exempelvis stora regnmängder, längre perioder av skugga eller hög solexponering.
- *Yttre faktorer*: Andra aspekter som kan komma att påverka och är relevant inom området där vidare undersökning behövs för att uppmärksamma sambanden till torktolerans samt invasivitet skulle kunna vara fördröjning av dagvatten, salter i marken, skadedjur, bekämpningsmedel, svampsjukdomar, näringsbrister och syrebrist för växternas rötter.
- *Andra indikatorer för torkstress*: Det råder även forskning på andra markörer som kan ge bra indikation på arters torktolerans såsom hydraulisk konduktivitet i stam och blad, vilket kan fördjupas och studeras ytterligare.
- *Växters naturliga invandring i och med ett förändrat klimat*: Forskning gällande hur mycket människan ska och kan styra den naturliga invandringen av nya arter vid ett förändrat klimat.

10. Referenser

10.1 Tryckta källor, rapporter och faktablad

- Bowman, W.D., Cain, M.L., Hacker, S.D. (2017). *Ecology*. Fourth Edition. Sinauer Associates, Inc.
- Ekologigruppen AB. (2022). *Trafikverkets växtlista för invasivfria infrastrukturmiljöer*. Trafikverket. <https://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1725073/FULLTEXT01.pdf> [2024-01-22]
- Ericsson, T. (2021) *Växtbiologi*. Riksförbundet Svensk Trädgård.
- Hirons, A.D. & Sjöman, H. (2019) *Tree Species Selection for Green Infrastructure: A Guide for Specifiers, Issue 1.3*. Trees & Design Action Group.
https://www.tdag.org.uk/uploads/4/2/8/0/4280686/tdag_treespeciesguidev1.3.pdf [2024-03-05]
- Hirons, A.D. Ignell, S., Sjöman, H., Slagstedt, J. (2023a) *Utvärdering av torktoleranta buskar*. [Faktablad] Movium Fakta 6.
- Strand, M., Aronsson, M., & Svensson, M. (2018). *Klassificering av främmande arters effekter på biologisk mångfald i Sverige – ArtDatabankens risklista*. ArtDatabanken Rapporterar 21. ArtDatabanken SLU, Uppsala.
https://www.artdatabanken.se/globalassets/ew/subw/artd/6-publikationer/29.-artdatabankens-risklista/rapport_klassifisering_av_frammande_arter2.pdf [2024-02-28]

10.2 Vetenskapliga artiklar

- Bartlett, M.K., Klein, T., Jansen, S., Choat, B. & Sack, L. (2016). The correlations and sequence of plant stomatal, hydraulic, and wilting responses to drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113 (46), 13098–13103. <https://doi.org/10.1073/pnas.1604088113>
- Choat, B., Jansen, S., Brodribb, T.J., Cochard, H., Delzon, S., Bhaskar, R., Bucci, S.J., Feild, T.S., Gleason, S.M., Hacke, U.G. and Jacobsen, A.L. (2012) Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature*, 491(7426), pp.752-756.
- Farrell, C., Livesley, S.J., Arndt, S.K., Beaumont, L., Burley, H., Ellsworth, D., Esperon-Rodriguez, M., Fletcher, T.D., Gallagher, R., Ossola, A., Power, S.A., Marchin, R., Rayner, J.P., Rymer, P.D., Staas, L., Szota, C., Williams, N.S.G. & Leishman, M. (2022). Can we integrate ecological approaches to improve plant selection for green infrastructure? *Urban Forestry & Urban Greening*, 76, 127732.
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127732>

- Gustavsson, T., Bogren, J. & Green, C. (2001). Road climate in cities: A study of the Stockholm area, South-East Sweden. *Meteorological Applications*, 8 (4), 481–489. <https://doi.org/10.1017/S1350482701004091>
- Ganthaler, A. & Mayr, S. (2015). Dwarf shrub hydraulics: Two *Vaccinium* species (*Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*) of the European Alps compared. *Physiologia Plantarum*, 155 (4), 424–434. <https://doi.org/10.1111/ppl.12333>
- Hirons, A.D. Ignell, S., Sjöman, H. (2023b). Selection of Shrubs for Urban Environments - An Evaluation of Drought Tolerance of 120 Species and Cultivars. *HortScience*, 58 (5), 573–579. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17063-22>
- Mercado-Reyes, J.A., Pereira, T.S., Manandhar, A., Rimer, I.M. & McAdam, S.A.M. (2024). Extreme drought can deactivate ABA biosynthesis in embolism-resistant species. *Plant Cell and Environment*, 47 (2), 497–510. <https://doi.org/10.1111/pce.14754>
- LaForgia, M.L., Harrison, S.P. & Latimer, A.M. (2020). Invasive species interact with climatic variability to reduce success of natives. *ECOLOGY*, 101 (6). <https://doi.org/10.1002/ecy.3022>
- Niinemets, Ü. & Valladares, F. (2006a). Tolerance to Shade, Drought, and Waterlogging of Temperate Northern Hemisphere Trees and Shrubs. *Ecological Monographs*, 76 (4), 521–547. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(2006\)076\[0521:TTSDAW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(2006)076[0521:TTSDAW]2.0.CO;2)
- Niinemets, Ü. & Valladares, F. (2006b). Tolerance to Shade, Drought, and Waterlogging of Temperate Northern Hemisphere Trees and Shrubs. *Ecological Monographs*, 76 (4), https://wiley.figshare.com/articles/dataset/Appendix_A_A_table_showing_shade_drought_and_waterlogging_tolerance_for_806_species_of_woody_plants_from_the_temperate_Northern_Hemisphere_/3565671
- Niinemets, Ü. & Valladares, F. (2008) Shade Tolerance, a Key Plant Feature of Complex Nature and Consequences. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 39 (1), 237–257. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173506>
- Sancho-Knapik, D., Gómez Álvarez-Arenas, T., Peguero-Pina, J.J. & Gil-Pelegrín, E. (2010). Air-coupled broadband ultrasonic spectroscopy as a new non-invasive and non-contact method for the determination of leaf water status. *Journal of Experimental Botany*, 61 (5), 1385–1391. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq001>
- Wang, Z., Cai, X. & Yin, Z. (2021). Research Progress on Phenotypic Plasticity of Invasive Plants in Response to Drought Stress. Duan, L. & Abdullah, A.Z. (eds) *Proceedings of 5th International Conference on Advances in Energy, Environment and Chemical Science (AEECS), Cedex A*, 2021. 02020. E D P Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124502020>

10.3 Källor från internet

- Boverket (2023). *Grönplanera för biologisk mångfald och resiliens*.
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/gronplan/darfor-behovs/biologisk-mangfald/> [2024-03-19]
- Naturvårdsverket (2024). *Klimatförändringarnas effekter i Sverige*.
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/klimat-et-i-framtiden/effekter-i-sverige/> [2024-03-04]
- Planter (2024a), <https://planter.se/> [2024-02-15]
- SMHI (2023). *Fördjupad klimatscenariotjänst*.
<https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/fordjupade-klimatscenarier/met/sverige/medeltemperatur/rcp45/2071-2100/year/anom> [2024-02-04]

10.4 Personlig kommunikation

- Bahram, M., forskare inom ekologi, SLU, Uppsala (2023) *Global Environmental changes and threats to biological diversity*. Inom kursen Ekologi. Föreläsning 10 november.
- Ignell, S., doktorand inom landskapsarkitektur, SLU, Uppsala (2024). Intervju 12 februari.
- Hedblom, M., professor inom landskapsarkitektur, SLU, Uppsala (2023) *Ekologi i staden*. Inom kursen Ekologi. Föreläsning 16 november.
- Planter (2024b). Mailkorrespondens 1 februari.
- Rovelstad, E., trädgårdsingenjör på Stångby Plantskola (2024). Intervju 27 februari.
- Slagstedt, J., landskapsingenjör och markprojektör, Markkompaniet AB. (2024). Mailkorrespondens 5 februari.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.