

Appendiks UrbanLCA – Data

1 Indledning

Dette appendiks har til formål at dokumentere de værdier, der i UrbanLCA-værktøjet, anvendes til at estimere drivhusgasemissioner og tab af biodiversitet fra hele byområder. De dette er en ny beregningsmetode, hvor særligt biodiversitetsberegninger er nyt for branchen, er værdierne baseret på et begrænset datagrundlag og derfor forbundet med en vis usikkerhed. Værdierne skal således anvendes og tolkes i dette lys. De anvendte værdier i UrbanLCA-værktøjet danner dog et fundament for diskussion og fremtidig kvalificering af data.

2 Drivhusgasemissioner (GWP)

2.1 Bygninger (I værktøjet: **Architecture**)

Der har i de senere år været et øget fokus på bygnings-LCA, hvilket har resulteret i udviklingen af flere databaser på byggevareriveau samt udarbejdelse af adskillige rapporter, der opsummerer resultater for bygninger.

I UrbanLCA-værktøjet kan brugeren indtaste egne data, hvis der foreligger specifikke oplysninger for den eller de pågældende bygninger. Hvis man ikke har adgang til sådanne specifikke data, tilbyder værktøjet nøgledata baseret på bygningens typologi, aktivitet og emissionsklasse.

I værktøjet kan der vælges mellem følgende aktiviteter:

- Nedrivning
- Let transformering/renovering
- Moderat transformering /renovering
- Dyb transformering /renovering
- Bevaring
- Nybyggeri

Transformerings- og renoveringskategorierne i UrbanLCA-værktøjet er baseret på beregninger af scenarier i publikationen "*Klimadata for renovering*" udarbejdet af Arkitema, COWI, BUILD og Rådet for Bæredygtigt Byggeri. [1]

Bygningerne i UrbanLCA-værktøjet er inddelt i forskellige bygningstypologier, som også er beskrevet i BUILD's publikation "*LCby*" [2]. Denne publikation præsenterer bl.a. en vurdering af, hvad et værktøj til byområder bør indeholde.

De typologier, der er introduceret i UrbanLCA-værktøjet, omfatter:

- Parcelhus
- Etagebolig
- Rækkehus
- Kontor
- Undervisning
- Sundhed
- Daginstitution
- Andet

Derudover tilbyder værktøjet tre muligheder for parkeringsløsninger:

- Parkeringskælder
- Parkeringshus
- Parkering på terræn

Endelig kan brugeren definere en emissionsklasse, hvor det er muligt at vælge mellem seks forskellige niveauer. Niveauerne er oplistet herunder og uddybet i de følgende afsnit:

- Business as usual
- Bygningsreglementet 2025
- Lavemissionsklassen (BR25)
- Reduction Roadmap 2.0 (2025, 2027 og 2029)

Der bør desuden bemærkes, at de anvendte værdier for LCA-fasen B6 (drift), er baseret på de nyeste emissionsfaktorer gældende fra juli 2025 [3]. Ligeledes skal det bemærkes at bidraget fra udskiftning (B4) er antaget værende jævnt fordelt over bygningens 50-årige betragtningsperiode og ikke fremgår i specifikke år. Dette skyldes, at klimabelastningen fra udskiftninger varierer over bygningens levetid fra byggeri til byggeri, hvorfor det for simplificeringens skyld er betragtet som jævnt fordelt.

2.1.1 Nybyggeri

2.1.1.1 Business as usual

For kategorien nybyggeri findes det mest omfattende datagrundlag. Tabel 6 i rapporten "*Klimapåvirkning fra nybyggeri*" fra BUILD [4] danner grundlag for faserne A1-A3, B4, B6, C3-C4 for emissionsklassen *business as usual*. Tabellen er gengivet her som Tabel 1:

Tabel 1. Oversigt over 25%- og 75% kvartiler samt medianværdier på tværs af bygningstypologier for henholdsvis total, bygningsdele og drift

[kg CO ₂ -ækv/m ² /år, 50 år]	Total (A1-3, B4, B6, C3-4)			Bygningsdele (A1-3, B4, C3-4)			Drift (B6)		
	Nedre	Median	Øvre	Nedre	Median	Øvre	Nedre	Median	Øvre
Enfamiliehus	7,99	8,89	10,01	7,18	8,31	9,07	0,61	0,70	1,06
Etagebolig	7,68	8,47	9,94	7,12	7,94	9,40	0,52	0,56	0,59
Rækkehus	7,32	8,19	8,79	6,39	7,39	8,24	0,54	0,64	0,90
Kontor	8,33	9,46	10,19	7,35	8,52	9,21	0,88	0,91	0,97
Daginstitution	8,06	9,31	9,70	7,11	8,31	8,87	0,77	0,92	0,99
Undervisning	11,31	11,55	12,59	10,37	10,69	11,80	0,83	0,84	0,90
Sundhedshuse	10,30	10,55	11,66	9,39	9,59	10,63	0,91	0,96	1,01
Andet	9,02	10,28	11,70	8,06	9,23	10,70	0,86	0,97	1,23

For parkeringsløsningerne i LCA-værktøjet ligger Artelias egen database over byggerier som grundlag for værdierne i Tabel 2. I alt indgår 11 parkeringskælder i beton og 4 parkeringshuse af både træ og beton i analysen. For parkering på terræn foreligger der ingen LCA-beregninger, hvorfor påvirkningen ikke har været vurderet, og derfor ikke fremgår af værktøjet.

Tabel 2. Oversigt over 25%- og 75% kvartiler samt medianværdier for forskellige parkeringsløsninger fordelt på LCA-faser.

[kg CO ₂ -ækv./m ² /år, 50 år]	A1-A3			C3-C4		
	25%	50%	75%	25%	50%	75%
Parkeringskælder	8,8	10,9	12,9	0,3	0,6	1,1
Parkeringshus	2,8	3,1	3,4	0,1	0,1	0,2
Parkering på terræn	-	-	-	-	-	-

Da der fra 2025 indføres krav i Bygningsreglementet til byggeprocesfaserne (A4-A5) ønskes disse nøgletal også inkluderet i UrbanLCA-værktøjet. Rapporten "*Ressourceforbrug på byggepladsen*" af BUILD [5] har vurderet netop disse faser og deres indflydelse på byggeriets klimabelastning. Tabel 15 i rapporten, gengivet her i Tabel 3, danner grundlag for A4-A5 for alle bygningstypologierne i UrbanLCA-værktøjet:

Tabel 3. Nøgletal for klimapåvirkning i kgCO₂e/m²/år for modul A4 og A5. Resultat baseret på case analyser og estimerede konstanter.

Modul	Delemne	0,25 kvantil	0,50 kvantil	0,75 kvantil	0,90 kvantil
		[kgCO ₂ e/m ² år]			
A4	Transport af byggevarer	0,187	0,348	0,409	0,494
	Transport af spild ⁽¹⁾		0,020		
	Transport af materiel ⁽¹⁾		0,020		
	Terminalprocesser ⁽¹⁾		0,020		
	Sum A4	0,247	0,408	0,469	0,554
A5	EI	0,068	0,143	0,196	0,262
	Varme	0,045	0,081	0,028	
	Brændstof	0,036	0,157	0,264	0,383
	Byggeaffald	0,407	0,536	0,753	1,042
	Bortkørsel af jord ⁽¹⁾		0,060		
	Bortkørsel af byggeaffald ⁽¹⁾		0,060		
	Sum A5	0,713	1,016	1,302	1,720
A4 + A5		0,960	1,424	1,771	2,274

1) Konstanter baseret på kvalificeret skøn.

2.1.1.2 Bygningsreglementet 2025

For kategorien 'Bygningsreglementet 2025' (BR25) tages der udgangspunkt i de grænseværdier som bliver lovkrav fra juli 2025 [6]. Grænseværdierne er opdelt på bygningstypologier og præsenteret i tillægsaftalens Tabel 2, og gengivet her i Tabel 4:

Tabel 4. CO₂e-grænseværdier for nybyggeri fordelt på bygningstypologier, 1. juli 2025.

Kg CO ₂ e/m ² /år	2025
Grænseværdi for bygninger	7,1
Ferieboliger under 150 m ²	4,0
Enfamiliehuse, rækkehuse og tiny houses samt ferieboliger på mindst 150 m ²	6,7
Etageboliger	7,5
Kontorbygninger	7,5
Institutioner	8,0
Andet nybyggeri	8,0
Selvstændig grænseværdi for byggeproces	1,5
Grænseværdi inkl. byggeproces	8,6

For at fordele klimapåvirkningen på de medregnede LCA-faser, er samme procentvis fordeling for faserne A1-A3, B4, B6 og C3-C4 anvendt som for *business as usual*-kategorien. LCA-faserne A4-A5 er angivet selvstændigt i Tabel 4 og indgår med tilsvarende værdier i UrbanLCA-værktøjet.

2.1.1.3 Lavemissionsklassen 2025

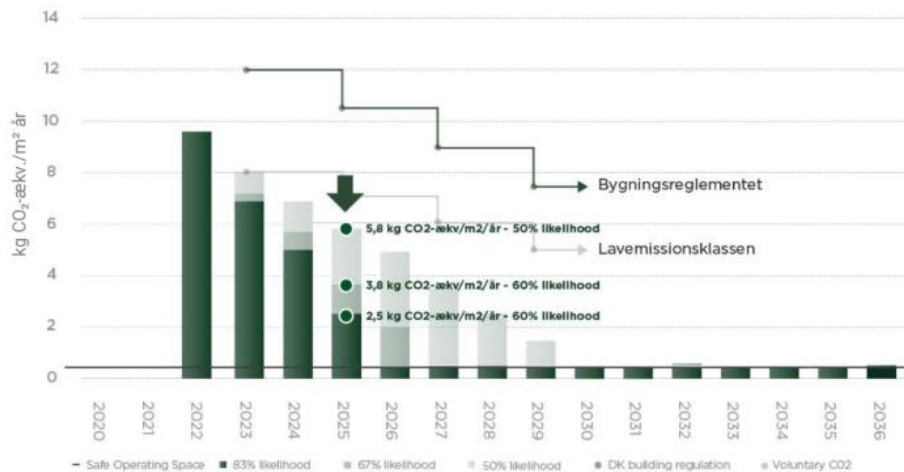
I tillægsaftalen er der ligeledes bestemt grænseværdier til Lavemissionsklassen. Disse værdier er på tilsvarende vis fordelt på LCA-faser og videreført til UrbanLCA-værktøjet. Grænseværdierne kan findes i tillægsaftalens Tabel 3, samt i nedenstående Tabel 5:

Tabel 5. Lavemissionsklassens CO₂e-grænseværdi for nybyggeri fordelt på bygningstyper, 1. juli 2025

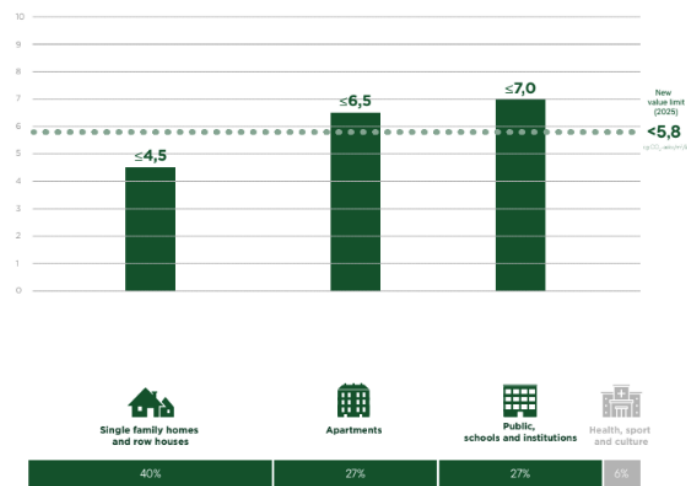
Kg CO ₂ e/m ² /år	2025
Grænseværdi for bygninger	5,8
Ferieboliger under 150 m ²	3,2
Enfamiliehuse, rækkehuse og tiny houses samt ferieboliger på mindst 150 m ²	5,4
Etageboliger	6,1
Kontorbygninger	6,1
Institutioner	6,4
Andet nybyggeri	6,4
Selvstændig grænseværdi for byggeproces	1,1
Lavemissionsklasse inkl. byggeproces	6,9

2.1.1.4 Reduction Roadmap

For emissionsklasserne angivet med Reduction Roadmap anvendes grænseværdierne fastlagt i *Reduction Roadmap 2.0* udarbejdet af Effekt, Artelia og CEBRA [7]. Reduction Roadmap beskriver den nødvendige reduktion byggeriets klimabelastning skal følge for ikke at overskride Parisaftalens 1,5 grads målsætning bestemt ved en sandsynlighed på 50%, se Figur 1.



Da forskellige bygningstypologier har varierende reduktionspotentialer, arbejdes der med differentierede grænseværdier som vist på Figur 2.



Øvrige bygningstypologier, som ikke er vist på Figur 2, antages at have en miljøpåvirkning svarende til offentlige bygninger, skoler og institutioner.

Grænseværdierne for Reduction Roadmap 2027 og 2029 er bestemt ved en lineær skalering af 2025 værdierne ift. reduktionstrappen på Figur 1.

Grænseværdierne for bygningstypologierne er fordelt ud på LCA-faserne, som beskrevet i afsnit 2.1.1.2.

LCA-faserne A4 og A5 er ikke en del af Reduction Roadmap 2.0, hvorfor grænseværdierne for BR25 også anvendes for Reduction Roadmap 2025. For at bestemme værdien af A4 og A5 i 2027 og 2029 er 2025 værdierne nedskaleret ift. reduktionstrappen på Figur 1.

2.1.2 Transformering og bevaring

I arbejdet med UrbanLCA er begreberne transformering og renovering behandlet identisk, selvom de reelt dækker over forskellige tilgange til ændring eller forbedring af en bygning.

2.1.2.1 Business as usual / Bygningsreglementet 2025

På renoverings- og transformeringsfronten er tilgængelige klimadata begrænsede. Dog har Realdania-projektet "*Klimadata for renovering*" [1] forsøgt at estimere klimapåvirkningen på forskellige grader af renovering for boligbyggeri. I deres arbejde er der opstillet fire scenarier: bevaring samt let, moderat og dyb renovering. Disse fire kategorier er genbrugt i arbejdet med UrbanLCA. For beskrivelser af scenarierne henvises der til rapporten.

I arbejdet med *Klimadata for renovering*, har man opdelt byggerierne i traditionelle og moderne bygninger. For *business as usual* kategorien i UrbanLCA-værktøjet benyttes data på renovering/transformation af traditionelle bygninger, mens der for kategorien *Bygningsreglement 2025* benyttes data for moderne bygninger.

Den samlede oversigt over LCA-resultaterne for typologier og renoveringsscenarier kan ses i "*Klimadata for renovering*" tabel 32, mens en modificeret oversigt brugt i UrbanLCA-værktøjet er præsenteret i Tabel 6:

Tabel 6. Oversigt over LCA-resultater for samtlige typologier, perioder og renoveringsscenarier, fordelt på LCA-faser og total i kg CO₂e/m²/år.

Typologi	Periode	ID	Renoveringsgrad	Livscyklusfaser				
				Ex. C3-C4	A1-A3	B4	B6	C3-C4
Parcelhus	Traditionelt	PTB	Baseline	-	-	0,56	4,10	som nybyg
		PTL	Let renovering	0,01	0,01	0,45	3,80	
		PTM	Moderat renovering	0,25	0,27	0,41	1,69	
		PTD	Dyb renovering	0,25	0,44	0,42	1,13	
	Moderne	PMB	Baseline	-	-	1,06	2,44	
		PML	Let renovering	0,01	0,15	0,72	1,95	
		PMM	Moderat renovering	0,25	0,70	0,97	1,14	
		PMD	Dyb renovering	0,25	0,87	0,98	0,85	
Rækkehus	Traditionelt	PTB	Baseline	-	-	0,77	3,09	
		RTL	Let renovering	0,02	0,01	0,62	2,80	
		RTM	Moderat renovering	0,38	0,40	0,59	1,72	
		RTD	Dyb renovering	0,38	0,79	0,60	0,98	
	Moderne	RMB	Baseline	-	-	1,09	2,32	
		RML	Let renovering	0,02	0,13	0,87	1,96	
		RMM	Moderat renovering	0,55	0,77	0,81	1,35	
		RMD	Dyb renovering	0,55	1,30	0,83	0,97	
Etagehus	Traditionelt	ETB	Baseline	-	-	1,02	2,97	
		ETL	Let renovering	0,02	0,04	0,87	2,59	
		ETM	Moderat renovering	0,16	0,25	0,90	2,49	
		ETD	Dyb renovering	0,16	0,44	0,91	1,30	
	Moderne	EMB	Baseline	-	-	0,83	1,98	
		EML	Let renovering	0,06	0,10	0,61	1,71	
		EMM	Moderat renovering	0,11	0,39	0,76	1,07	
		EMD	Dyb renovering	0,11	0,51	0,77	0,88	

Da rapporten ikke behandler byggeprocessen (A4-A5) i forbindelse med renovering/transformation, er disse faser estimeret i arbejdet med UrbanLCA-værktøjet. Det antages således, at klimabelastningen fra A4-A5 for renovering/transformation udgør samme procentvis andel som klimabelastningen fra faserne A1-A3 for renovering/transformation udgør af A1-A3 for nybyg.

På tilsvarende måde er klimapåvirkningen fra renovering/transformation af andre bygningstypologier end boligbyggeri, estimeret i UrbanLCA-værktøjet. Her anvendes for alle faser en middelværdi bestemt ud fra den andel som hver LCA-fase for renovering/transformation af parcelhuse, rækkehuse og etagehuse udgør

af tilsvarende faser for nybyggeri. Eksempelvis udgør A1-A3 for dyb transformering hhv. 8,3%, 8,7% og 16,7% af A1-A3 for de tilsvarende kategorier under nybyggeri. Middelværdien (11,2%) anvendes herefter som faktor til at skalere værdien for A1-A3 fra nybyggeri til transformation/renovering af f.eks. et kontor.

2.1.2.2 Lavemissionsklassen 2025 og Reduction Roadmap

Til estimering af miljøpåvirkningen ved transformering for Lavemissionsklassen 2025 og Reduction Roadmap scenarierne, er der lavet en forholdsbetragtning. Værdierne af LCA-faserne A1-A3, A4-A5, B4 og B6 for transformering af de moderne byggerier, er fundet ved forholdsmæssigt at skalere ud fra grænseværdierne for nybyggeri. Som eksempel så udgør A1-A3 for dyb transformering hhv. 16,7%, 6,4% og 36,4% af A1-A3 for nybyggeri. Middelværdien (22,6%) ganges på værdien for A1-A3 for nybyggeri for den pågældende bæredygtighedsklasse. Værdierne for C3-C4 er ens med udledningen for nybyggeri.

2.1.3 Nedrivning

For nedrivningsscenarierne, på tværs af alle emissionskategorier, er det kun affaldsscenarierne (C3-C4) for den eksisterende bygningsmasse, som medregnes. Her antages udledningen at være den samme som for nybyggeri.

2.2 Beplantninger (I værktøjet: **Softscapes**)

UrbanLCA-værktøjet anvender en enkel tilgang til at vurdere beplantningers indvirkning på CO₂-regnskabet i et byområde. Kun CO₂-optag i LCA-fasen B1 (brug) inkluderes, da der findes begrænset data for de øvrige faser. C3-C4-faserne på de eksisterende beplantninger inddrages heller ikke, eftersom det er meget afhængigt af, hvor længe beplantningen har optaget CO₂, samt hvad beplantningen benyttes til efter rydning. CO₂-optaget beregnes som en gennemsnitlig årlig værdi, selvom det i praksis ofte vil variere over beplantningens levetid.

I UrbanLCA-værktøjet har brugeren mulighed for at indtaste egne data, hvis der foreligger specifikke oplysninger om beplantninger. Hvis sådanne data ikke er tilgængelige, stiller værktøjet nøgledata til rådighed baseret på beplantningens type, aktivitet og kulstofbindingsevne.

Brugeren kan vælge mellem følgende aktiviteter i værktøjet:

- Nyplantning
- Bevaring
- Bortskaffelse

Herudover kan følgende beplantningstyper vælges:

- Skov
- Græsområde
- Holdt græsplæne
- Krat-/buskområde
- Eng
- Vådområde/mose
- Have
- Grøn facade
- Grønt tag
- Vandområde
- Træer (enkeltstående, som bidrager til begrønningen af området)

Endelig kan brugeren i værktøjet definere en kulstofbindingsevne. Her er tre kategorier opstillet:

- Høj
- Moderat
- Lav

Hver af disse kategorier uddybes i det følgende.

2.2.1 Nyplantning

Datagrundlaget for beplantningers CO₂-optag i brugsfasen (B1) er begrænset. Der findes enkelte videnskabelige studier, der har undersøgt optaget for specifikke typer af beplantninger, men det samlede vidensgrundlag er spinkelt. Det er desuden vigtigt at være opmærksom på, at nogle af disse studier omhandler forhold, der ikke nødvendigvis er sammenlignelige med danske forhold.

For enkelte af de definerede typer beplantning har det endnu ikke været muligt at finde data om CO₂-optag. Derfor er disse foreløbigt udeladt fra UrbanLCA-værktøjet. Plan22+-fonden har dog faciliteret projektet LCAlandskab, som udarbejdes af SLA Arkitekter, BUILD og Aaen Engineering. Det forventes, at dette projekt vil kunne levere data, der kan integreres i UrbanLCA-værktøjets faner for beplantning og belægning.

På baggrund af det nuværende datagrundlag, er der i Tabel 7 estimeret CO₂-optagsrater for forskellige typer beplantning.

Tabel 7. CO₂-optag fra diverse beplantninger og tilhørende kilder.

Beplantningstype	CO ₂ -optag [kg CO ₂ -ækv/m ² · år]			Kilde
	Høj	Moderat	Lav	
Skov	2,12	1,49	0,86	[8]
Græsområde	0,40	0,22	0,11	[9]
Holdt græsplæne	0,34	0,25	0,17	[10]
Krat-/buskområde	0,32	0,20	0,16	[11]
Eng	0,85	0,43	0,27	[12]
Vådområde/mose	0,46	0,28	0,16	[13]
Have	0,33	0,33	0,33	[14]
Grøn facade	-	-	-	-
Grønt tag	0,31	0,31	0,31	[15]
Vandområde	-	-	-	-
Træer	1,70	1,14	0,85	[16]

2.2.2 Bevaring

Ved bevaring benyttes de samme årlige CO₂-optagsrater som for nyplantning jf. Tabel 7. I praksis vil det årlige optag dog variere i forhold til nyplantning, afhængigt af beplantningens alder. For at sikre enkelthed i UrbanLCA-værktøjet er denne forenklede tilgang valgt.

2.2.3 Bortskaffelse

Emissioner fra bortskaffelse af beplantninger medregnes ikke i UrbanLCA-værktøjet.

2.3 Belægninger (I værktøjet: **Hardscapes**)

Til at estimere miljøpåvirkningen fra belægninger benyttes værktøjet InfraLCA, udviklet af Vejdirektoratet, som input til UrbanLCA-værktøjet. InfraLCA indeholder en række typiske belægningsmaterialer, som brugeren kan kombinere for at sammensætte en belægningsopbygning.

Brugeren har også mulighed for at indtaste egne data, hvis der foreligger specifikke oplysninger om belægninger. Hvis sådanne data ikke er tilgængelige, stiller værktøjet nøgledata til rådighed baseret på belægningstype og aktivitet. Værktøjet er desuden forberedt til at kunne graduere belægningstyper i kategorier med høj, moderat eller lav miljøpåvirkning. Dog er det nuværende datagrundlag endnu for begrænset til at muliggøre en detaljeret graduering.

Brugeren kan vælge mellem følgende aktiviteter i værktøjet:

- Ny belægning
- Bevaring
- Bortskaffelse

Herefter kan følgende belægningstyper vælges:

- Asfalt T0 (kun lette køretøjer)
- Asfalt T1 (mindre end 1 lastbil pr. døgn)
- Asfalt T2 (op til 65 lastbiler pr. døgn)
- Asfalt T3 (mellem 65 og 120 lastbiler pr. døgn)
- Asfalt T4 (mellem 120 og 560 lastbiler pr. døgn)
- Asfalt T5 (mellem 560 og 1200 lastbiler pr. døgn)
- Tegl
- Brosten
- Fliser
- Grus
- Armeret græs

Som tidligere beskrevet kan brugeren vælge mellem følgende miljøpåvirkningskategorier:

- Høj
- Moderat
- Lav
- Genbrug

Værdierne for kategorierne høj, moderat og lav miljøpåvirkning har som tidligere beskrevet ikke forskellige værdier grundet manglende datagrundlag. Kategorien *Genbrug* er inkluderet med antagelsen om direkte genbrug, hvor udledningen i LCA-faserne sættes til nul.

En detaljeret beskrivelse af hver kategori følger i det efterfølgende.

2.3.1 Ny belægning

I UrbanLCA-værktøjet er LCA-faserne A1-A3, A4-A5 og C3-C4 inkluderet for belægninger. Miljøpåvirkningen for opbrydning af eksisterende belægning er ligestillet med værdien for C3-C4-faserne for etablering af ny belægning. I den nuværende version af værktøjet skelnes der ikke mellem høj, moderat og lav miljøbelastningsgrad for belægningerne.

Artelias specialister i anlægsprojekter har identificeret en række typiske belægningsopbygninger, som sammen med faktiske opbygninger fra Frederiksberg Hospitalsgrund danner grundlaget for de opbygninger, brugeren kan vælge imellem i UrbanLCA-værktøjet. Tabel 8 præsenterer disse opbygninger samt de tilhørende emissionsværdier fordelt på LCA-faser.

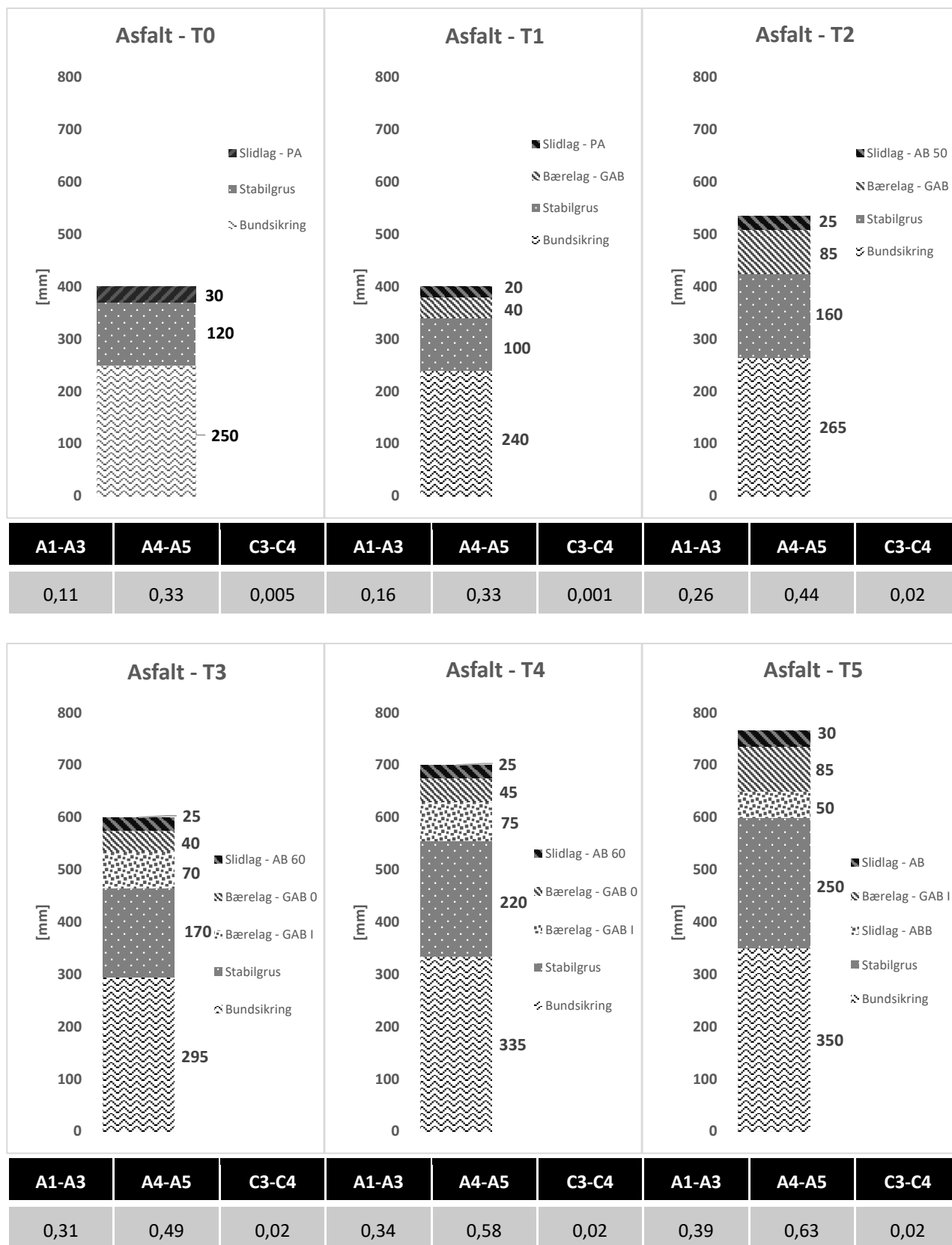
2.3.2 Bevaring

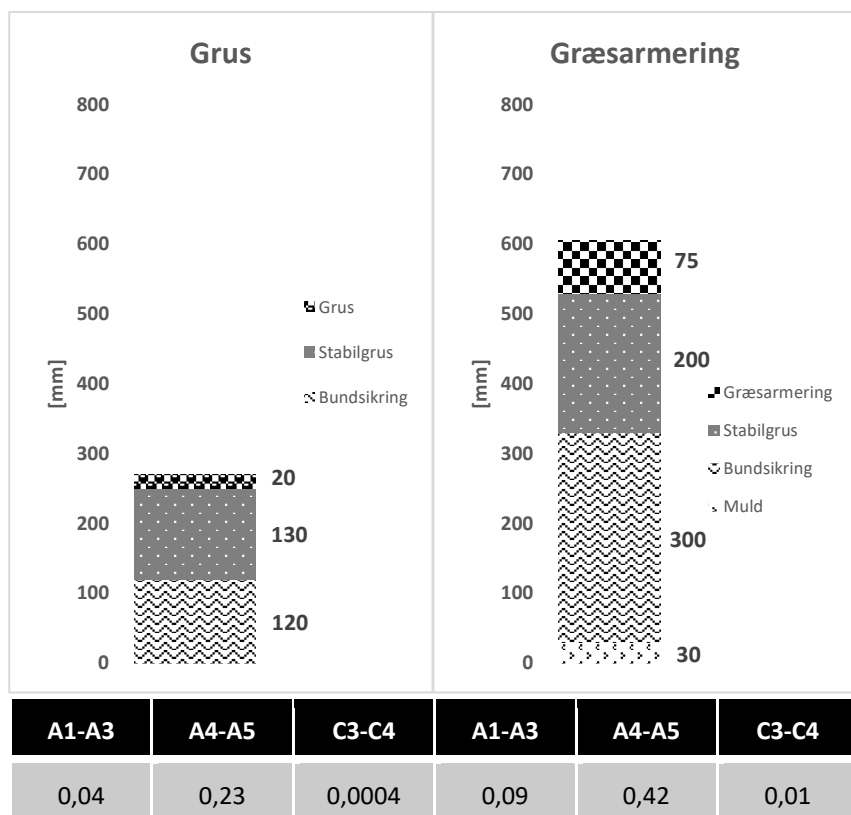
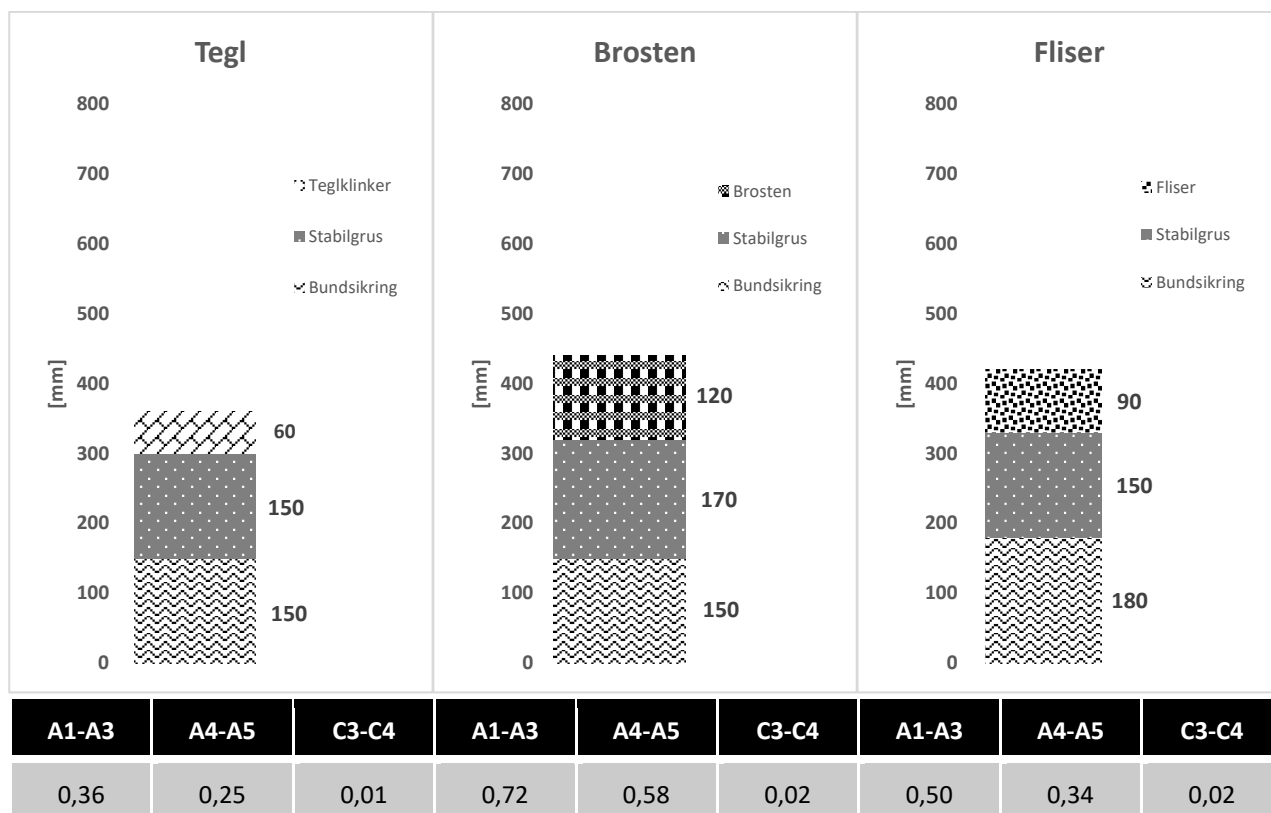
Ved bevaring af eksisterende belægning medregnes kun bidraget fra C3-C4, som ved nyanlæg, da belægningen på et senere tidspunkt stadig skal bortskaffes.

2.3.3 Bortskaffelse

Ved bortskaffelse af belægninger anvendes de samme emissionsværdier for LCA-faserne C3-C4 som ved nyanlæg.

Tabel 8. Vejopbygninger med tilhørende emissionsværdier i kg CO₂-ækv. pr. m² pr. år.





2.4 Forsyninger (I værktøjet: **Utilities**)

Miljøpåvirkningen fra eksterne forsyninger er inkluderet for rør/ledninger og tilhørende gravearbejde. Det har ikke været muligt at finde data for forsyningsanlæg som f.eks. transformatorstationer, varmecentraler eller forsinkelsesbassiner, hvorfor disse ikke er omfattet af UrbanLCA-værktøjet.

Der er imidlertid igangsat et Plan22+-projekt *ForsyningsLCA*, hvor en række forsyningsselskaber samarbejder om at udarbejde emissionsværdier for forsyningsinfrastruktur. Når dette projekt er afsluttet, forventes det, at de tilvejebragte data kan integreres i UrbanLCA-værktøjet.

Ligesom for de øvrige delelementer i UrbanLCA-værktøjet kan brugeren kombinere en aktivitet, konstruktion og miljøpåvirkning.

I værktøjet kan brugeren vælge mellem følgende aktiviteter for forsyninger:

- Nyanlæg af forsyning
- Bevaring
- Bortskaffelse

For nuværende omfatter UrbanLCA-værktøjet følgende forsyningstyper:

- Fjernvarmeledning
- Brugsvandsledning
- Spildevandsledning
- Regnvandsledning
- Elkabler

Brugeren kan vælge mellem følgende miljøpåvirkningskategorier:

- Høj
- Moderat
- Lav

Værdierne for kategorierne høj, moderat og lav miljøpåvirkning er for nuværende ensartede, da der mangler tilstrækkeligt datagrundlag for at differentiere dem.

En detaljeret beskrivelse af hver kategori følger i det efterfølgende.

2.4.1 Nyanlæg

Til estimering af emissionsværdierne for forsyningsledninger er der taget udgangspunkt i en case på Frederiksberg, hvor installationen omfatter 200 m Ø168 fjernvarmeledning, 200 m Ø110 brugsvandsledning og 128 m spildevandsledning med varierende dimensioner. Emilie Berg Hansen har i sit kandidatspeciale estimeret miljøpåvirkningen fra processerne ved installation af disse forsyningsledninger gennem InfraLCA. Beregningerne inkluderer produktion af rør og ledninger, bortgravning af jord, opbrydning af eksisterende asfalt samt nyanlæg af vejkasse samt anlæg af omkringfyld.

For at omregne de case-specifikke værdier til simple og anvendelige nøgletal, der kan bruges i de tidlige designfaser, hvor dimensionerne på rør og ledninger endnu ikke er fastlagt, er værdierne blevet nedskaleret til at omfatte typiske gennemsnitlige ledningsstørrelser. Som grundlag er der anvendt et udtræk over eksisterende ledninger på Hospitalsgrunden på Frederiksberg, hvilket har dannet basis for beregningen af en gennemsnitlig ledningsstørrelse for de forskellige ledningstyper. Tabel 9 opsummerer emissionsværdierne fordelt på faser for ledningstyperne.

Tabel 9. Emissionsværdier for diverse ledningstyper anvendt i UrbanLCA-værktøjet.

Ledningstype	Emissionsværdier [kg CO ₂ -ækv/m · år]		
	A1-A3	A4-A5	C3-C4
Fjernvarmeledning	0,71	0,61	0,06
Brugsvandsledning	1,32	0,72	0,11
Spildevandsledning	1,77	1,00	0,14
Regnvandsledning	1,77*	1,00*	0,14*
Elkabler	0,39	0,56	0,02

*Emissionerne for regnvandsledninger er vurderet værende identisk med spildevandsledninger.

Af Tabel 9 fremgår også emissionsværdierne for elkabler. Der er taget udgangspunkt i casen for fjernvarmeledningen, hvor gravearbejdet er antaget værende identisk, mens fjernvarmeledningen er udskiftet med et specifikt elkabel.

2.4.2 Bevaring

Ved bevaring af eksisterende ledninger og kabler medregnes kun bidraget fra C3-C4, da ledningerne på et senere tidspunkt stadig skal bortskaffes. Klimabelastningen antages at have samme størrelse som for nyanlæg.

2.4.3 Bortskaffelse

Ved bortskaffelse af ledninger antages klimabelastningen fra LCA-faserne C3-C4 at have samme størrelse som for nyanlæg.

2.5 Mobilitet

Mobilitet er inkluderet i UrbanLCA-værktøjet som personers brug af bil, tog, bus og cykel i et byområde. I værktøjet er mobilitetsdata baseret på data fra Frederiksberg, som udgør baggrundsdata. Brugere af værktøjet opfordres til at overskrive disse værdier med specifikke og aktuelle data fra deres eget område. Da *TrafikVaneUndersøgelsen (TU)* har lukkede data, som kun er tilgængelige via abonnement, er data for alle områder ikke integreret i værktøjet.

Baggrundsdataene udgør grundlaget for mobilitetsberegningerne i værktøjet. For at give brugeren mulighed for at undersøge forskellige mobilitets tiltag, er data fra *Turrater* [17] anvendt til at korrigere baggrundsdata. Dette gør det muligt for brugeren at analysere følgende tiltag:

- Parkeringsnormering
- Bilejerskab
- Parkeringsrestriktioner
- Afstand til station

Desuden kan brugeren justere den forventede andel af cykler, hvilket reducerer mængden af de øvrige transportformer lineært.

Emissionsfaktorerne for **biler** og **busser** er bestemt fra COWIs rapport *Emissionsfaktorer for vejtransport frem mod 2080* [18], hvor data i Tabel 10 stammer fra.

Tabel 10. Emissionsfaktorer for transport i bil og bus i g/km.

	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080
Bil	142,8	115,2	79,7	38,6	8,9	1,7	1,3
Bus	695,5	633,5	517,8	293,9	107,2	26,7	7,9

For at tage højde for forskellig passagerkapacitet omregnes emissionsfaktorerne til enheden "g/person km". Brugeren kan i værktøjet indtaste det forventede gennemsnitlige antal personer pr. bil, mens beregninger for busser tager udgangspunkt i en typisk bus med 54 pladser og en belægningsgrad på 63%, som angivet i COWIs rapport *Sammenligning af emissionsfaktorer* [19].

Mellem årstallene i angivet i Tabel 10 er der lavet en lineær interpolation, og en gennemsnitsværdi for perioden 2025 til 2074 er benyttet som emissionsfaktor for alle beregningsår i UrbanLCA-værktøjet.

For **tog** er der anvendt en emissionsværdi på 27 g/person km i år 2020 [19]. Fremskrivningen af tog-emissioner følger sammen procentvise reduktions som for busser i Tabel 10 jf. COWI's rapport.

2.6 Biodiversitet

Biodiversitet er i UrbanLCA-værktøjet opdelt i to kategorier: **on-site** og **off-site biodiversitet**.

On-site biodiversitet:

Til vurdering af on-site biodiversitet er fremgangsmåden baseret på metoden anvendt i den nyeste DGNB-manuel fra 2023 [20]. Hvorvidt metoden faktisk fremmer biodiversitet i nærområdet eller blot reflekterer graden af begrønning, er uden for denne sammenhæng at vurdere. Metoden er dog enkel at anvende og allerede i brug, hvilket har gjort det naturligt at implementere den i UrbanLCA-værktøjet.

Off-site biodiversitet:

For at estimere off-site påvirkningen på biodiversitet findes der en bred vifte af indikatorer, der hver især belyser forskellige aspekter af biodiversitet. Beregning af biodiversitetspåvirkningen kræver imidlertid omfattende data og analyse, hvilket er udfordrende på grund af et relativt spinkelt datagrundlag.

Derfor er det valgt at benytte indikatoren *material footprint*. Denne indikator er simpel, da den kun relaterer sig til vægten af anvendt materiale. Fordelen ved material footprint er, at vægten af den samlede bygning allerede beregnes gennem LCA-processen, hvilket eliminerer behovet for yderligere dataindsamling til specifikke biodiversitetsberegninger. Material footprint er en vigtig indikator, eftersom materialetræk fra terrestriske og marine økosystemer har en indvirkning på bl.a. ændringer i arealanvendelse, kemisk belastning og tab af biodiversitet. Selvom material footprint ikke er en direkte indikator for økologisk påvirkning, er det en velkendt og alment brugt proxy i politiklitteraturen og har et solidt empirisk grundlag til dette formål [21].

Derudover viser undersøgelser ifølge [22] en høj korrelation (0,73) på aggregeret niveau mellem material footprint og den økologiske indflydelse. Dette understøtter brugen af material footprint som en praktisk og anvendelig indikator i denne sammenhæng.

I UrbanLCA-værktøjet er der medregnet off-site biodiversitet fra **Architecture** (bygninger), **Hardscapes** (belægninger) og **Utilities** (forsyninger). Drift til bygninger er dog udeladt. **Softscapes** (beplantning) og **Mobility** (mobilitet) indgår ikke som en del af UrbanLCA-værktøjet.

Material footprint-værdierne for **Architecture** stammer fra Artelias LCA-database over byggerier, hvor den samlede vægt af forskellige byggerier er blevet analyseret. På baggrund af disse data er der udført en lineær regression for at undersøge sammenhængen GWP og material footprint for forskellige bygningstypologier. De udviklede regressioner, opdelt efter bygningstypologier, er efterfølgende anvendt til at estimere det samlede material footprint for bygningstypologierne, der indgår i UrbanLCA-værktøjet.

For **Hardscapes** er værdierne for material footprint baseret på opbygningerne angivet i Tabel 8. For hvert lag i opbygningerne er densiteten typisk estimeret ud fra data fra InfraLCA. I tilfælde, hvor densiteter ikke er tilgængelige i InfraLCA, er de blevet estimeret med input fra forskellige entreprenører inden for vej- og asfaltarbejde.

Slutteligt er værdierne for **Utilities** estimeret ud fra en eksisterende case på Frederiksberg Hospitalsgrund. Her er en gennemsnitlig rørstørrelse blevet bestemt og vægten af disse rør er anvendt som indikator for material footprint.

3 Bibliografi

- [1] Arkitema, COWI, BUILD - Aalborg Universitet og Rådet for Bæredygtigt Byggeri, »Klimadata for renovering,« Realдания, 2024.
- [2] L. B. Schytte, A. Qvist Secher, P. Krogh Ohms, C. Falstrup, A. Møller, P. Scheutz og K. Haugbølle, »LCby: Forslag til beslutningsstøtteværktøj for byplanlæggere til omkostningseffektive klimatiltag,« Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet, Aalborg, 2024.
- [3] M. S. Nilsson, L. Høiby og S. E. Maagaard, »Emissionsfaktorer: El, fjernvarme og ledningsgas 2025-2075,« Artelia, Århus, 2023.
- [4] B. Tozan, C. O. Olsen, C. G. Sørensen, J. Kragh, J. Rose, S. Aggerholm og H. Birgisdottir, »Klimapåvirkning fra nybyggeri: Analytisk grundlag til fastlæggelse af ny LCA baseret grænseværdi for bygningers klimapåvirkning fra 2025,« Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet, Aalborg, 2023.
- [5] K. Kanafani, J. Magnes, A. Garnow, S. M. Lindhard og M. Balouktsi, »Ressourceforbrug på byggepladsen: Klimapåvirkning af bygningers udførelsesfase,« Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet, Aalborg, 2023.
- [6] Social-, Bolig- og Ældreministeriet, »Tillægsaftale mellem regeringen (Socialdemokratiet, Venstre og Moderaterne) og Socialistisk Folkeparti, Det Konservative Folkeparti, Enhedslisten, Radikale Venstre og Alternativet om national strategi for bæredygtigt byggeri,« 30. maj 2024. [Online]. Available: https://www.sm.dk/Media/638560336830794358/Till%C3%A6gsaftale_om_stramning_af_CO2e-krav_til_bygninger_UA.pdf. [Senest hentet eller vist den 10. januar 2025].
- [7] Effekt, CEBRA og Artelia, »Reduction Roadmap 2.0,« 15. december 2023. [Online]. Available: <https://reductionroadmap.dk/reduction-roadmap-2>. [Senest hentet eller vist den 10. januar 2025].
- [8] Food and Agriculture Organization of the United Nations, »State of the World's Forest 2001,« 2001.
- [9] Økologisk Landsforening, »Kulstofbinding i økologiske græsmarker,« Økologisk Landsforening, 2012.
- [10] G. Zirkle, R. Lal og B. Augustin, »Modeling Carbon Sequestration in Home Lawns,« *HortScience* 46(5), pp. 808-814, 2011.
- [11] T. Tommila, O. Tahvonen og M. Kuittinen, »How much carbon can shrubs store? Measurements and analyses from Finland,« *Elsevier, Urban Forestry & Urban Greening, Vol. 101*, November 2024.
- [12] M. V. Sørensen, R. Strimbeck, K. O. Nystuen, R. E. Kapas, B. J. Enquist og B. J. Graae, »Draining the Pool? Carbon Storage and Fluxes in Three Alpine Plant Communities,« *Springer Science, Ecosystems*, pp. 316-330, 30. maj 2017.
- [13] C. Cheng, M. Li, Z. Xue og Z. Zhang, »Impacts of Climate and Nutrients on Carbon Sequestration Rate by Wetlands: A Meta-analysis,« *ResearchGate, Chinese Geographical Science* 30(3), pp. 483-492, Juni 2020.
- [14] Organic plant nursery, »Sequestering carbon in the garden,« Organic plant nursery, 24. december 2023. [Online]. Available: https://www.organicplantnursery.co.uk/blogs/the_sustainable_gardener/sequestering-carbon-in-the-garden?srltid=AfmBOopAiB_dRqFled7BjtdGQoGQfr5b1gjHB8vOa9codz8deWtWyLbU. [Senest hentet eller vist den 14. januar 2025].

- [15] M. Shafique, X. Xue og X. Luo, »An overview of carbon sequestration of green roofs in urban areas,« *Elsevier, Urban Forestry & Urban Greening*, Vol. 47, 5 november 20219.
- [16] J. K. Vivian, T. Nord-Larsen, L. Vesterdal og N. S. Bentsen, »Kulstofbinding ved skovrejsning 2020: Sagsnotat,« University of Copenhagen, København, 2020.
- [17] Vejregler, »Katalog Turrater: Anlæg og planlægning,« Vejregler, 2020.
- [18] COWI, »Emissionsfaktorer for vejtransport frem mod 2080,« COWI, Kongens Lyngby, 2018.
- [19] COWI, »Sammenligning af emissionsfaktorer,« COWI, Kongens Lyngby, 2023.
- [20] Rådet for Bæredygtigt Byggeri, »DGNB System Danmark: Bæredygtighedscertificering af Nye bygninger og omfattende renoveringer,« Rådet for Bæredygtigt Byggeri, 2023.
- [21] Sustainable Development Index, »Methodology and data,« Sustainable Development Index, 2024. [Online]. Available: <https://www.sustainabledevelopmentindex.org/methods>. [Senest hentet eller vist den 14. januar 2025].
- [22] E. van der Voet, L. van Oers og I. Nikolic, »Dematerialization: Not Just a Matter of Weight,« *Wiley: Journal of Industrial Ecology*, pp. 121-137, Oktober 2004.