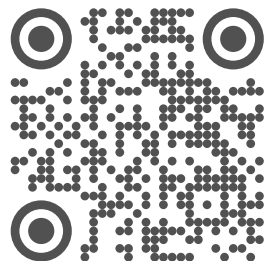


URBAN LCA

ET DESIGNVÆRKTØJ TIL AT EVALUERE CO₂-UDLEDNING OG
BIODIVERSITET I EN URBAN SKALA





Urban LCA-værktøjet, appendikset og
denne rapport er open source (copyleft)
og mulig at downloade og bruge her:
www.effekt.dk/urbanlca

01	Introduktion	05	Forord
		06	Nøgleinsigter og konklusioner
02	Urban LCA Værktøj	09	Vision og formål
		10	Klimastabilitet og fungerende økosystemer
		11	At tage beslutninger i byudvikling
		12	Design-iteration
		13	Urbane indikatorer
		14	Urbane kategorier
03	Caseanalyse	43	Projektoverblik
		46	Scenarier
04	Næste skridt	63	Fra Urban LCA til bygnings-LCA
		64	Områder til fremtidig undersøgelse
		66	Projekthold

01 Introduktion

Forord

Oversigt

Denne rapport er en opsummering af vores arbejde med Urban LCA beta-værktøj for CO₂- og biodiversitetsvurdering (beta version: brugbar og funktionsmæssigt komplet, men kan stadig indeholde fejl eller manglende data indtil den endelige udgivelse). Rapporten indeholder ikke al materiale vedrørende værktøjet, men giver i stedet et overblik over de vigtigste dele og pointer. Endvidere forklarer appendikset baggrundsinformation vedrørende metode, implementeret data, samt referencer.

Struktur

Rapporten er inddelt i fire kapitler:

Del 1 opsummerer rapportens overordnede struktur og præsenterer projektets vigtigste læringer og konklusioner.

Del 2 forklarer vision og formål for forskellige interessenter, værktøjet i sig selv, anvendte indikatorer, samt hvilke dele af byudvikling, der er målt. For hver urban kategori opsummeres de vigtigste pointer i forhold til CO₂-udledning, Material Footprint og biofaktorer.

I del 3 bliver det generelle værktøj testet på et konkret byområde - udviklingen af Frederiksberg Hospital. Den viser den tilsigtede brug af værktøjet: at sammenligne forskellige udviklingsscenarier med hensyn til deres indvirkning. Herefter opsummeres de vigtigste resultater.

4. og sidste del af rapporten beskriver refleksioner, datamangel og værktøjets begrænsninger. Her identificeres også mulighedsrum for fremtidige forbedringer samt relevans for yderligere versioner af værktøjet.

Disclaimer: Rapportens danske version

Urban LCA-værktøjet er udviklet på engelsk, og denne danske oversættelse af rapporten er udarbejdet som hjælp til at forstå det. For klarhedens skyld bevares værktøjets begreber rapporten igennem på engelsk.



Visualiseringen ovenfor giver et overblik over udviklingen af Frederiksberg Hospital og fremhæver centrale aspekter af byplanlægningen – fra mobilitet og grønne områder til forsyningsinfrastruktur med mere.

Nøgleinsigter og konklusioner

Efter udviklingen af værktøjet har vi testet Urban LCA på et konkret eksempel: transformationen af Frederiksberg Hospital. Vi har sammenlignet fire forskellige byscenarier – fra total nedrivning og nybyggeri til fuld bevaring og transformation. Analysen har givet værdifuld indsigt i både CO₂-udledning og påvirkning af biodiversitet. I dette afsnit præsenterer vi de seks vigtigste læringer fra undersøgelsen. Yderligere detaljer fremgår senere i rapporten.

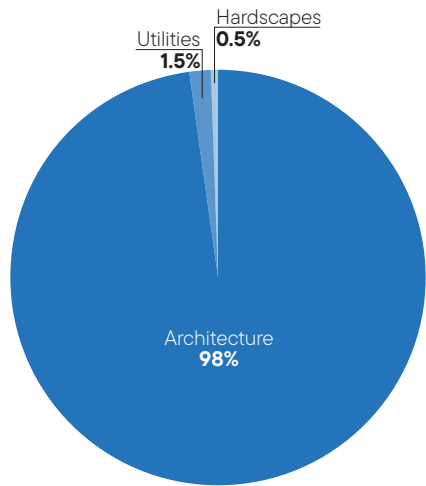
Nøgleinsigt 1

Bygninger udgør størstedelen af den samlede miljøpåvirkning i byudvikling

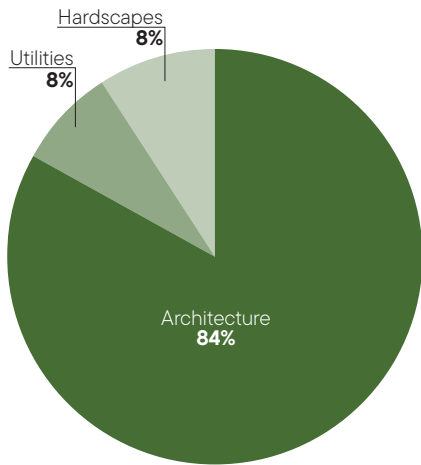
Arkitekturkategorien (bygninger) står for over 95 % af den samlede CO₂-udledning og 80 % af materialeklimateffekten.

Caseanalysen af Frederiksberg Hospitals igangværende planlægning understreger denne fordeling og prioritering.

Selvom lavemissionsvalg inden for befæstede overflader, grønne områder og tekniske installationer stadig er relevante, bør den tidlige planlægning primært fokusere på arkitekturens miljøpåvirkning.



Carbon emission Scenarie 1A.



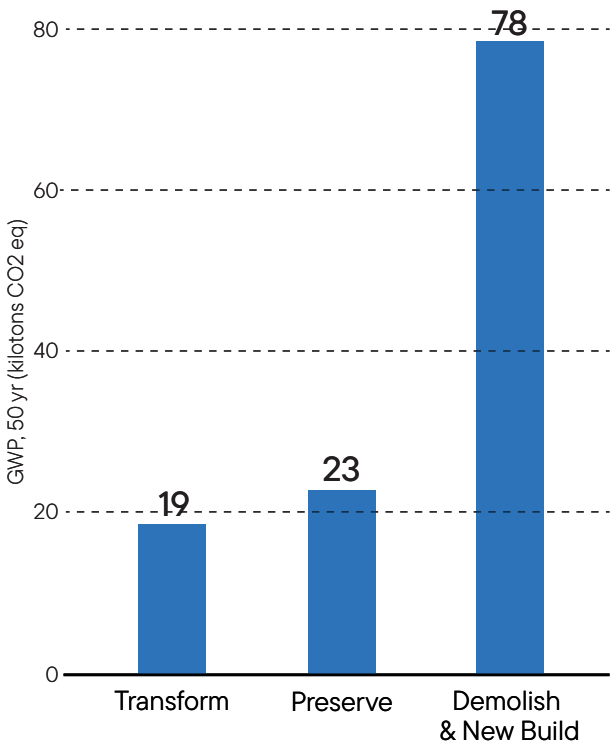
Material footprint Scenarie 1A.

Nøgleinsigt 2

Transformation er bedre end bevaring og nybyggeri

Transformation reducerer CO₂-udledningen og påvirkningen af biodiversiteten betydeligt sammenlignet med nybyggeri. Derudover overgår alle transformationstyper – Light, Moderate eller Deep – bevarelse i de samlede resultater. **Mens bevaring undgår indlejrede CO₂-emissioner og yderligere materialeaftryk fra bygningsaktivitet, udgør dens ineffektive driftsenergi en betydelig belastning for planeten. Derimod involverer transformation materialeinput under opførelsen, men de emissionsbesparelser, der opnås gennem energirenovering, opvejer disse materialepåvirkninger.**

Dette stemmer overens med resultaterne på europæisk plan, hvor Europa-Kommissionen understreger behovet for at renovere 146 millioner bygninger inden 2050 for at nå Net-Zero (Europa-Kommissionen, 2020, "Renovation Wave: The European Green Deal").



Sammenligning af CO₂-udledninger for forskellige aktiviteter.

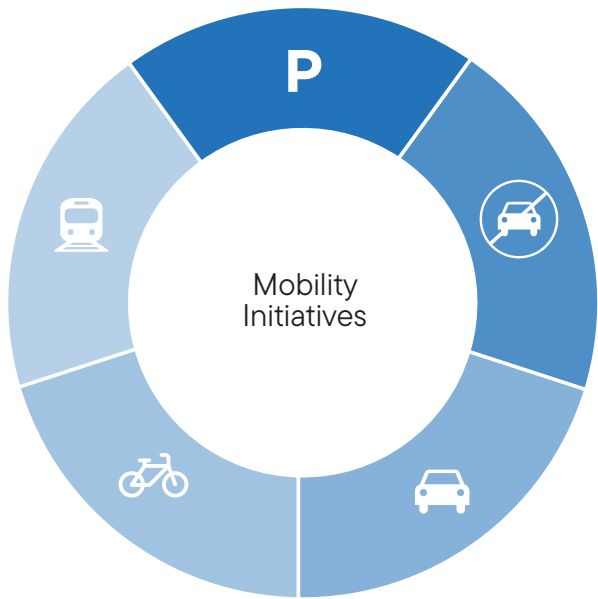
Nøgleinsigt 3

Kommunale mobilitetsinitiativer sparer afgørende emissioner

Mobilitetsdelen af værktøjet gør det muligt for planlæggere at justere mobilitetsinitiativer og gennemgå de resulterende emissionsreduktioner.

Resultaterne viser betydelige besparelser, og kommunerne spiller en nøglerolle i denne proces.

Gennem deres kommuneplaner og lokalplaner kan kommunerne implementere foranstaltninger som parkeringsrestriktioner, incitamenter til øget brug af cykler, delvis planlægning af yderligere offentlig transport og revisioner af parkeringsnormer, blandt andet.

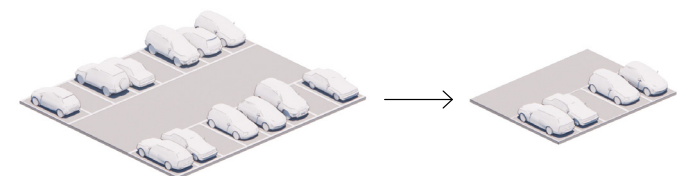


Fem mobilitetsinitiativer kan vælges i Urban LCA.

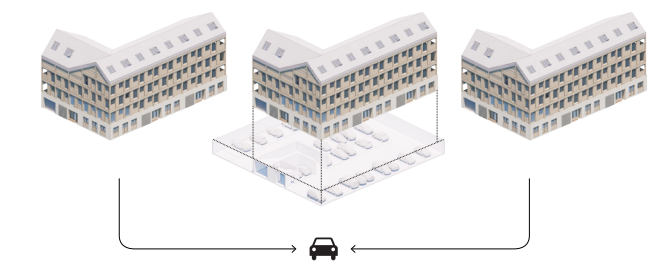
Nøgleinsigt 4

Parkeringskonklusioner

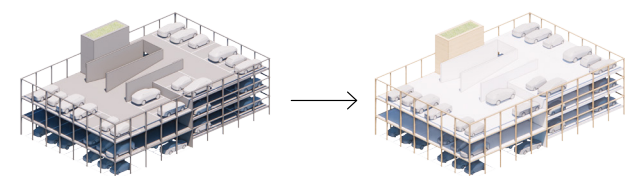
Antal parkeringspladser: Den mest effektive måde at reducere klimapåvirkningen på er ved at mindske antallet af parkeringspladser. Mere reguleret parkering resulterer i færre mulighed for parkering og dermed også til en lavere udledning.



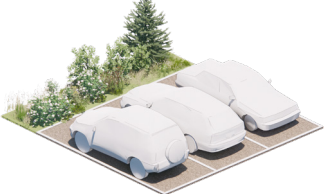
Centraliserede parkeringskældre: Centraliserede parkeringskældre skaber lavere emissioner og Material Footprint sammenlignet med individuelle parkeringskældre placeret under hver bygning. Derfor bør byplanlæggere forsøge at kombinere flere parkeringskældre til større, centraliserede kældre.



Parkeringshuse: Parkeringshuse skaber lavere lavere påvirkning end parkeringskældre. Som en ekstra undersøgelse i Frederiksberg Hospital-projektet fandt vi minimale forskelle mellem beton- og hybridkonstruktion til parkeringshuse. Træ bruges til f.eks. søjler, men kræver større dimensioner, hvilket opvejer materialebesparelserne. Ramper, dæk og elevatorer er normalt stadig i beton.



Parkering på jorden: Ud af de tre parkeringsmuligheder i Urban LCA er parkering på jorden den mest miljøvenlige på grund af det minimale materialeforbrug. Dog tager dette ikke højde for andre mulige arealanvendelser og fokuserer udelukkende på at sammenligne parkeringsmulighederne indbyrdes.



Nøgleinsigt 5

Vælg en bæredygtigheds-klasse så tidligt som muligt

Scenarie 1A og 1B adskiller sig kun ved den valgte bæredygtighedsklasse – BR25 eller Reduction Roadmap 2025. Som følge af dette scorer 1B lavere når det gælder CO₂-udledning og Material Footprint.

Det er afgørende for fornyelsen, at der sættes klare, klimatilpassede mål fra starten. Dette bør ikke overlades til senere faser af byggeprojekter eller udelukkende til værktøjer som LCAByg. **Etablering af tidlige mål minimerer risici i forbindelse med overholdelse af finansielle regler, såsom EU's taksonomi, appellerer til ansvarlige investorer og sikrer en fremtidssikret udvikling uden dyre re-designs på grund af skiftende miljøregler. Derudover gør det det muligt at udarbejde tidlige udbudsdokumenter, partnerskabsaftaler, adfærdscodekser og due diligence-processer, hvilket sikrer, at de rigtige interessenter og planlæggere er involveret fra begyndelsen.**

Business-as-usual	9.9
BR25	9.0
Low emissions class	7.2
Reduction Roadmap 2025	7.6
Reduction Roadmap 2027	4.7
Reduction Roadmap 2029	1.8

Grænseværdier for bæredygtighedsklasser i Urban LCA (A1-A5, B4, B6, C3-C4, nybyggeri, lejligheder, [kg CO₂/m²/år])

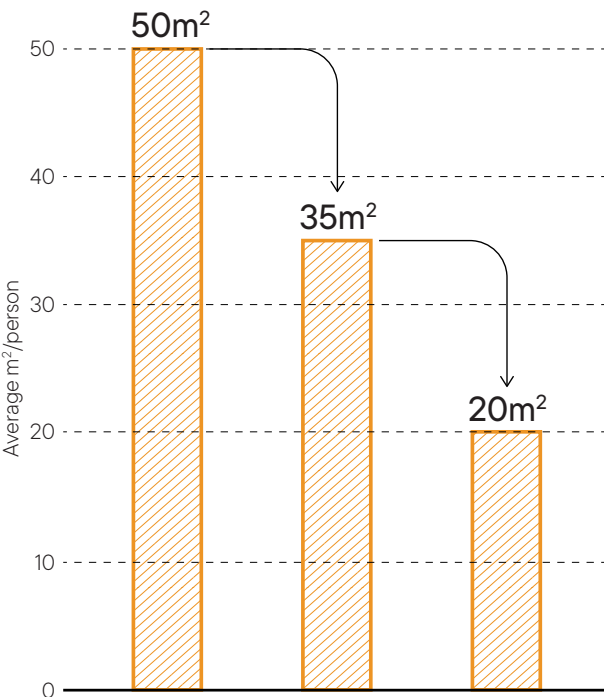
Nøgleinsigt 6

m²/person er et effektivt strategi til at reducere udledningen

En del af grunden til, at scenarie 3 har den laveste CO₂-udledning og det laveste Material Footprint, er det lave samlede antal kvadratmeter.

Da scenariet er planlagt til det samme antal beboere som de andre scenarier, fører det til et betydeligt lavere boligareal pr. beboer.

Det rejser spørgsmålet om, hvor meget plads vi har brug for til at bo. Danskernes arealforbrug per person har været stigende gennem en årrække og er nu på 54 m² per person. Lavere arealforbrug per person er et effektiv greb til at reducere udledninger.



Reduktion af CO₂- og biodiversitetspåvirkning gennem færre m² per person.

02

Urban LCA Værktøj

Vision & Formål

Det står klart, at der i de seneste år er blevet udført omfattende forskning i bygningers klimapåvirkning, ligesom der er blevet udviklet værktøjer og data til at beregne og evaluere udledninger fra byggeri gennem bygnings-LCA'er. Der er på trods af dette stadig relativt lidt data og færre eksempler på målinger af klimapåvirkningen fra de bymæssige kontekster, som bygningerne er en del af, samt deres indvirkning på biodiversitet. Dette er på trods af det faktum, at den urbane kontekst i høj grad påvirker CO₂-udledninger gennem f.eks. infrastruktur, mobilitet, landskab, bygninger og beboersammensætning.

Der er derfor behov for et brancheværktøj, der identificerer den fornødne data til at kunne skabe en fælles metode til evaluering af urbane områder, og samtidigt udfolder tilgange til CO₂-reduktioner og øget biodiversitet i en urban skala. Dette vil medvirke til at løfte den bæredygtige agenda tidligt ind i planlægningsfasen, ligesom det for byplanlæggere og bygherrer på tværs af private og offentlige projekter vil kunne bidrage til at designe og udvikle bydele med lavere klimapåvirkning, hvilket i dag er en vanskelig opgave på grund af mangel på værktøjer, data og foregangseksempler.

Urban LCA-værktøjet er designet til brug i de tidlige designfaser, da den integrerede data er baseret på statistiske værdier forbundet med en vis usikkerhed. Derfor bør værktøjet primært bruges til at identificere tendenser frem for at give præcise værdier, og det fungerer ikke som erstatning for detaljerede værktøjer i de efterfølgende faser. Der henvises til appendikset for mere information omkring data, metoder og definition af termer. I de senere designfaser bør der i stedet anvendes bygnings-LCA-værktøjer som LCAByg.

Udover dets praktiske fordele bidrager værktøjet til et kulturskifte i byggebranchen og ansporer til en proaktiv tilgang til bæredygtighed. Ved at integrere miljødata ind i designdialogen, fungerer værktøjet som brobygger mellem kreativitet og bæredygtighed. **Derved hjælper værktøjet til at sætte fokus på CO₂ og biodiversitets påvirkning i de tidlige faser af byudviklingen således det bliver en integeret del af beslutningsprocessen**

Kommuner

Med dette værktøj kan kommuner inkludere CO₂-udledning og biodiversitetspåvirkning i de tidlige faser og beslutningsprocesser for fremtidig byudviklingsplanlægning. **Så snart programmeringen og kvadratmeter er fastlagt i et givent projekt er redskabet i stand til at måle og sammenligne forskellige forslag uden at have brug for det konkrete design fra de senere faser.**

Ved at levere et praktisk og evidensbaseret værktøj hjælper det byplanlæggere med at overholde kommunale klimamål vedrørende CO₂-emissioner, biofaktorer og biodiversitetsmål og integrere dem i eksempelvis udbud, byggeprogrammer og planlægningsdokumenter. Da værktøjet er tilgængeligt for alle, kan kommuner samarbejde om at udvikle og forbedre deres egne værktøjer og tilgange til bæredygtig byudvikling.

[illegible]

Urban LCA excel redskab

Virksomheder og bygherrer

For en virksomhed, der ønsker at deres projekter følger de plantære grænser, kan det på nuværende tidspunkt være svært at sikre dette pga. af manglende redskaber og data. Ligesom det gør sig gældende for kommunalt brug, kan bygherrer føje Urban LCA til deres program og forretningsmodel for på den måde at skabe forskellige scenarier baseret på foreløbige kvadratmeterberegninger.

Med stigningen i finansielle regler som EU Taksonomi og CSDR (rapporteringsværktøj for påvirkning og ricisi) bliver compliance et stadig mere presserende fokus. Urban LCA understøtter oprettelsen af CO₂ og biodiversitetsmål og overvågningen af dem gennem et udviklingsprojekt. **Derudover kan resultaterne af dette værktøj indgå i tidlige udbudsprocesser.**

Planlæggere

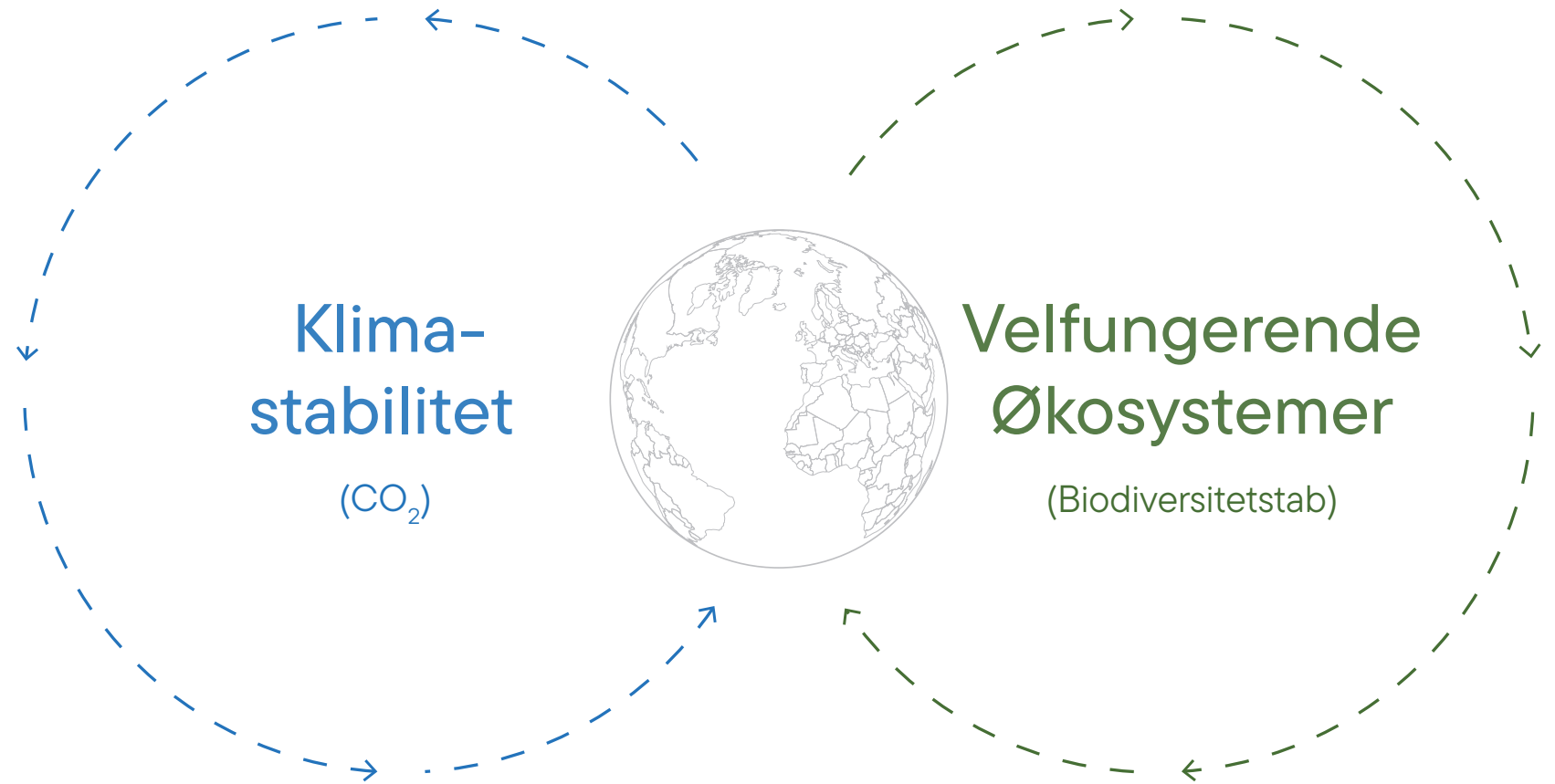
Planlæggere kan bruge Urban LCA i de tidlige designfaser til at sammenligne CO₂ og biodiversitetspåvirkning af deres designforslag, på trods af manglen på detaljer, der ofte opleves i disse tidlige stadier. Dette genererer tilgængelig viden og data omhandlende klima – og biodiversitetspåvirkning i urbane kontekster, som kan bidrage til en mere fakta- og evidensbaseret planlægning og udvikling af bæredygtig byudvikling.

Klimastabilitet og velfungerende økosystemer

De planetære grænser er videnskabeligt definerede grænser for centrale jordsystemer, som – hvis de overskrides – risikerer at udløse omfattende, irreversible miljøforandringer.

Blandt de ni grænser er klimastabilitet og velfungerende økosystemer de to, der er mest direkte påvirket af byudvikling. Disse systemer er dybt forbundne: velfungerende økosystemer understøtter klimastabilitet, og et stabilt klima er essentielt for økosystemernes trivsel.

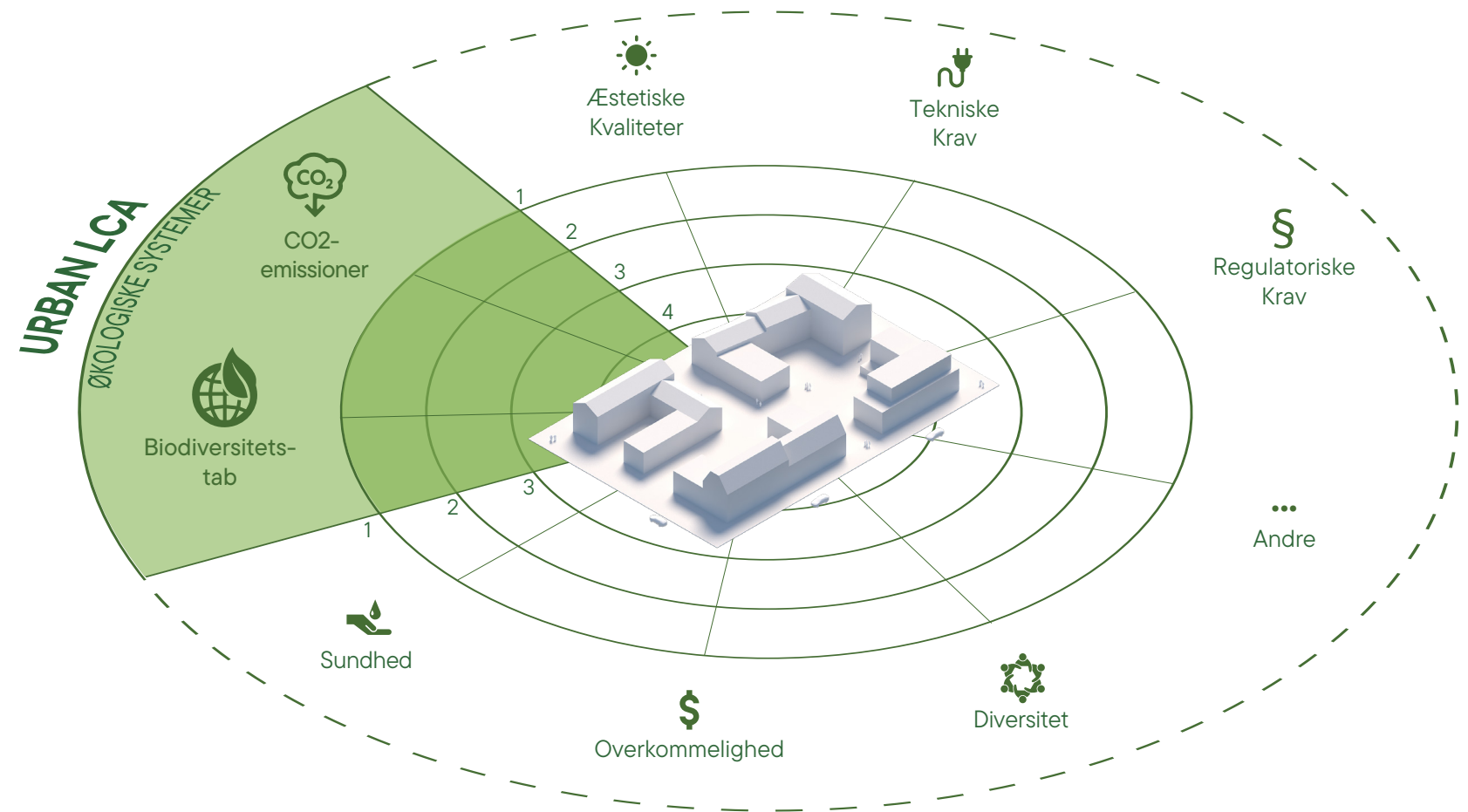
For at undgå at overskride planetens økologiske grænser skal byudviklingsprojekter minimere deres pres på disse systemer. Urban LCA anvender derfor CO₂-udledninger og biodiversitetspåvirkning som sine to hovedindikatorer.



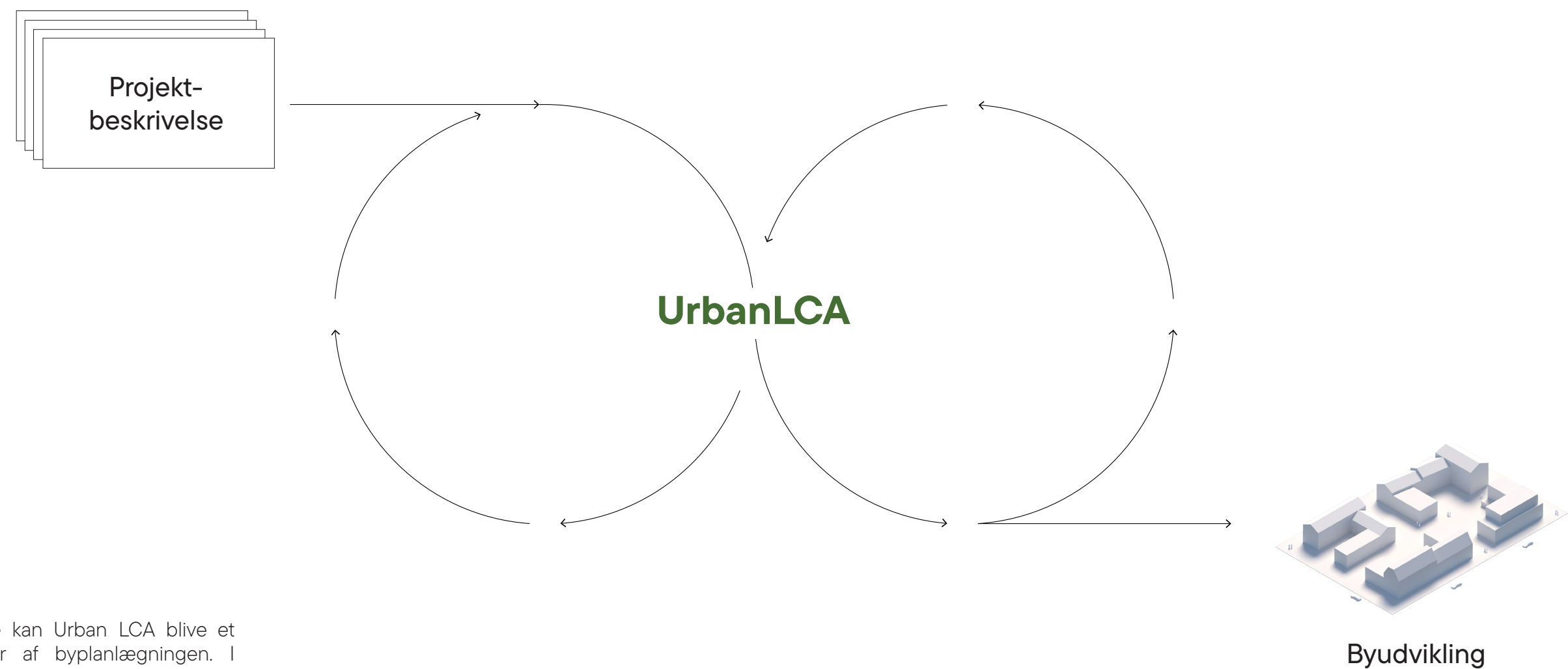
At tage beslutninger i byudvikling

Urban LCA fokuserer på CO₂-udledning og påvirkning af biodiversitet. Det er vigtigt at forstå at disse to er helt essentielle parametre for en planet i trivsel, men at der samtidig er flere faktorer man må tage i betragtning når beslutninger skal tages. Dette værktøj tager ikke højde for andre beslutningsafgørende faktorer såsom lovgivningsmæssige, økonomiske, sociale, æstetiske, tekniske og sundhedsmæssige, og kan derfor ikke stå alene for at sikre udvikling i høj kvalitet.

Urban LCA skal derfor forstås som et supplerende lag i beslutningsprocessen, og skal ikke ses som en erstatning for allerede etablerede designmetoder.



Design-iteration gennem Urban LCA



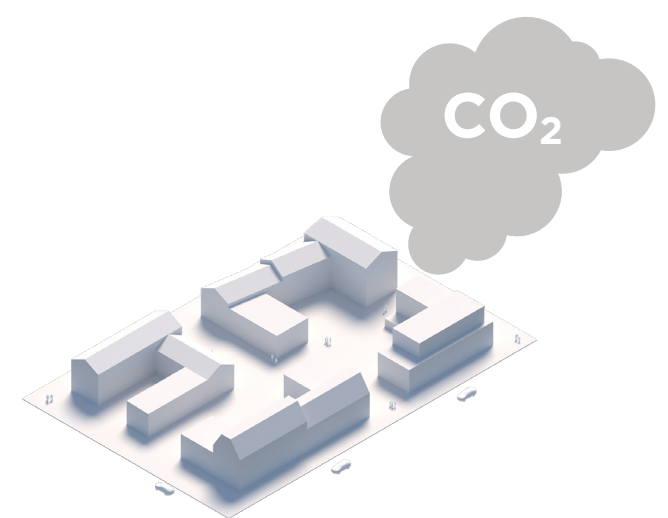
Som et designværktøj i den tidlige fase kan Urban LCA blive et standardværktøj i de indledende faser af byplanlægningen. I modsætning til traditionelle processer, hvor miljøpåvirkninger vurderes i senere faser, gør dette værktøj det muligt for planlæggere at træffe informerede beslutninger tidligt, når design stadig er flydende og kan tilpasses. I stedet for at bruge dette værktøj til at levere resultater, når alle beslutninger er truffet, er formålet at påvirke beslutningerne med kvantitativ information. Det giver øjeblikkelig feedback om CO₂-emissioner og biodiversitetspåvirkninger og understøtter iterative og udviklende designworkflows. **Ved at tillade sammenligninger af flere scenarier hjælper værktøjet med at forfine de første designs baseret på dets resultater.**

Sammen med de generelle principper for optimering, der præsenteres senere i denne rapport, reducerer det risikoen for redesigns i senere faser betydeligt.

Dette er især vigtigt for at opfylde bæredygtighedsmål, og overholde lovkrav. Værktøjet gør det muligt for interessenter at overvåge deres påvirkning helt fra begyndelsen til senere faser, **hvor Urban LCA derefter kan erstattes af mere nøjagtige Bygnings LCA-værktøjer.**

Urbane indikatorer

CO₂-udledning



CO₂ eq / m²

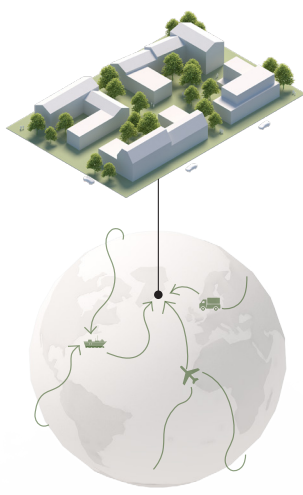
Værktøjet måler CO₂-ækvivalenter pr. kvadratmeter for at kvantificere CO₂-udledningen fra byudviklingsaktiviteter. I denne rapport bruges udtrykket "CO₂" og "CO₂-ækvivalenter" i flæng, og begge betyder CO₂-ækvivalenter. Både "total tons CO₂" og "kg CO₂/m²/år" bruges i dette projekt.

Biodiversitetspåvirkning



Biofaktor (on-site)

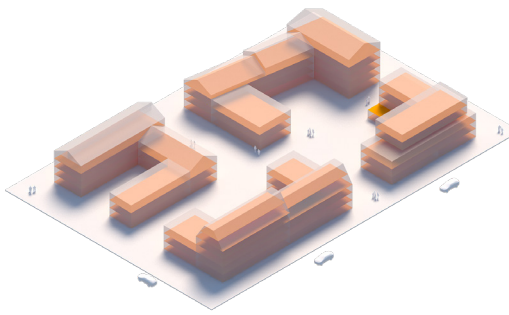
Biofaktor bruges til at måle urban begrønning, samt at sammenligne før- og efterscenarier for stedet. Dog må det bemærkes at dens relevans for bredere miljøpåvirkninger er minimal, når man ser på hele forsyningskæden, og en forbedring af biofaktoren fører ikke nødvendigvis til en forbedring af biodiversiteten. Urban LCA bruger DGNB-metoden, men kan ændres til den biofaktormodel der er besluttet anvendt i det konkrete projekt, f.eks. biofaktorberegningsmetoder fastsat i kommuneplaner.



Material footprint (off-site)

For at forstå, hvordan byggeriet påvirker naturen ud over byggepladsen, bruger Urban LCA-værktøjet "Material Footprint", som repræsenterer klimabelastningen af de anvendte materialer. Der findes andre måder at måle påvirkninger på biodiversitet, men de kræver som regel mange detaljerede data og komplicerede analyser. Materialefodaftryk er en enklere og mere tilgængelig løsning, og giver stadig et godt billede af miljøpåvirkningen – det stemmer tæt overens (73 %) med mere avancerede metoder. Off-site biodiversitet beregnes for Arkitektur, Befæstede arealer og Forsyningsinfrastruktur, men ikke for Grønne områder og Mobilitet.

Bebygget areal



Total m² og m² / person

For at kunne sammenligne scenarier med forskellige byggede kvadratmeter indeholder værktøjet en indikator for det samlede bygningsareal. Dette refererer kun til kategorien Architecture og inkluderer ikke m² fra de andre kategorier Softscapes, Hardscapes eller Utilities. Rapporten fremhæver også forskelle i m² pr. beboer for de forskellige scenarier for at tage højde for beboertætheden.

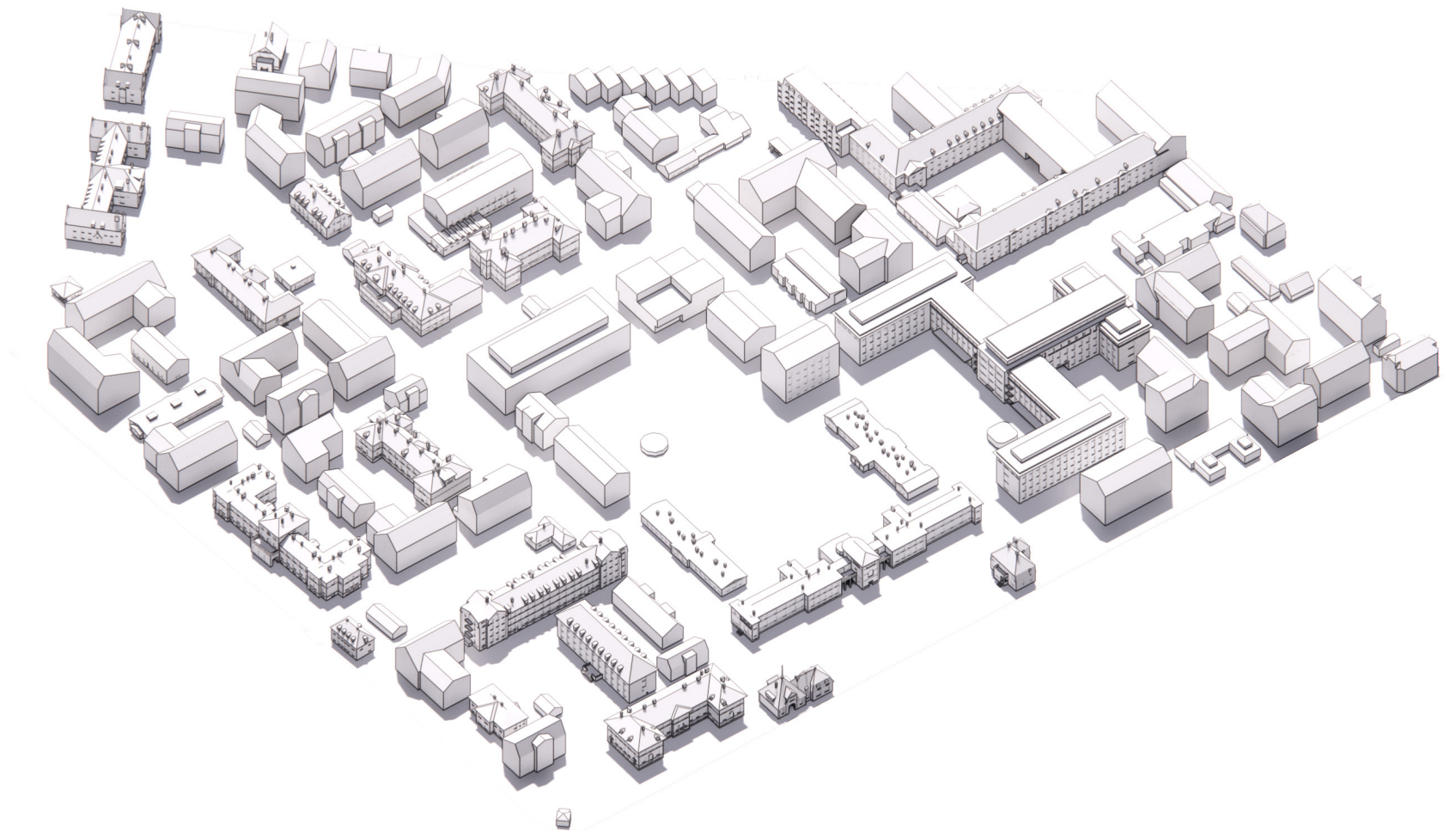
Urbane kategorier

OVERBLIK

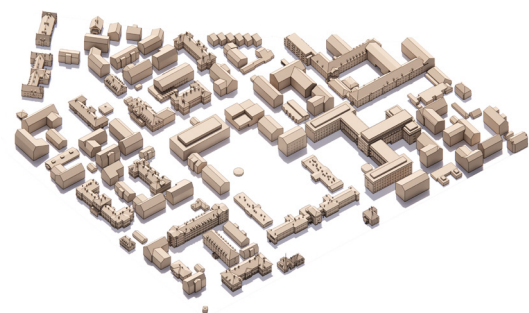
Redskabet medregner fem kategorier for et byområde: Architecture, Hardscapes, Softscapes, Mobility, and Utilities.

De første tre kategorier – Architecture, Hardscapes, og Softscapes – fungerer som **designværktøjer** og muliggør at tilpasse sit design ud fra de resultater, redskabet giver. Utilities-kategorien fungerer som et **opgørelsesværktøj** snarere end et designværktøj, da det ikke er muligt at vælge mellem forskellige forsyningstyper. Mobility-kategorien bruges til at sammenligne forskellige mobilitetsinitiativer og deres påvirkning, og fungerer altså mere som et **adfærdsværktøj**.

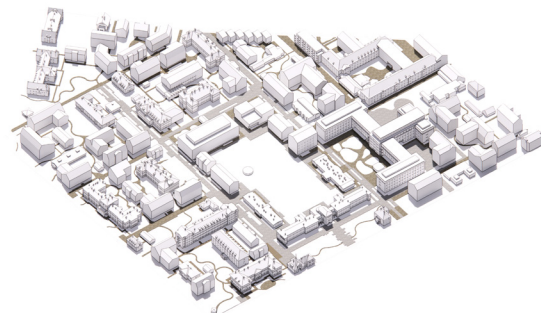
På de kommende sider vil der præsenteres detaljerede beskrivelser for hver kategori, samt tilgængelige muligheder, som brugere af værktøjet kan vælge, og nogle af de vigtigste emissionskonsekvenser.



Urban udvikling



Architecture
(designværktøj)



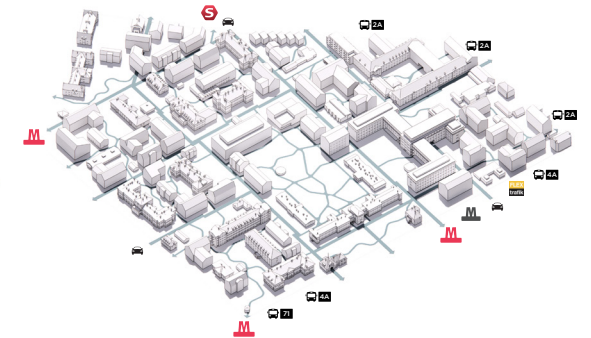
Hardscapes
(designværktøj)



Softscapes
(designværktøj)



Utilities
(opgørelsesværktøj)



Mobility
(adfærdsværktøj)

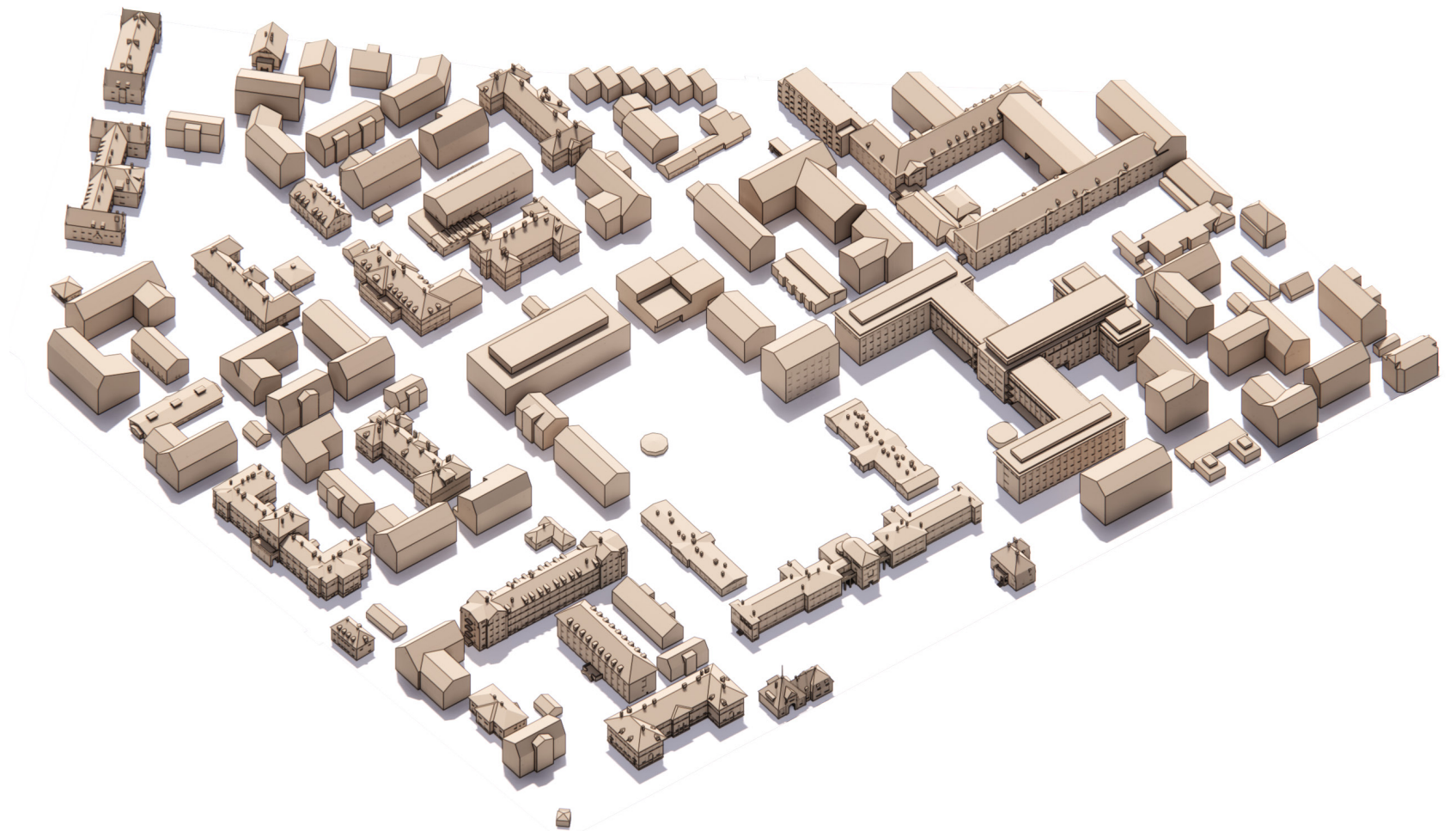
ARCHITECTURE

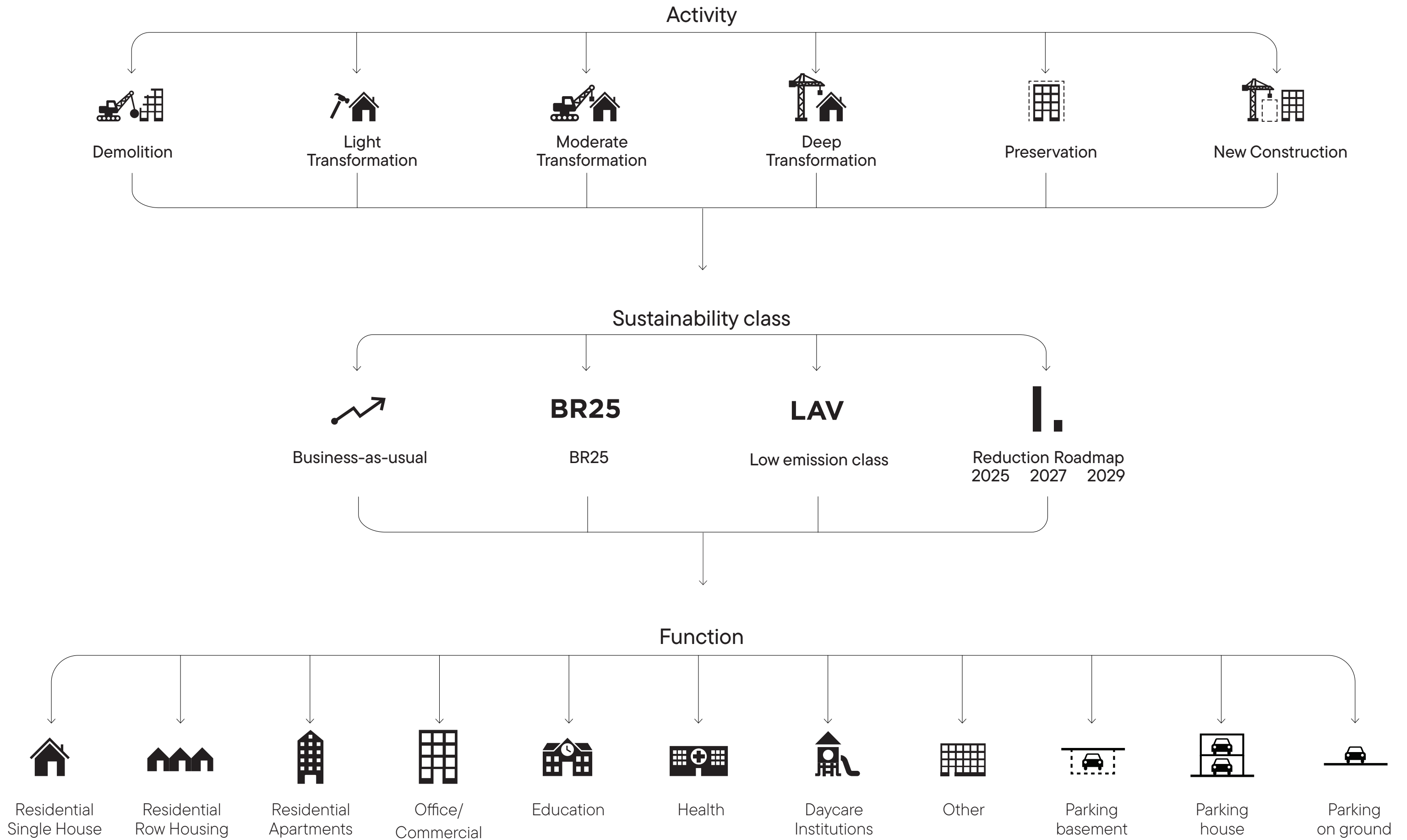
I arkitekturkategorien kan brugere vælge mellem kategorier som Activity, Sustainability Class og Function.

Activity giver valget mellem seks forskellige muligheder for hvad der skal bygges. Demolition beskriver en fuldkommen fjernelse af byggeriet. Light Transformation fokuserer på muligheden for at forlænge bygningens levetid ved hjælp af mindre opdateringer, Deep Transformation handler om at opgradere bygningen signifikant såsom ved udskiftning af tag og/eller facade og hermed forbedre energieffektivitet, og Preservation efterlader bygningen uforandret og uden ny konstruktion. New Construction dækker over alle aktiviteter der er involveret i at bygge en ny struktur.

Sustainability Class dækker over seks forskellige niveauer af CO₂-udledningsbegrænsninger, fra business-as-usual (nuværende gennemsnit) til Reduction Roadmap 2029 (videnskabeligt baserede grænseværdier for den danske bygge- og anlægssektor, baseret på en årlig reduktion af CO₂-udledninger: www.reductionroadmap.dk).

Endeligt giver Function dig mulighed for at vælge mellem 11 forskellige bygningstypologier. Disse funktioner påvirker CO₂-udledningen og biodiversiteten på grund af forskelligheder i program, layout og struktur.





Architecture

Sammenligning af CO₂-emissioner for 1000 m² for alle Functions i henhold til BR25
(Udledning for parkering på terræn antages at være 0):



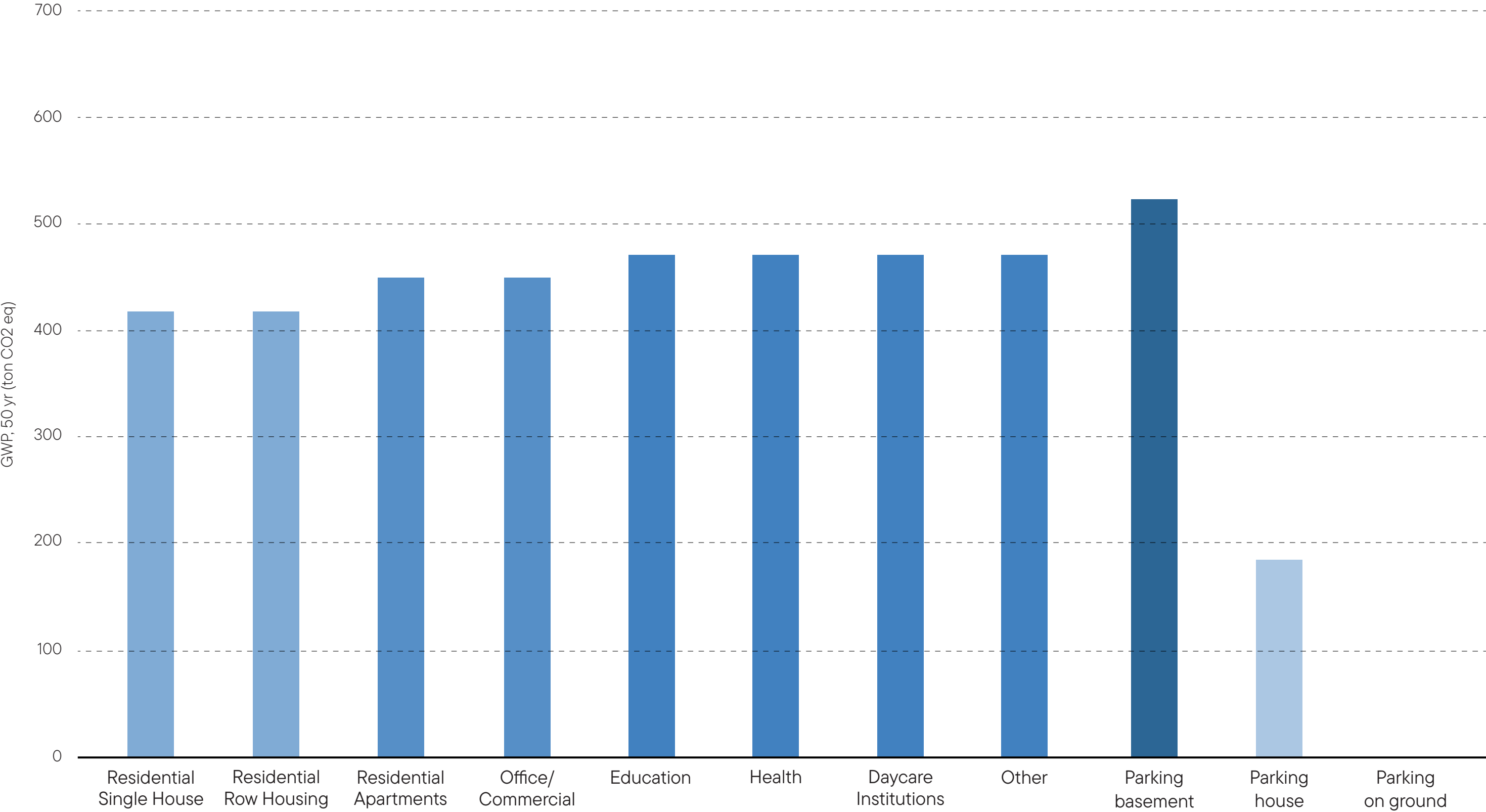
CO₂
udledning



Alle Functions
1000 m²



BR25



Architecture

Sammenligning af Material Footprint for 1000 m² for alle Functions, i henhold til BR25
(Material Footprint for parkering på terræn antages at være 0):



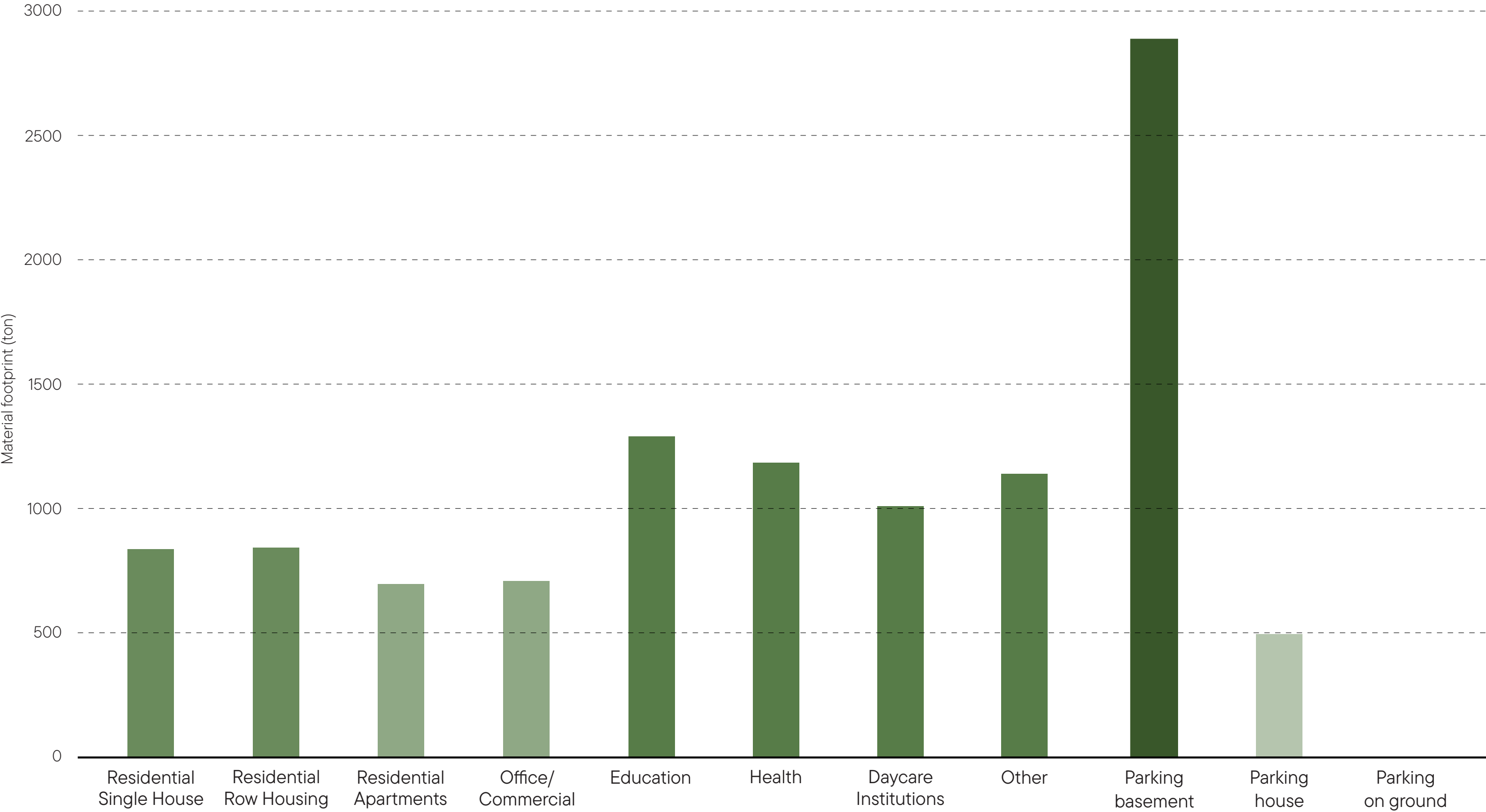
Material Footprint



Alle Functions
1000 m²



BR25



Architecture

Sammenligning af CO₂-emissioner for 1000 m² lejligheder og de forskellige Activities i henhold til BR25 og Reduction Roadmap 2025:

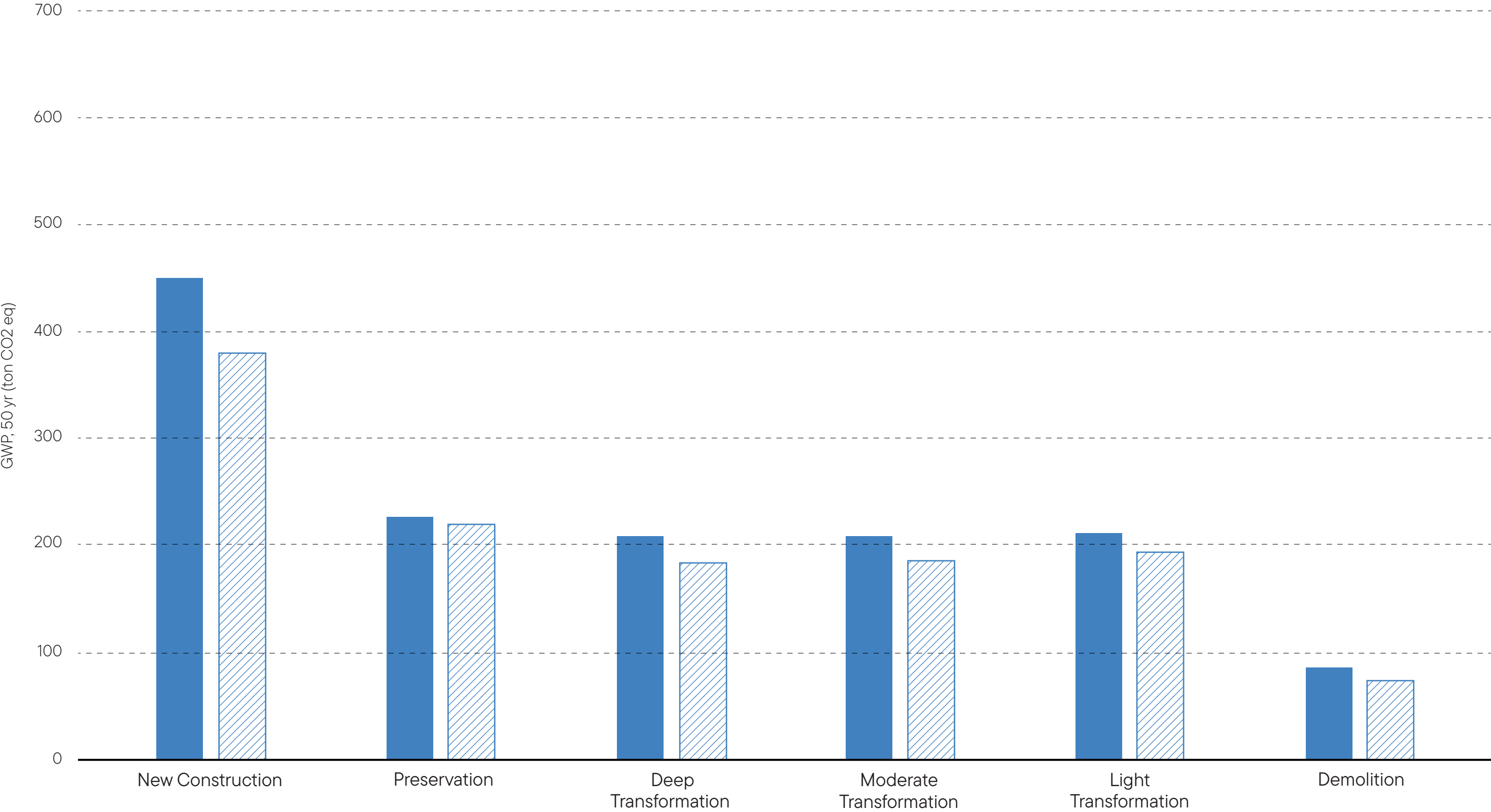


CO₂

udledning



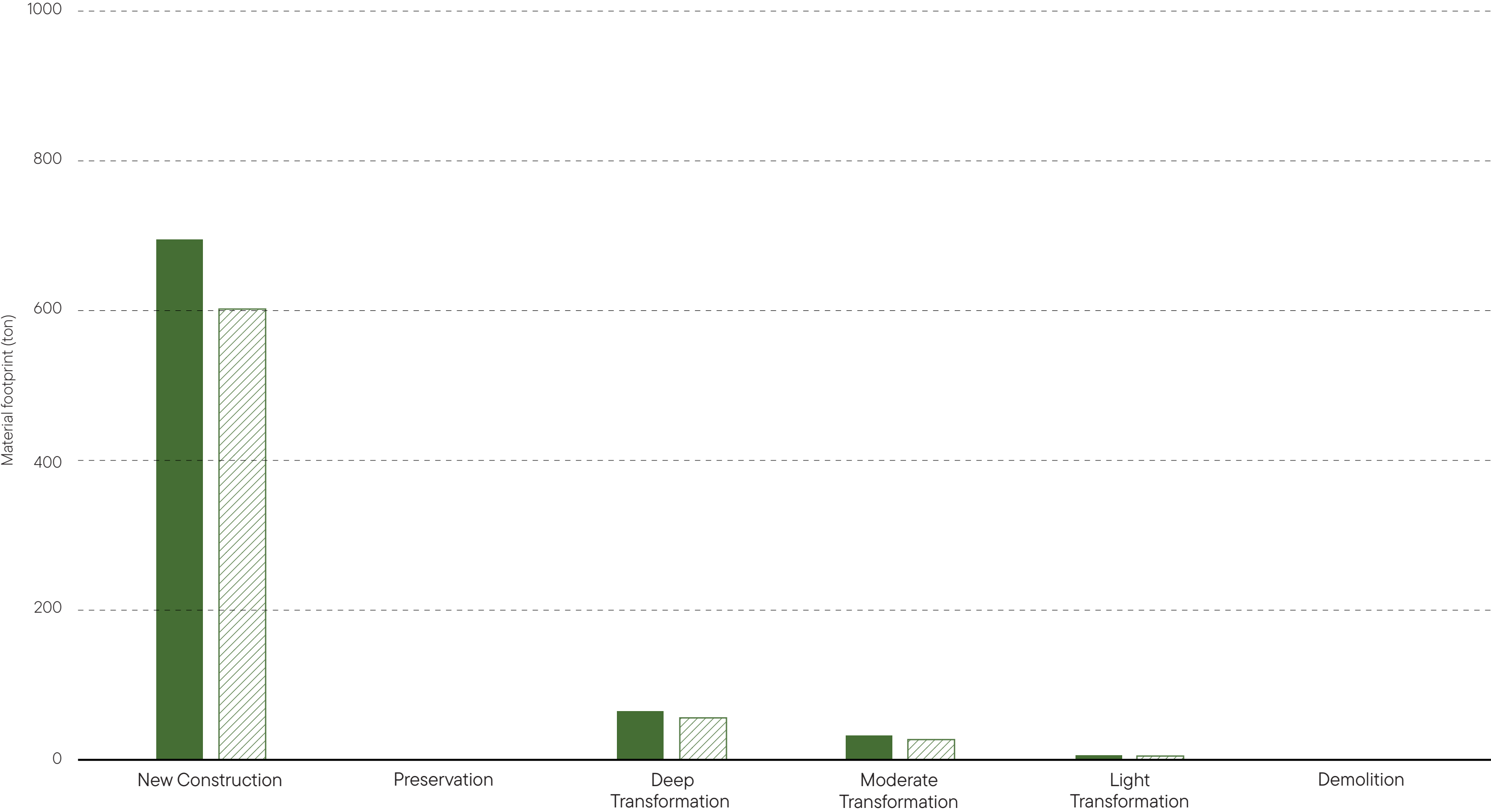
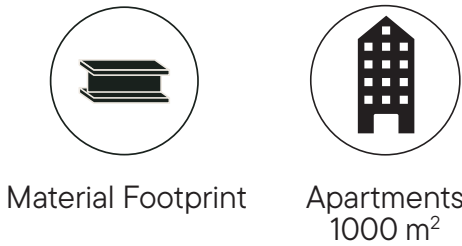
Apartments
1000 m²



BR25 Reduction Roadmap 2025

Architecture

Sammenligning af Material Footprint for 1000 m² lejligheder og de forskellige Activities i henhold til BR25 og Reduction Roadmap 2025:



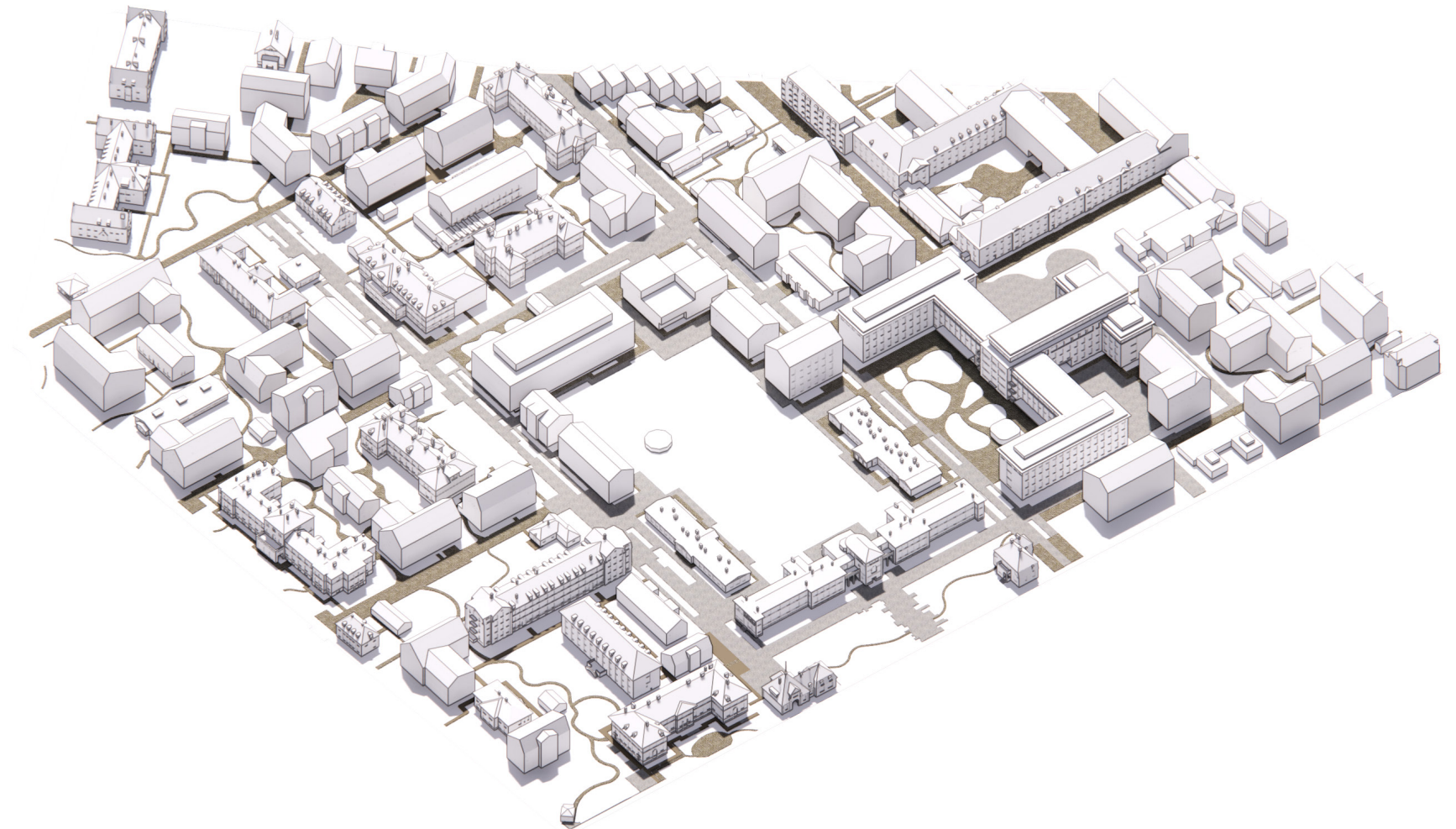
BR25 Reduction Roadmap 2025

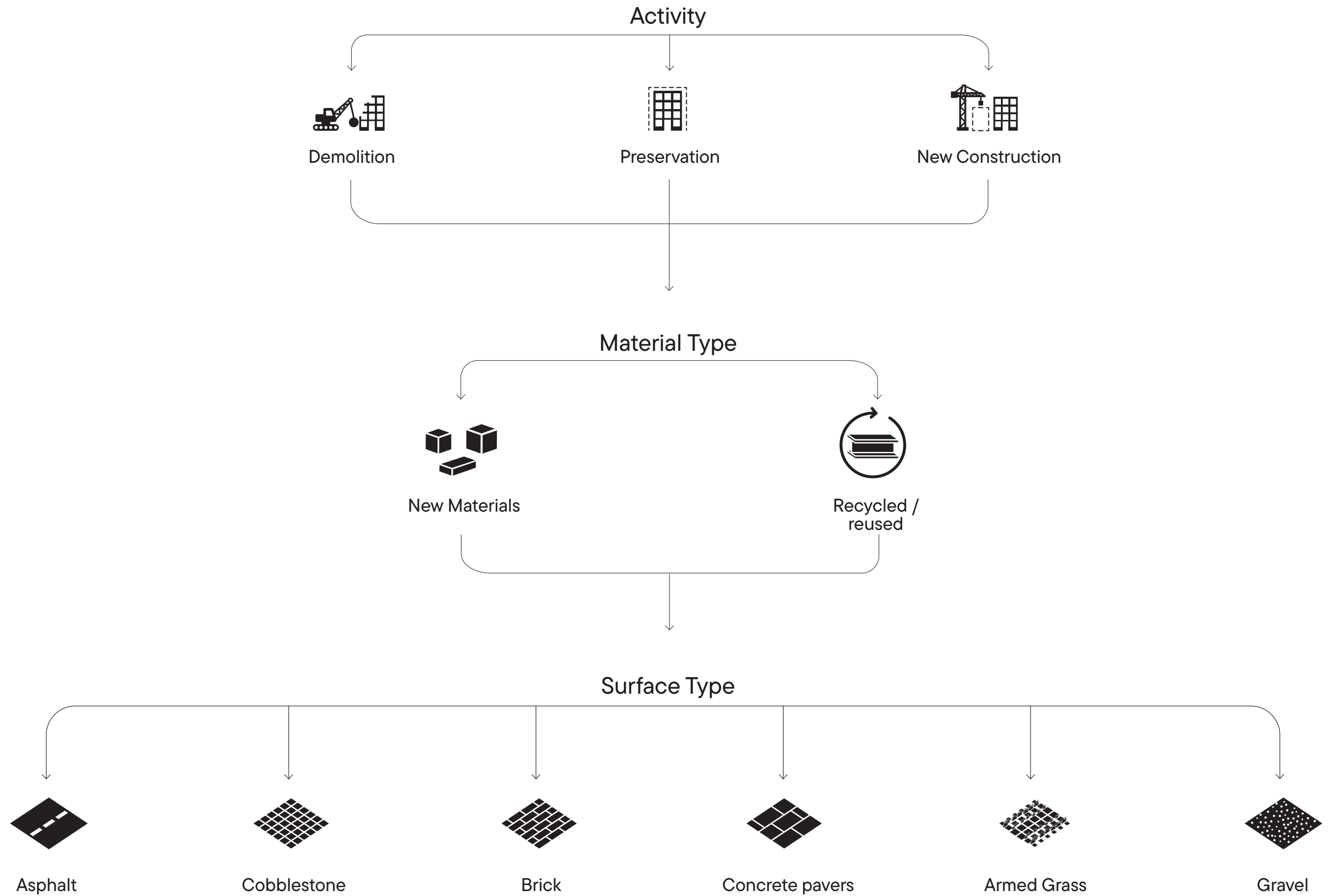
LANDSCAPE - HARDSCAPES

Kategorien Hardscapes er inddelt i følgende kategorier: Activity, Material Type og Surface Type.

Activity lader dig vælge mellem tre forskellige forslag til hvad der skal bygges. Her kan du vælge mellem Demolition, Preservation og New Construction, hvor du kan vælge mellem enten New Materials eller Recycled/Reused under Material Type. I kategorien for genbrugsmaterialer er medregnet forventningen om direkte genbrug og derfor er er udledningen i LCA-faserne også lig 0.

Surface Type giver seks forskellige overflader, mens Asphalt er yderligere opdelt i forskellige transportfrekvenser: Asphalt T0 (kun lette køretøjer), Asphalt T1 (<1 lastbil pr. dag), Asphalt T2 (op til 65 lastbiler pr. dag), Asphalt T3 (65-120 lastbiler pr. dag), Asphalt T4 (120-560 lastbiler pr. dag), Asphalt T5 (560-1200) lastbiler pr. dag). To overfladetyper (Gravel og Armed Grass) bidrager til stedets biofaktor.





Hardscapes

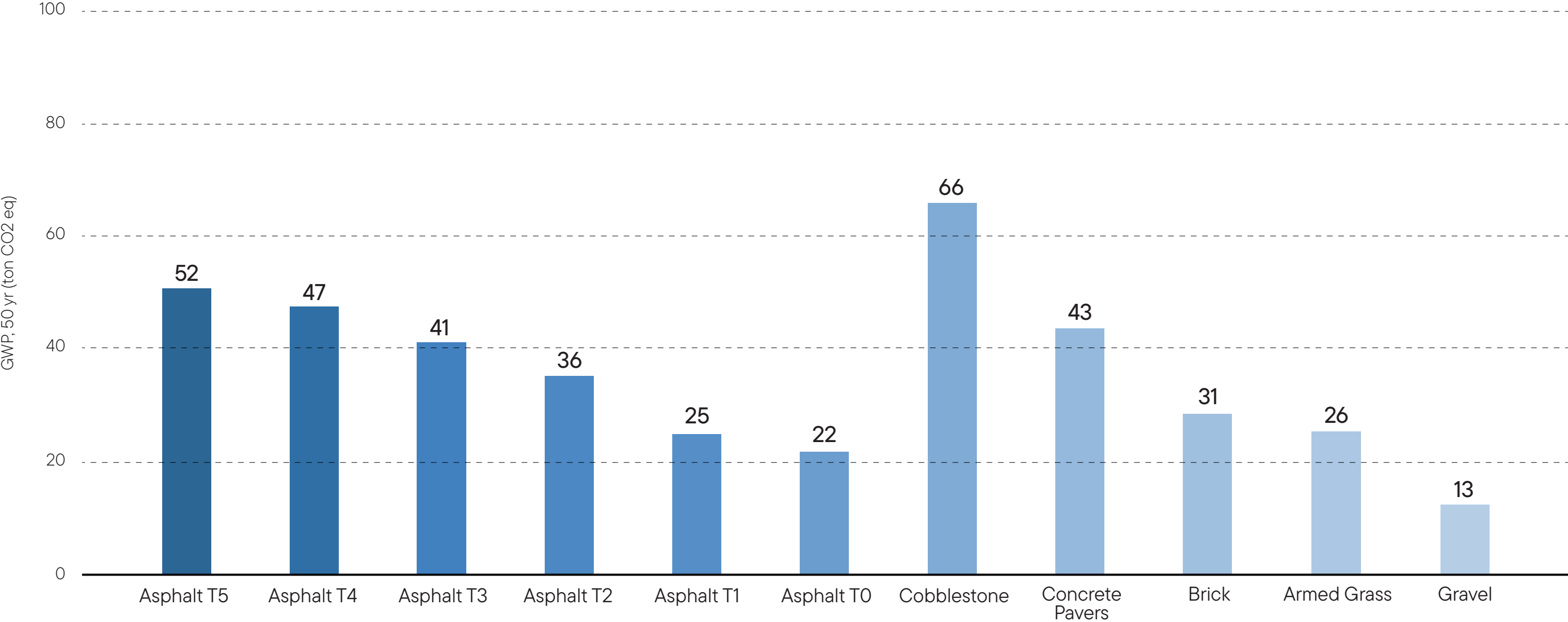
Sammenligning af CO₂-udledning for 1000 m² New Materials for alle Surface Types:



CO₂
udledninger



1000 m²
New Materials



Hardscapes

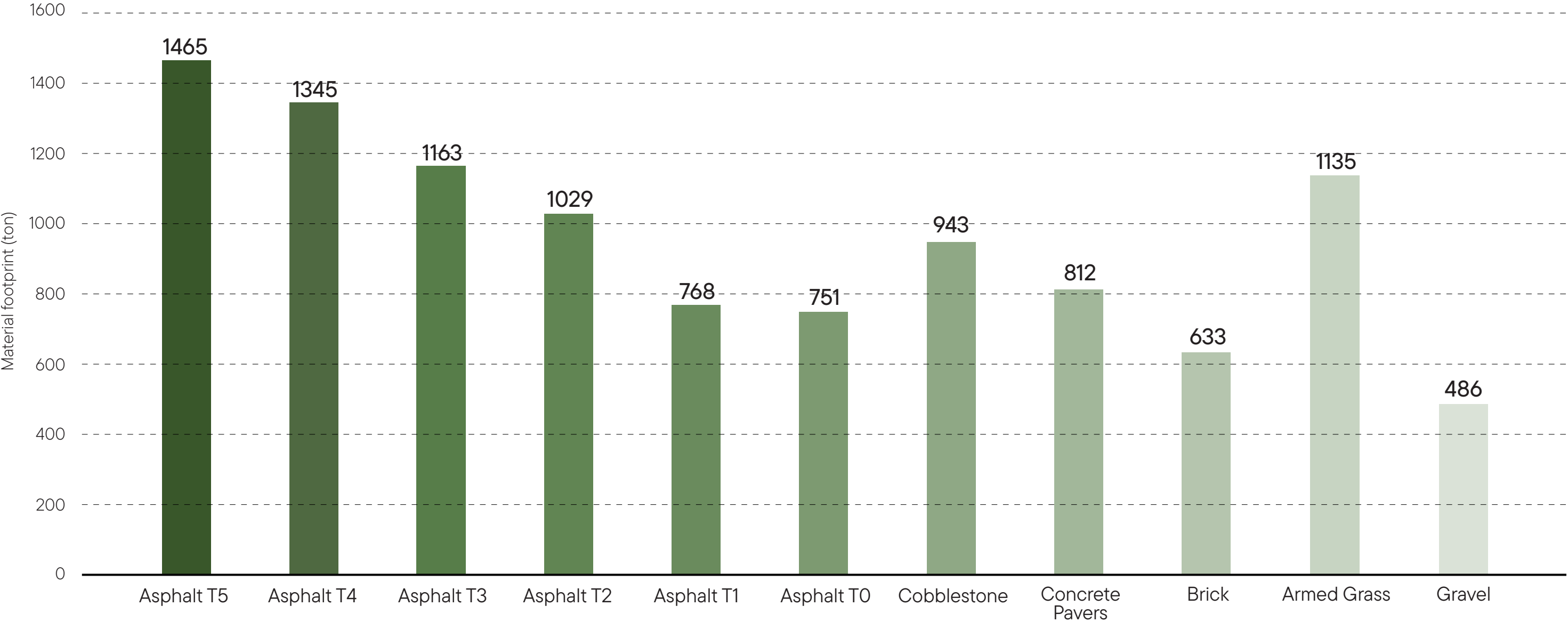
Sammenligning af Material Footprint for 1000 m² New Materials for alle Surface Types:



Material Footprint



1000 m²
New Materials



LANDSCAPE - SOFTSCAPES

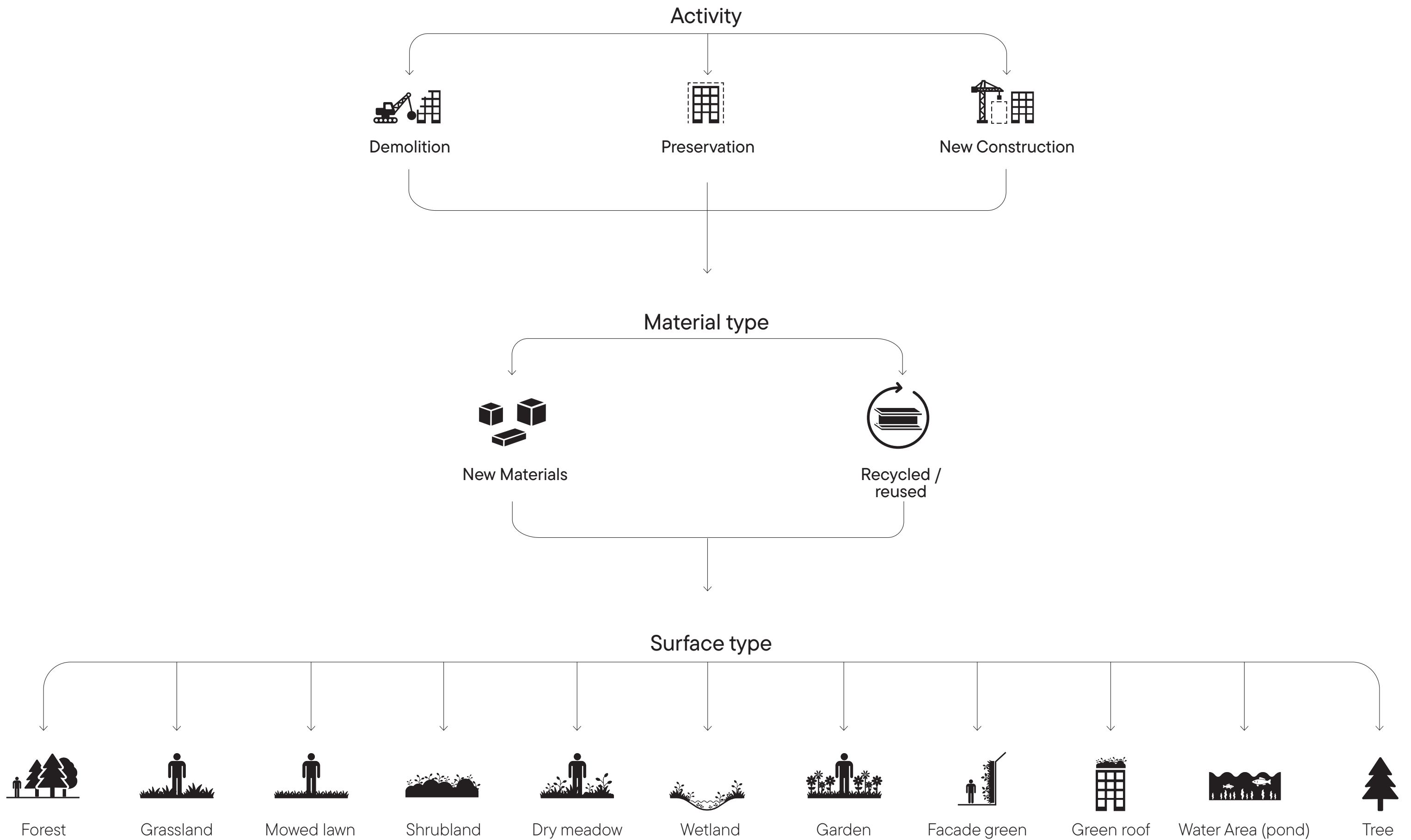
Kategorien Softscapes er inddelt i følgende kategorier: Activity, Material Type og Surface Type.

Activity lader dig vælge mellem Demolition, Preservation og New Construction, hvor du kan vælge mellem enten New Materials eller Reused/Recycled. I kategorien for Reused/Recycled er medregnet forventningen om direkte genbrug og derfor er udledningen i LCA-faserne også lig 0.

Surface Type inkluderer 11 forskellige overflader. Udover at tage højde for CO₂-udledning indeholder kategorien for Softscapes også en bio-faktorberegning.

Som de efterfølgende sider viser, optager de fleste typer begrønning mere CO₂ end de udleder. Disse vises derfor som negative.





Softscapes

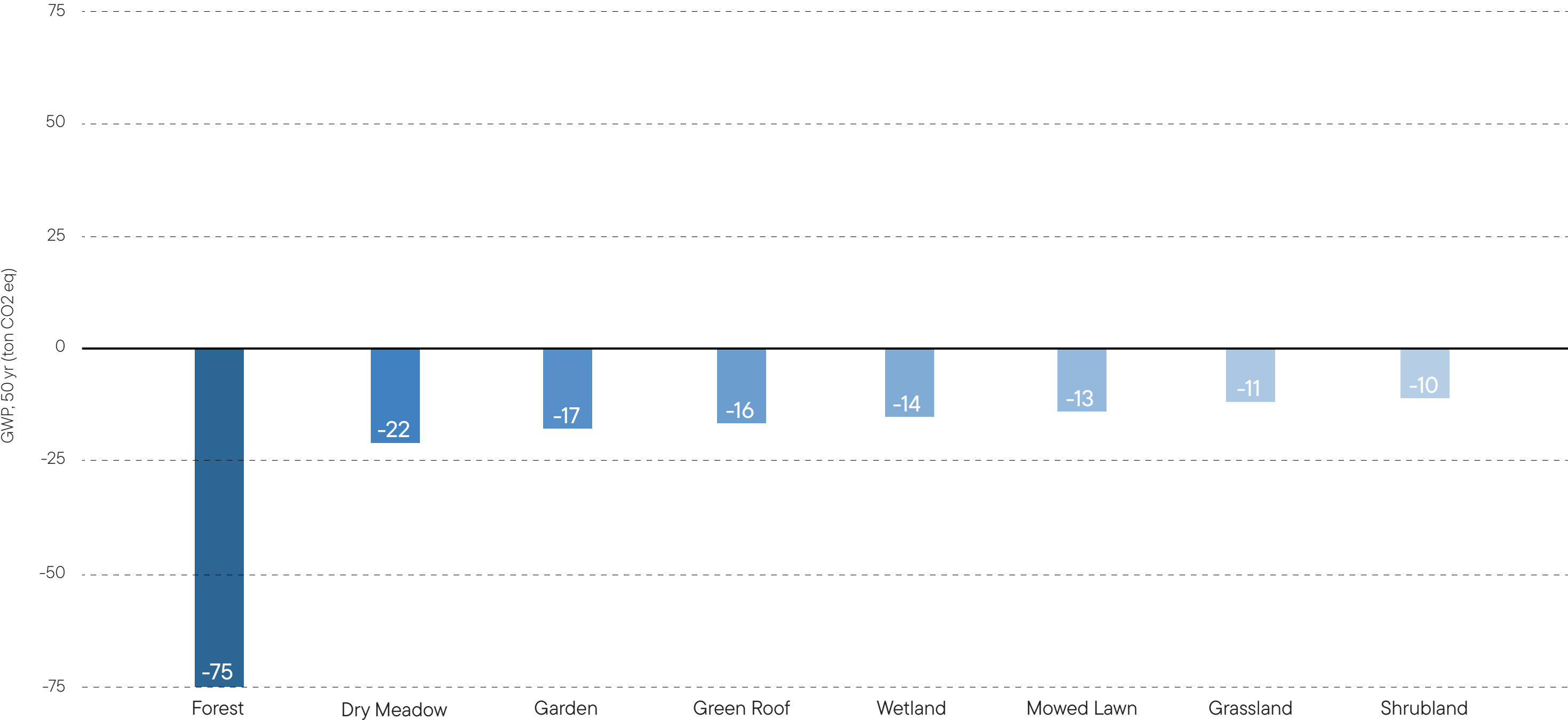
Sammenligning af CO₂-udledning for 1000 m² New Materials for alle Surface Types*:



CO₂
udledning



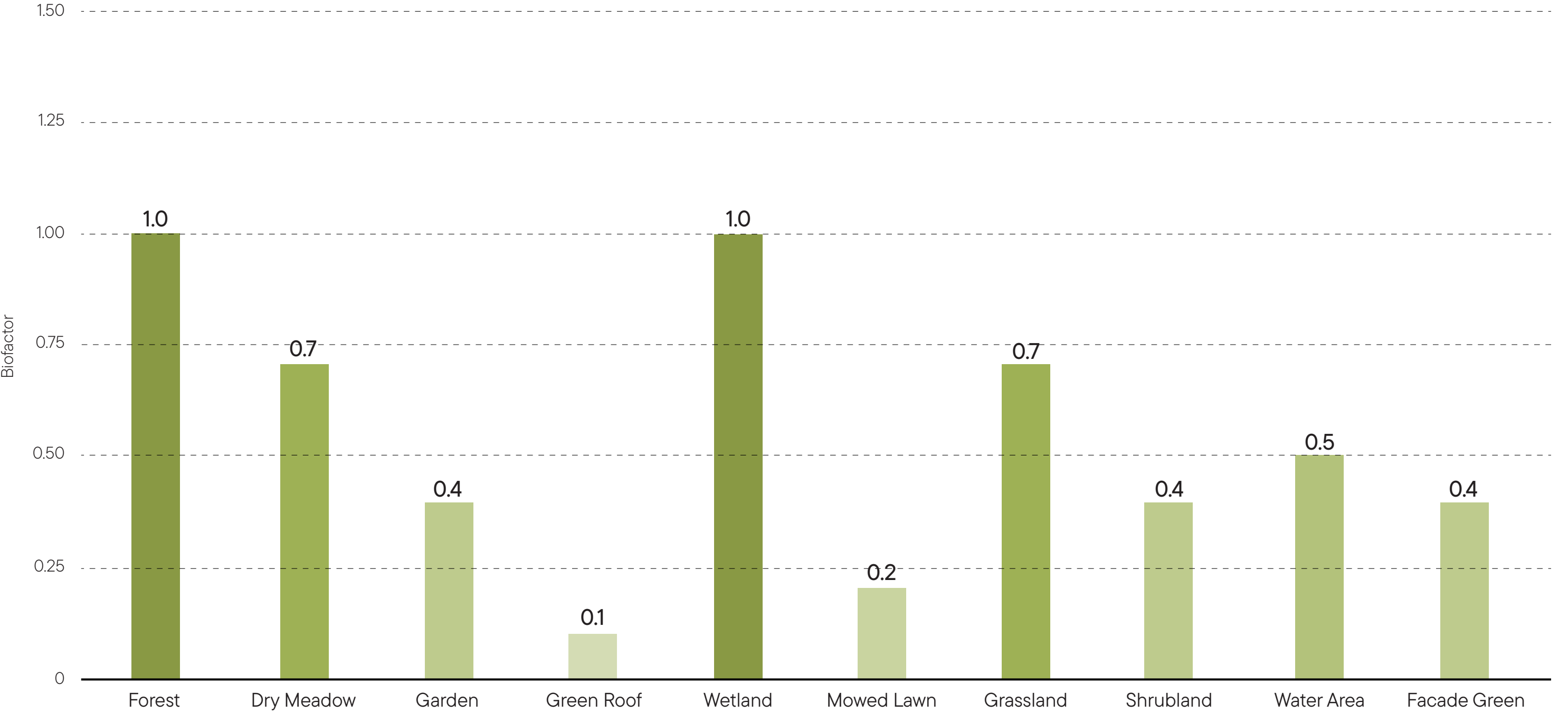
1000 m²
New Materials



*De bedst tilgængelige data er anvendt; nye data vil blive indarbejdet efter færdiggørelsen af LCAlandskab.

Softscapes

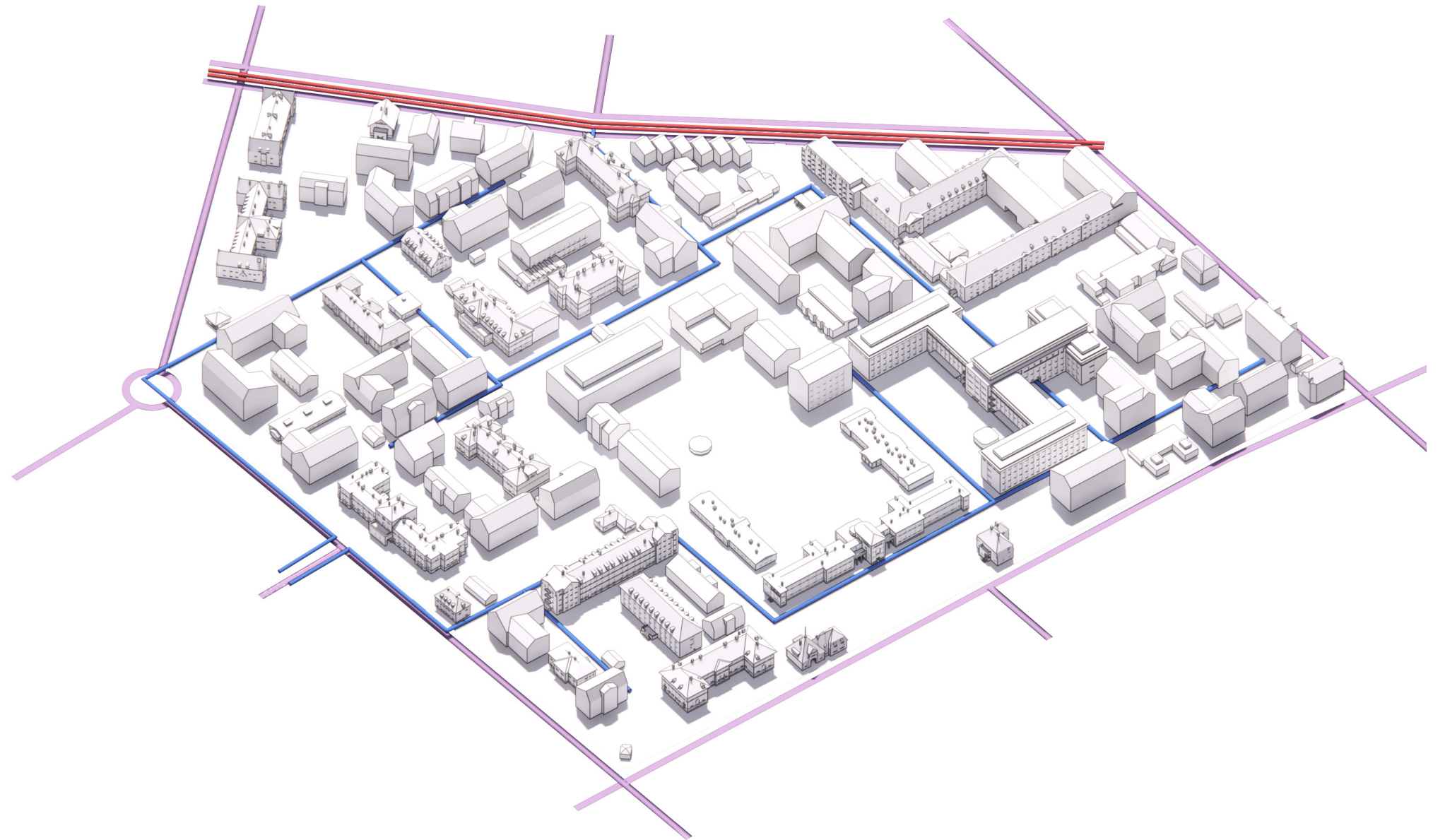
Sammenligning af biofaktorer for alle Surface Types*:

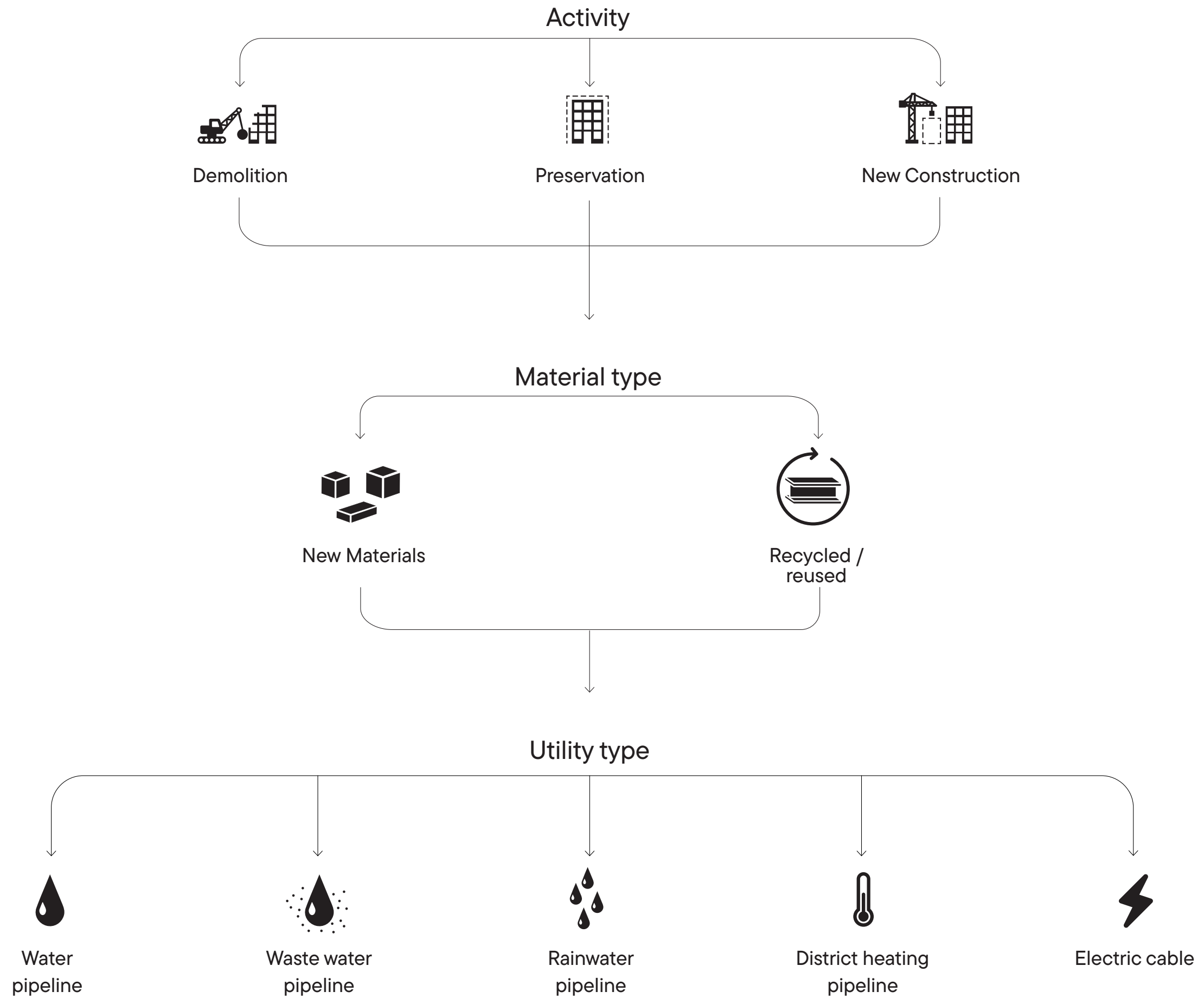


*data baseret på DGNB-metode

UTILITIES

Som det ses til højre, giver Utilities-kategorien et fuldt overblik over påvirkningen af byudviklingen i stedet for at give brugerne af værktøjet forskellige muligheder at vælge imellem. Activity lader dig vælge mellem Demolition, Preservation og New Construction, mens enten New Materials eller Reused/Recycled kan vælges under Material Type. Urban LCA omfatter fire forskellige rørtyper samt el-kanaler.





Utilities

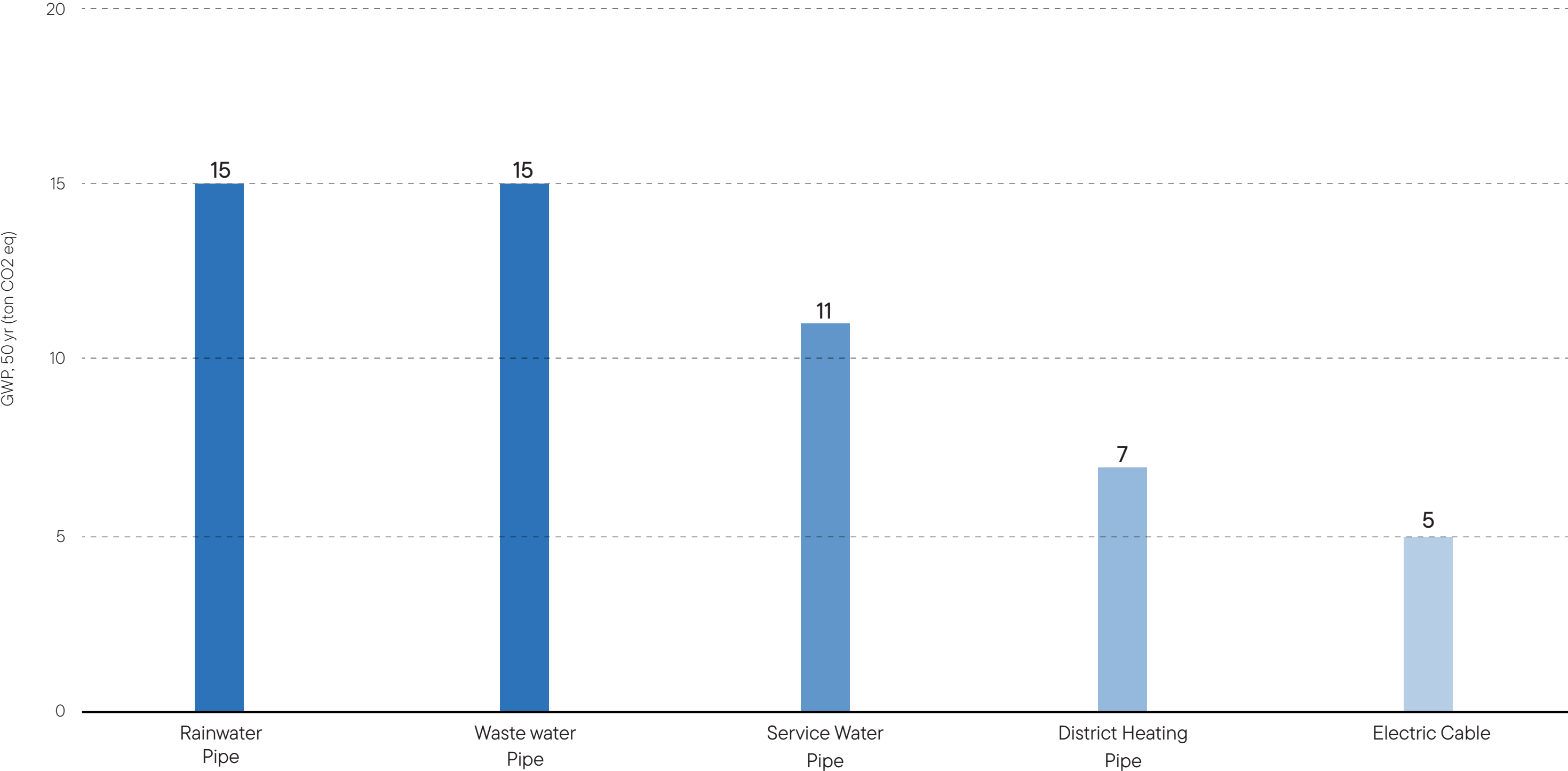
Sammenligning af CO₂-udledninger for 100 m New Materials for alle Utility Types:



CO₂
udledning



100 m
New Materials



Utilities

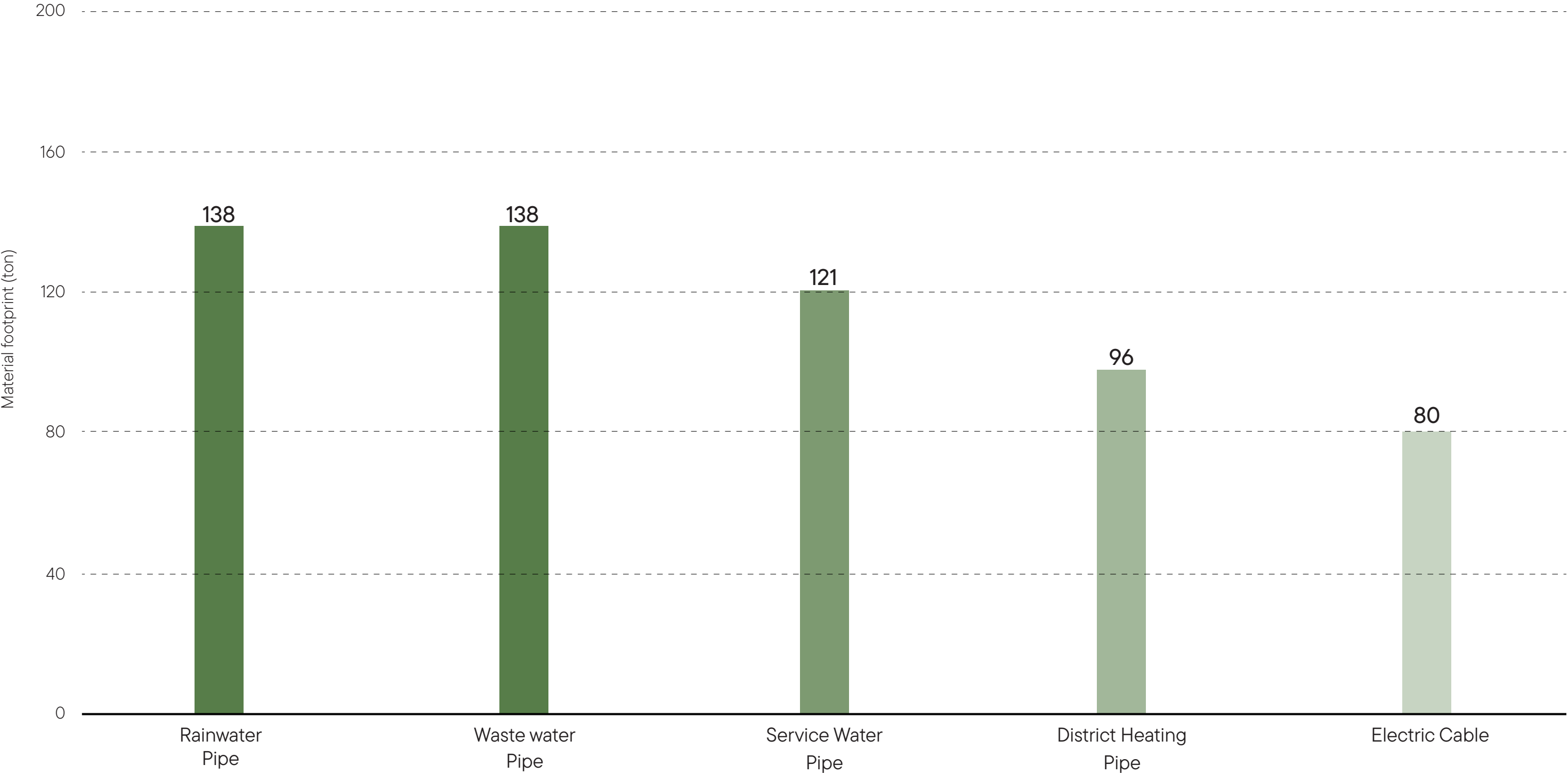
Sammenligning af CO₂-udledninger for 100 m New Materials for alle Utility Types:



Material Footprint



100 m
New Materials



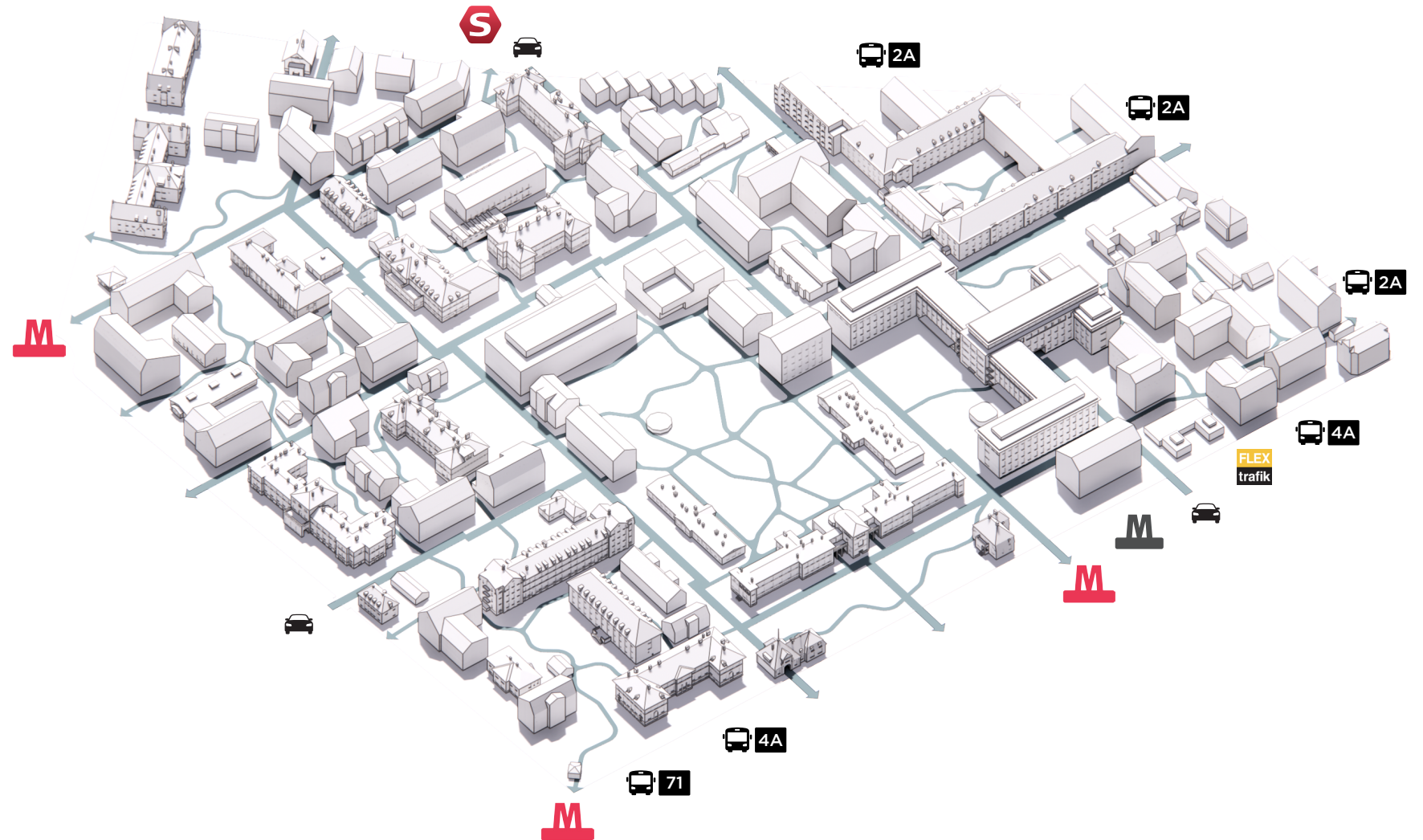
MOBILITY

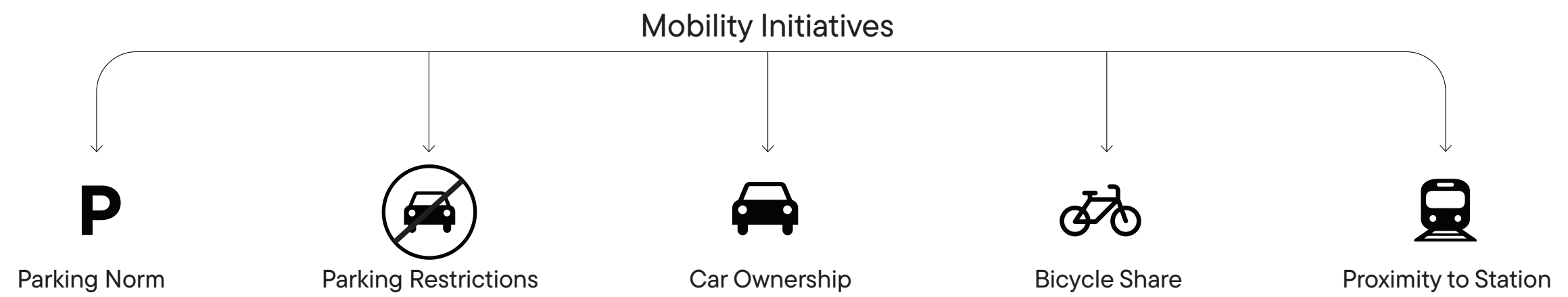
Som tidligere beskrevet er Mobility-kategorien struktureret anderledes end de ovenstående kategorier i Architecture, Softscapes, Hardscapes og Utilities. Modsat dette, fungerer Mobility-kategorien primært som et værktøj for adfærdsanalyse.

For at give et eksempel, kan nævnes at når folk flytter fra et sted til et andet, flyttes deres mobilitetsadfærd og dermed CO₂-udledning, i stedet for at skabe helt nye adfærdsmønstre. For at give en præcis beskrivelse af de udledninger, dette medfører, må man altså trække dem fra de udledninger, de lavede i det gamle område. Da de eksisterende udledninger fra beboernes mobilitetsadfærd ikke er kendte, holdes CO₂-belastningen fra mobilitet ude af sammenligningen af scenarierne. Dette skyldes, at CO₂-belastningen ikke kan pålægges opførelsen/transformationen af den nye bydel, da beboerne havde en adfærd i deres forhenværende boliger.

I stedet er formålet med denne kategori, at evaluere og sammenligne forskellige mobilitetsinitiativer baseret på deres muligheder for at mindske CO₂-udledningen. F.eks. giver redskabet brugeren mulighed for at opstille forskellige scenarier, såsom varians af mængden af cyklister blandt en befolkning. Ved at gøre denne data tilgængeligt, støtter Urban LCA altså beslutningstagere, planlæggere og interessenter i byplanlægning med en indsigt i mobilitetsrelaterede muligheder.

Analyserne er baseret på mobilitetsdata fra Frederiksberg fra Trafikvaneundersøgelsen (DTU) og korrigeret med generelle data fra Turrater (Vejdirektoratet) for de forskellige mobilitetsinitiativer.

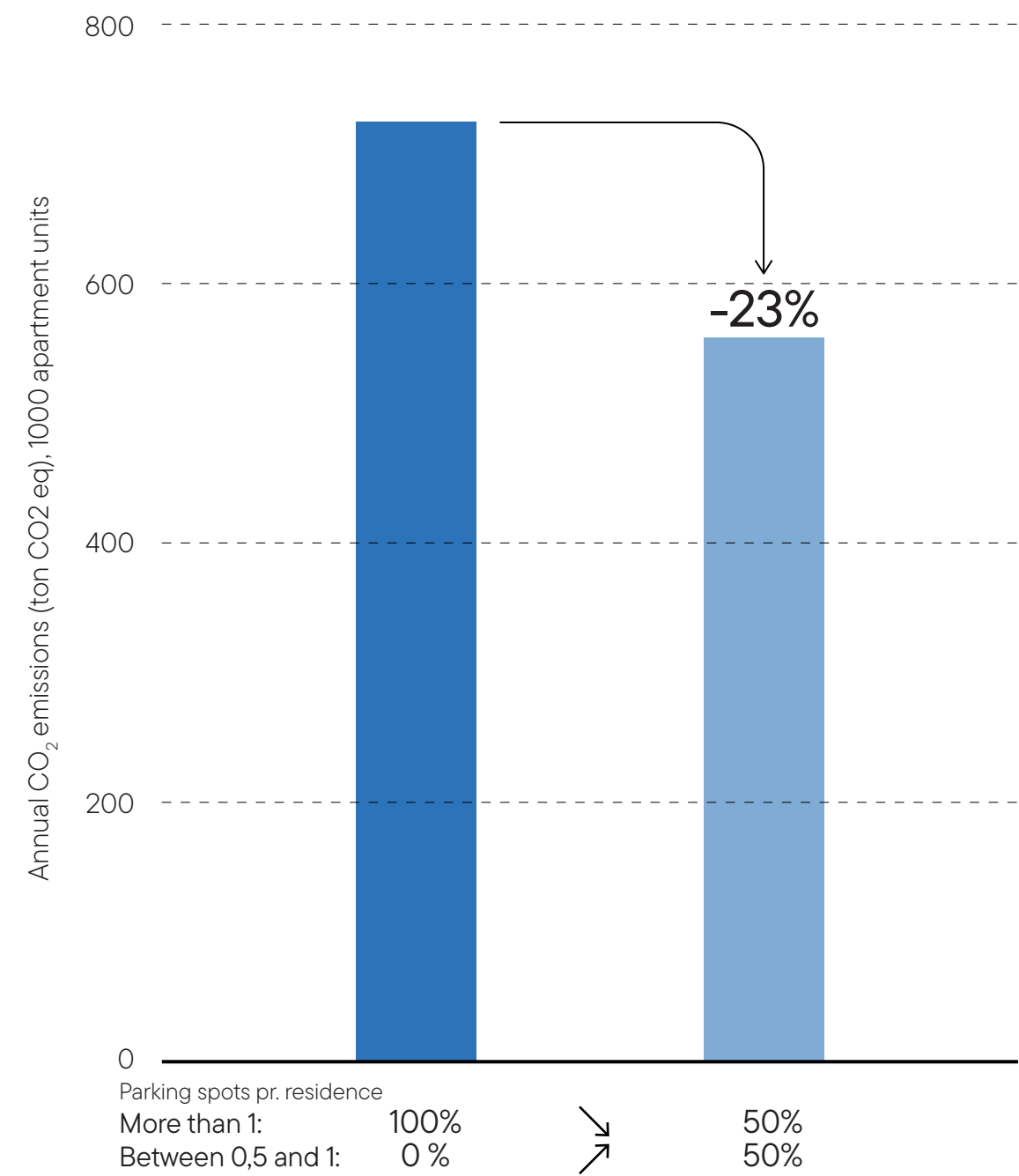






Hvad hvis der er færre parkeringspladser pr. indbygger?

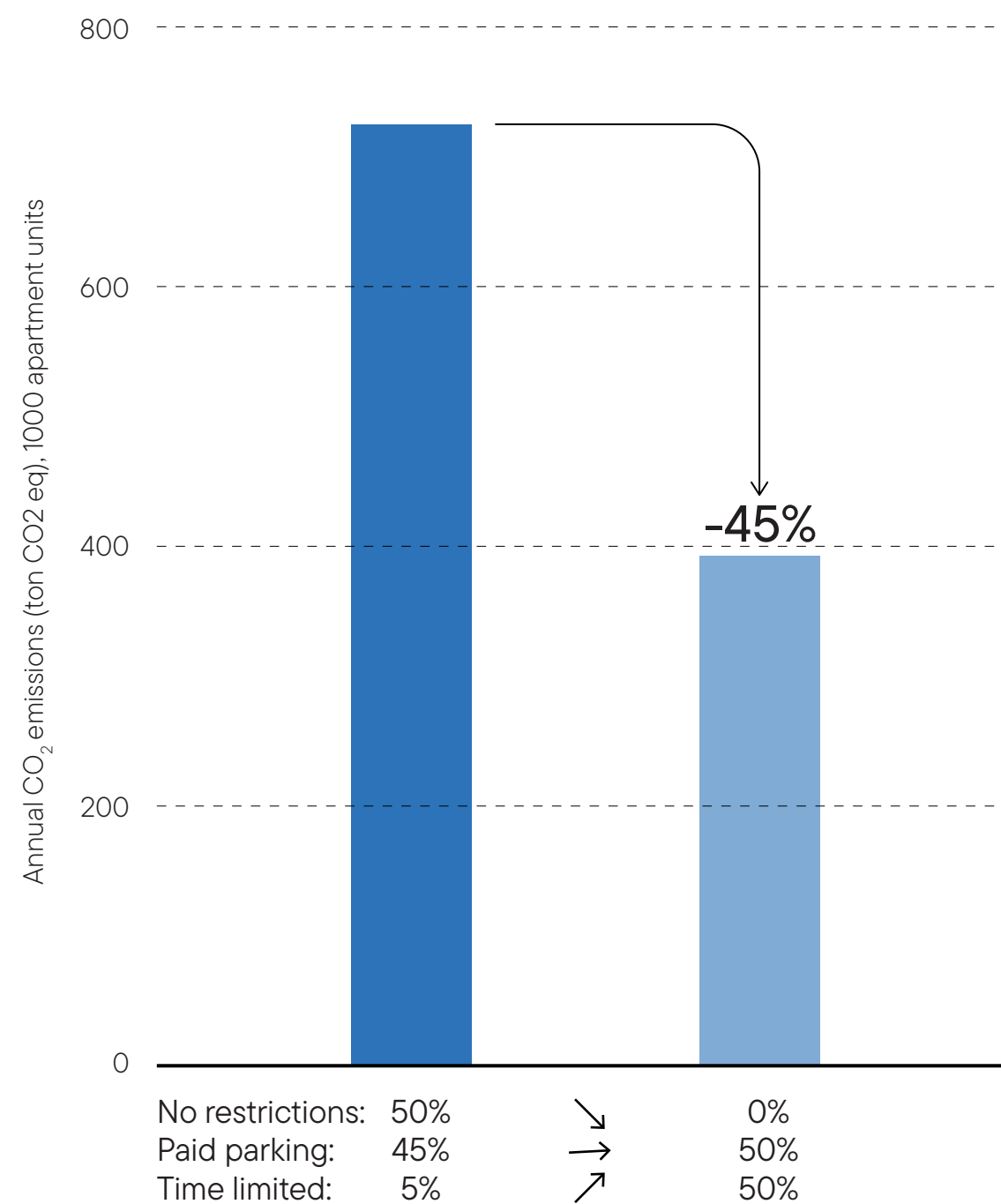
I dette eksempel går halvdelen af boligerne fra at have mere end én parkeringsplads til at have mellem 0,5 og 1 parkeringsplads i gennemsnit. Det fører til en **23%** årlig reduktion af CO₂-udledningen grundet et fald i det gennemsnitlige antal kørte ture pr. husstand.





Hvad hvis parkeringsreglerne er mere strikse?

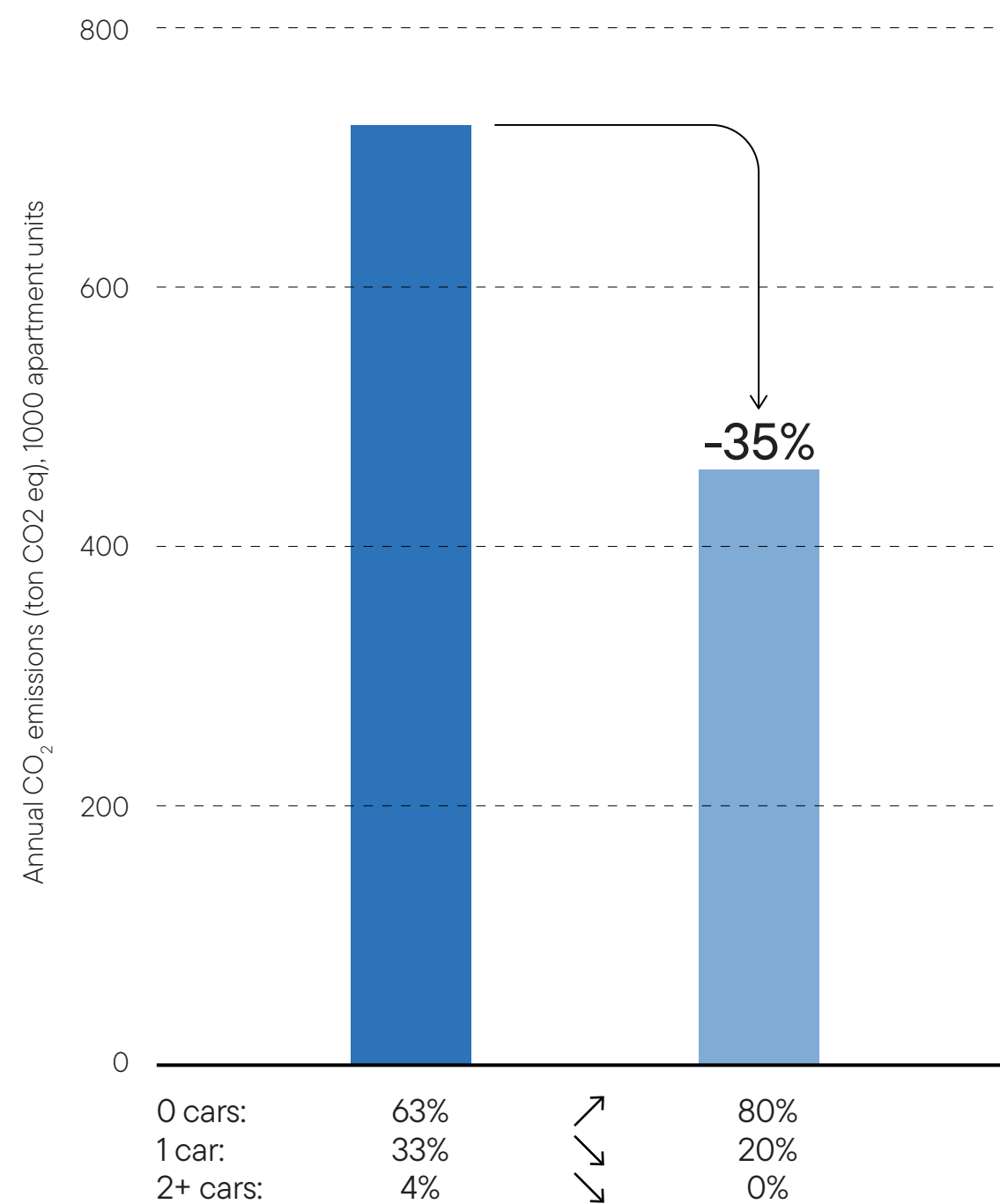
I dette eksempel er alle parkeringspladser nu enten betalte eller tidsbegrænsede. Det fører til en **45%** årlig reduktion af CO₂-udledningen grundet et fald i det gennemsnitlige antal kørte ture pr. husstand.





Hvad hvis færre beboere ejer en bil?

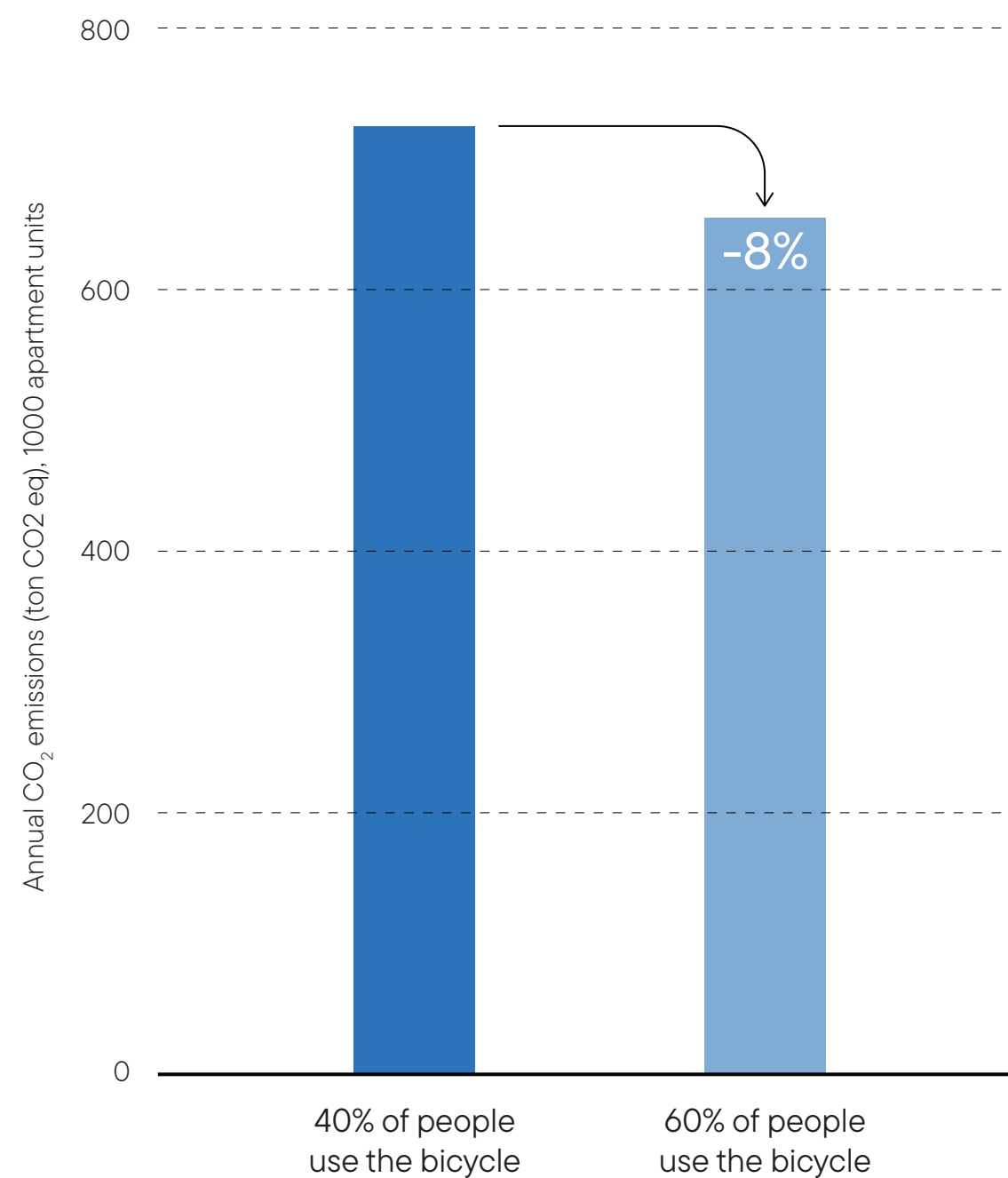
I dette eksempel bliver andelen af beboere, der ejer en eller to biler, reduceret - hvilket øger antallet af beboere, som ikke ejer en bil. Det fører til en **35%** årlig reduktion af CO₂-udledningen.





Hvad hvis flere beboere bruger cykel?

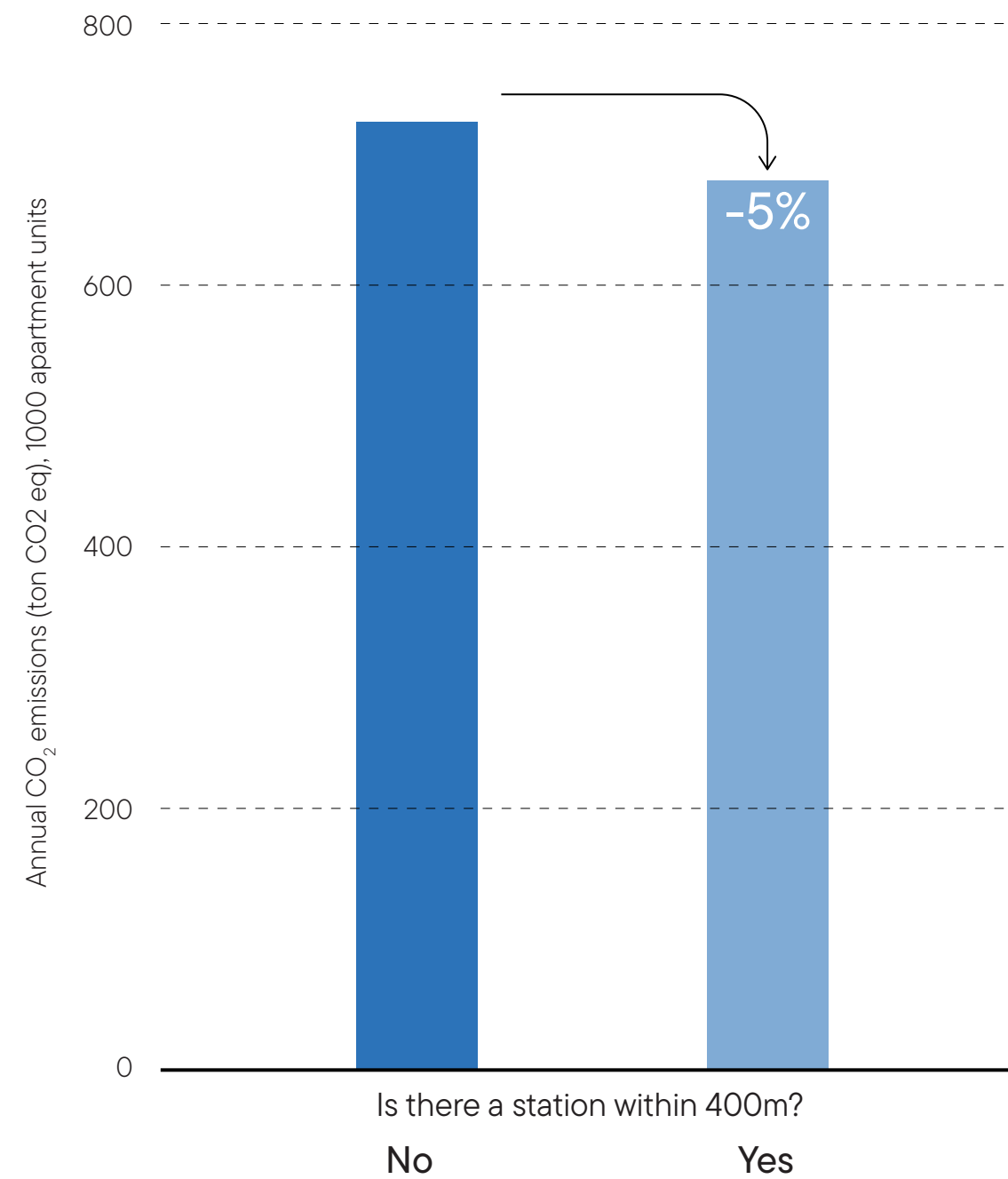
I dette eksempel fører en forøgelse af cykelandelen for de korte ture (i gennemsnit 5 km) med 20 procentpoint til en **8%** årlig reduktion af CO₂-udledningen.





Hvad hvis der er en station til offentlig transport i nærheden?

En station inden for 400 meter af udviklingsprojektet tilskynder folk til at benytte offentlig transport i stedet for individuelle bilture og reducerer dermed CO₂-udledningen med **5%** årligt.



03

Caseanalyse

Projektoverblik

FREDERIKSBERG HOSPITAL

Frederiksberg Hospital skal være hele byens nye kvarter. Når området fra 2027 og frem omdannes, skal det ske ved at bygge videre på de kvaliteter området allerede har; de mange historiske bygninger og de store gamle træer. Det nye skal gro ud af det gamle.

Visionen lyder: "På hospitalsområdet skaber vi et åbent, imødekomende, grønt og blandet område, hvor LIV og RO forenes i et bykvarter med bæredygtige fremtidsløsninger og sin egen identitet".

Hele byens nye kvarter bliver en 'siveby' med fritstående bygninger og et grønt hjerte – en stor ny park i midten. I parken skal der være plads til både LIV og RO – den skal omkranses af kultur, spisesteder, idræt, og mindre erhverv.

Rundt om parken indrettes en række minikvarterer med plads til blandede boligformer og vægt på fællesskaber og mindre erhverv og et helt strøg med de nære sundhedstilbud samlet.

Frederiksbergs særlige karakter

Frederiksbergs grønne karakter stammer til dels fra den "hygiejniske bevægelse", som læger og arkitekter stod i spidsen for som reaktion på industrialiseringen og urbaniseringen af hovedstaden i 1850'erne. Bevægelsen havde til formål at sikre lys og luft gennem "byens lunger", som den beskrev de grønne områder, installationer og parker. Frederiksberg Kommune fulgte bevægelsens anbefalinger og planlagde områder som Martensens Allé og N.J. Fjords Allé, der er kendetegnet ved lys, luft og grønne områder, som opnås gennem flere åbninger i boligblokkene, der fører til frodige gårdrum.

I dag opfattes Frederiksberg som en grøn bydel, hvor bygninger og



natur er tæt sammenflettet – en by med en rig kulturarv og et pulserende byliv. Det er kvaliteter, som hospitalsgrunden har potentiale til at videreudvikle i tråd med Frederiksbergs identitet og stærke karakter.

Hospitalsområdet i dag

Hospitalet blev oprindeligt skabt som reaktion på en sundhedskrise. I dag står vi over for en klimakrise, som i høj grad vil påvirke den fremtidige udvikling. Udviklingsplanen fungerer som en guide til at skabe synergi mellem fortiden og fremtiden og dermed styrke områdets iboende identitet og kvaliteter. Når man træder ind i hospitalsområdet i dag, fornemmer man straks dets unikke karakter – en særpræget beliggenhed, hvor mange særlige bygninger og bevaringsværdige træer allerede udgør mere end halvdelen af det fremtidige kvarter. Den fremtidige udvikling skal trække tråde til den oprindelige struktur og bevare historien om hospitalsæraen, samtidig med at den fortæller om transformationen fra en enkelt funktion til mange nye anvendelser.



FREDERIKSBERGKOMPASSET: LCA & BIODIVERSITET I UDVIKLINGSFASEN

Ideen med Frederiksberg Hospitalskompas er at kombinere kvalitetsmål for en attraktiv bydel med konkrete bæredygtighedsmål, der fastholdes over tid.

Frederiksbergkompasset skal sikre, at specifikke fokusområder og kvalitetsmål for bæredygtighed bliver realiseret. Kompasset har tre fokusområder:

- Det grønne: Sikre bevarelse af træer og planter og maksimere tilføjesen af grønne og blå løsninger, så regnvand bliver en ressource snarere end et problem. Det vil øge biodiversiteten og give området en markant grøn karakter.

- Reduktion af klimapåvirkning: Grønne transport- og energiløsninger skal sikre et lavt CO₂-fodaftryk. **Tidlige livscyklusvurderinger** vil hjælpe med at integrere ambitiøse klimamål i kommende bygge- og udviklingsprojekter.

- Fællesskaber: Fokus på at etablere en bykvartersforening og minikvarterer med gårdlaug, samt fælles løsninger for at gøre bydelen til et godt sted at bo, arbejde og trives. En velfungerende social bydel, hvor det er nemt at leve mere bæredygtigt.

Dette kompas skal give input til et kvalitetsprogram, der sammen med udviklingsplanen skal hjælpe Frederiksberg Kommune til at sikre, at den nye bykvarter opnår den ønskede kvalitet, også når tredjeparter

bliver involveret i realiseringen og den fremtidige brug.

Kompasset er et strategisk værktøj, der fremhæver tre temaer og ni undertemaer, som er af afgørende betydning for en holistisk og tværfaglig tilgang, der gavner både mennesker og planeten. Det vil blive brugt til at guide bygge- og udviklingsprocessen som et projektspecifikt dialogværktøj til brug for borgere, interessenter, investorer og kommunen.

Det kræver et stærkt lederskab fra grundejerens side at fastholde et bredt, tværgående perspektiv på byudvikling. Med en ambitiøs vision, en robust udviklingsplan og Frederiksbergkompasset i hånden har Frederiksberg Kommune som både myndighed og grundejer gode forudsætninger for at realisere hospitalsområdet som et førende eksempel på byudvikling.

De udvalgte temaer repræsenterer områder, der vil få fokuseret opmærksomhed gennem hele processen – fra vision til realiseret plan og bydelens liv.

På hvert trin, der fører til den endelige plan, vil der være fornyet fokus og flere detaljer. For eksempel skal Urban LCA-værktøjet udvikles fuldt ud. Diagrammet viser tre eksempler inden for hvert hovedtema.

Som nævnt er der allerede taget indledende skridt til at arbejde med LCA på distriktsniveau. Som en del af Plan22+ har Frederiksberg Kommune fået midler til Urban LCA – et værktøj til omdannelsen af Fre-

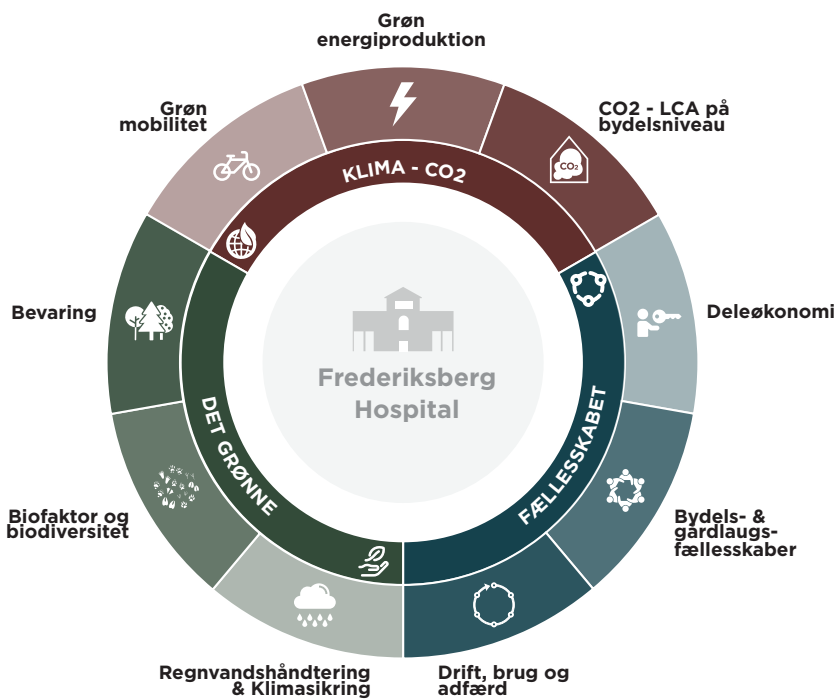
deriksberg Hospital.

Projektets mål er at kortlægge og kommunikere klimapåvirkningerne fra udviklingen af Frederiksberg Hospital og samtidig illustrere potentialet i alternative strategier, løsninger og initiativer, der kan reducere klimapåvirkningen og øge biodiversiteten.

Bæredygtighedsværktøjet skal understøtte kommunens overordnede mål om CO₂-neutralitet. Det vil omfatte relevante parametre, der skal overvejes under byudviklingen, f.eks. sammensætningen af bygninger, infrastruktur og udformningen af naturområder.

Et grønt fyrtårn

Visionen er, at hele den nye bykvarter skal blive et grønt fyrtårn. Udviklingen vil sigte mod at minimere klimapåvirkningen, øge biodiversiteten, fremme fællesskaber og forbedre bynaturen – og samlet set fremme sundheden for både mennesker og planeten. DGNB-certificering, Frederiksbergkompasset, kommunens aktive ejerrolle og planlægningsværktøjer skal sikre, at de grønne ambitioner bliver indfriet – også på lang sigt.



Det grønne - fra vision til realisering					
	1.	2.	3.	4.	5.
	UDVIKLINGSPLAN (Vision)	LOKALPLAN (Kvalitet)	UDBUD (Krav)	UDFØRSEL (Kontrol)	OPFØLGNING (Konkludere)
Bevaring	Registrering af træer og beplantning	Nummerering & Udvælgelse	Værdisætning	Tilsyn / Erstatning	Driftsplan for bevaring

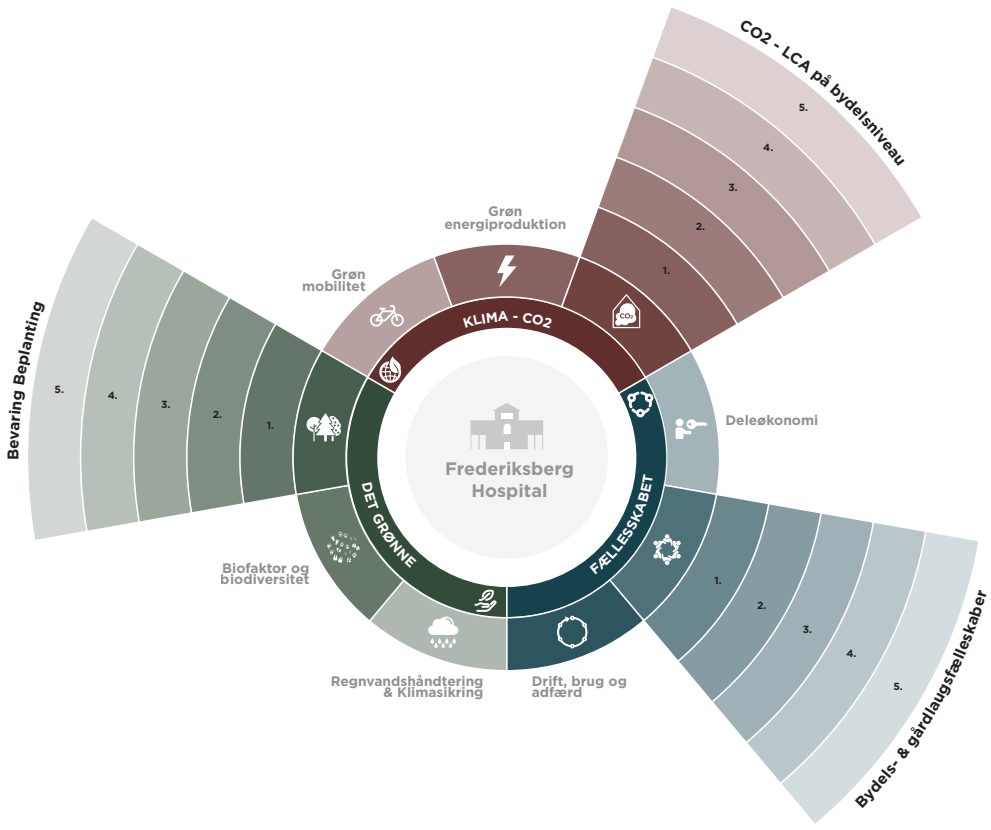
Eksempel på hvordan kompasset benyttes til at sikre bevaring af grønt over tid

Klima - CO ₂ - fra vision til realisering					
	1.	2.	3.	4.	5.
	UDVIKLINGSPLAN (Vision)	LOKALPLAN (Kvalitet)	UDBUD (Krav)	UDFØRSEL (Kontrol)	OPFØLGNING (Konkludere)
CO ₂ & LCA	Udviklet værktøj til beregning af LCA på bydelsniveau	Brug værktøj til at definere materialevalg	LCA krav ved grundvalg	Tilsyn og stikprøvekontrol	Mål på adfærd og drift. Styling af CO ₂ udledning under drift.

Eksempel på hvordan kompasset benyttes til at arbejde med LCA som et værktøj

Fællesskabet - fra vision til realisering					
	1.	2.	3.	4.	5.
	UDVIKLINGSPLAN (Vision)	LOKALPLAN (Kvalitet)	UDBUD (Krav)	UDFØRSEL (Kontrol)	OPFØLGNING (Konkludere)
Bydels- & gårdlaugs-fællesskaber	Fysiske rammer for fællesskaber	Definere boligtypologier, ejerformer og fælleshuse	Rammer for gårdlaug og bydelsforening. Beboerinddragelse	De organisatoriske fællesskaber etableres	Gårdlaug og bydelsforening lever og understøtter fællesskaber

Eksempel på hvordan kompasset benyttes til at sikre fællesskaber over tid



Scenarier

SAMMENLIGNING

Der er undersøgt og sammenlignet fire forskellige scenarier for planlægningen af Frederiksberg Hospital.

Scenarie 1A og 1B er baseret på samme planlægning (det nuværende udviklingsprojekt) og adskiller sig kun ved forskellige bæredygtigheds-klasser for arkitektur. Scenarie 1A overholder BR25, mens 1B overholder Reduction Roadmap 2025.

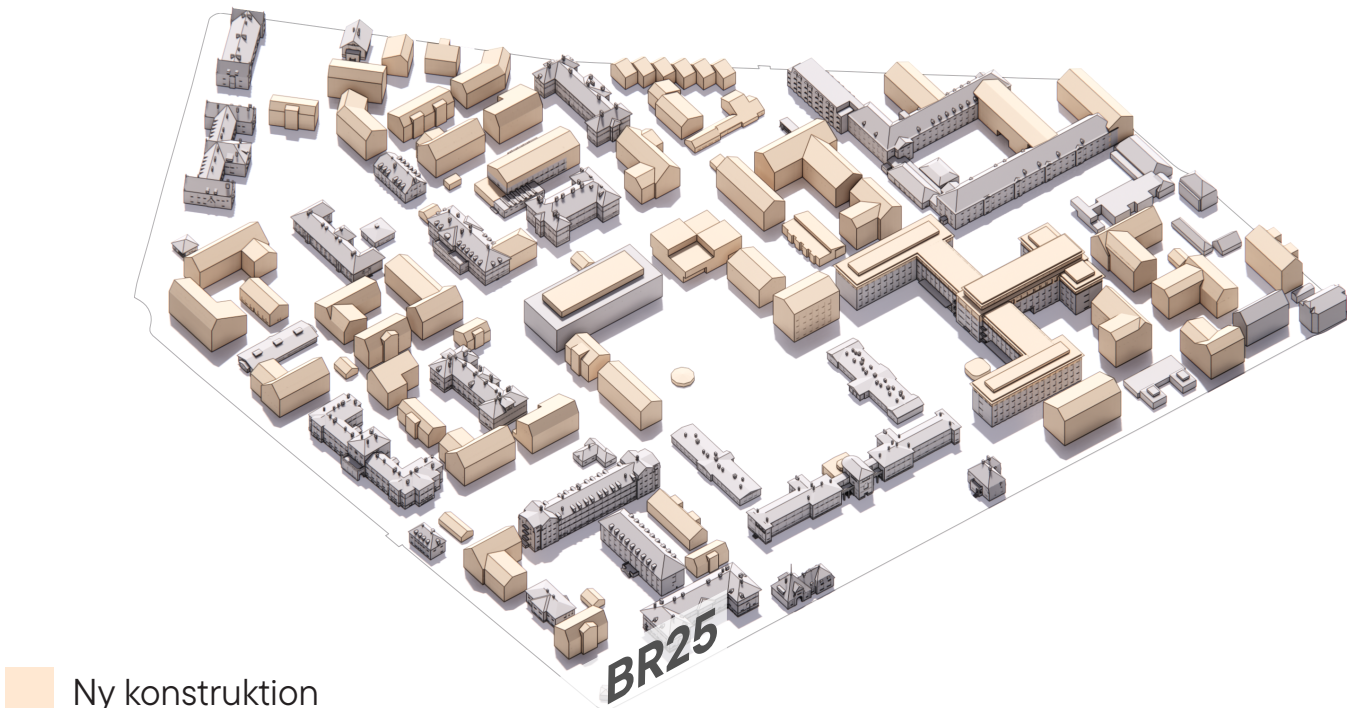
Scenarierne 2 og 3 er fiktive scenarier. De er beregnet til at vise alternativer til den valgte udvikling for at kunne sammenligne påvirkninger på tværs af forskellige designbeslutninger. Visualiseringerne repræsenterer ikke en designudvikling og er ikke indikative for de angivne m².

I scenarie 2 er alle eksisterende bygninger revet ned og erstattet med nyt byggeri, der matcher det samme bygningsareal som i den nuværende udvikling, som repræsenterer standard byggepraksis.

Scenarie 3 repræsenterer den modsatte tilgang, hvor ingen bygning er revet ned, og alle eksisterende bygninger enten er bevaret eller transformeret. Scenarie 2 og 3 fungerer som benchmark for scenarie 1, og er begge fiktive; visualiseringerne er ikke designforslag og repræsenterer ikke de kvadratmeter der er oplistet.

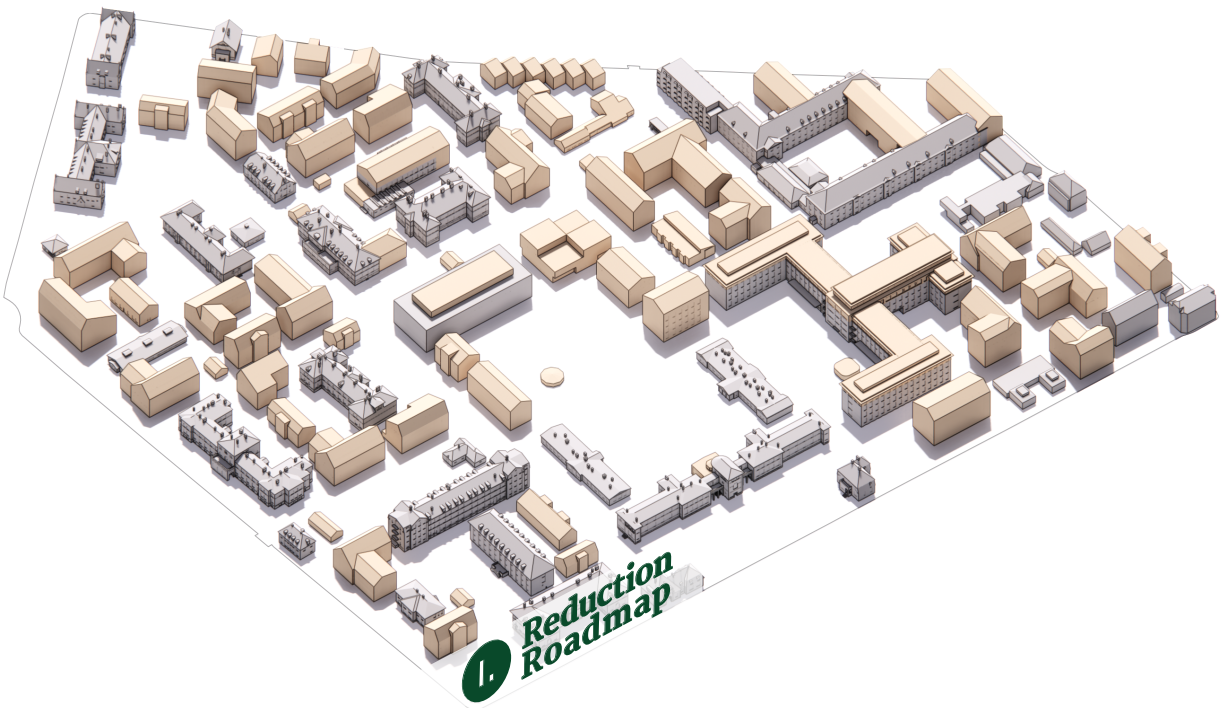
Alle scenarier tager afsæt i det samme antal beboere.

Scenarie 1A
Nuværende planlægning
BR25



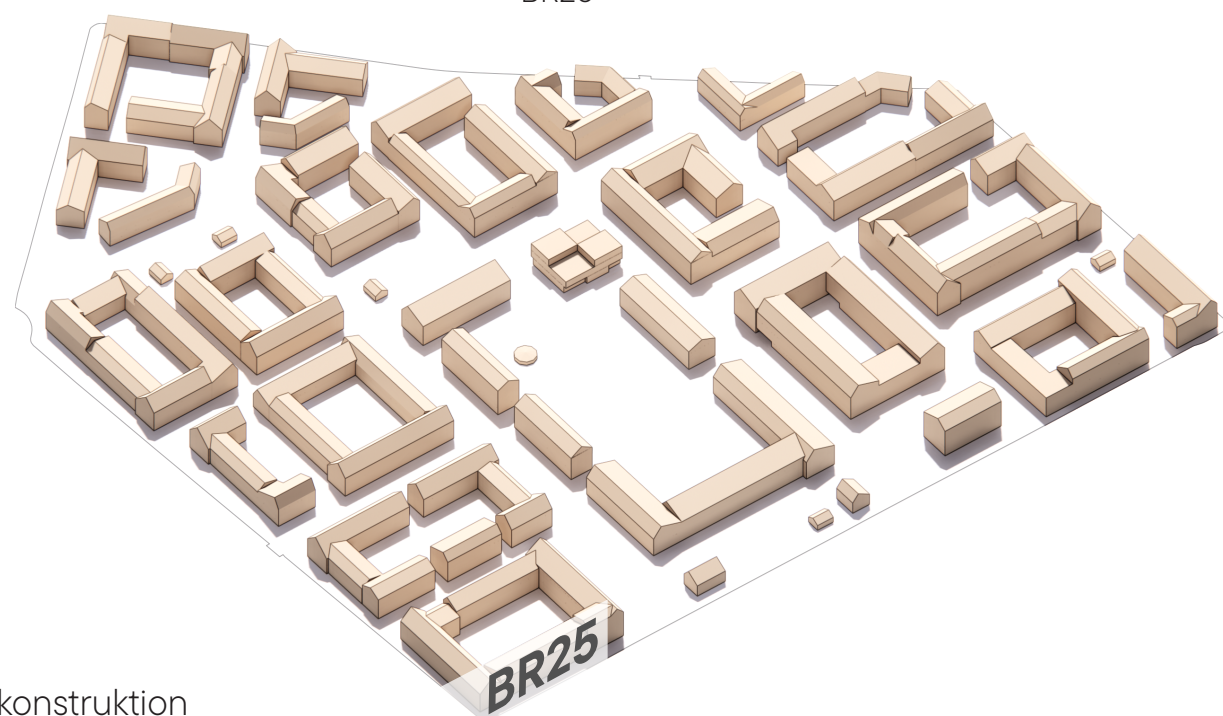
-  Ny konstruktion
-  Transformation

Scenarie1B
Nuværende planlægning
Reduction Roadmap



Scenarie 2

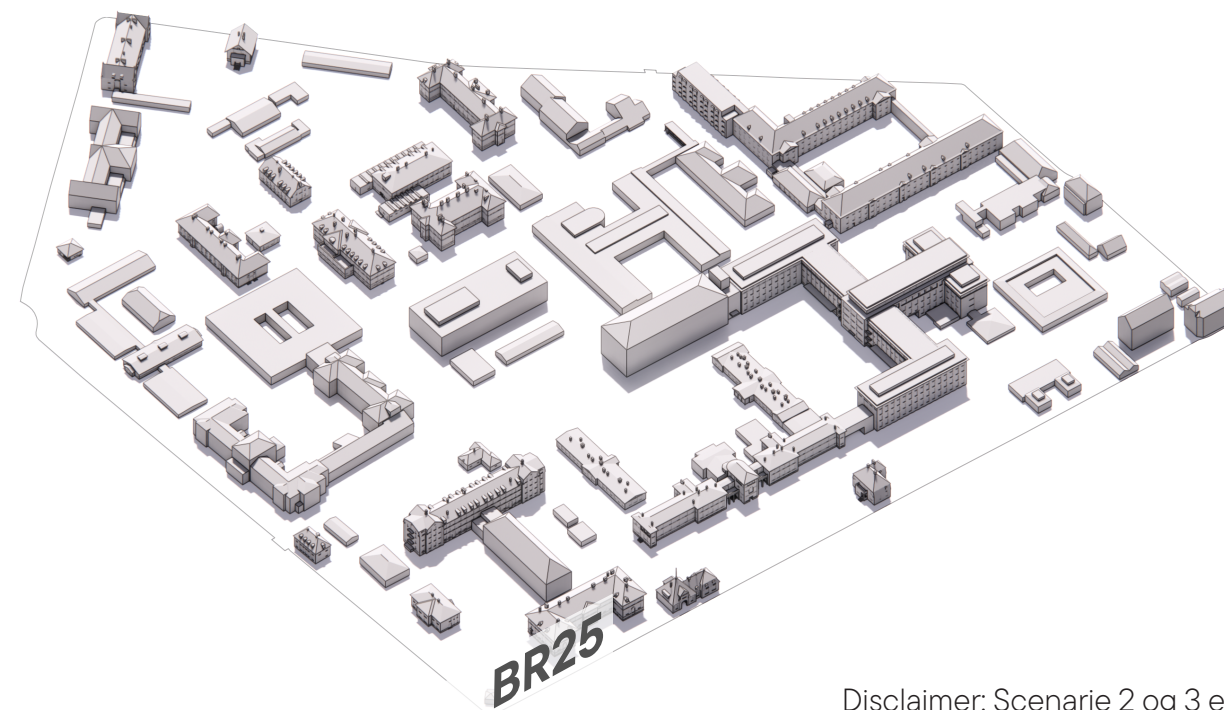
Nedrivning og nybyg
BR25



- Ny konstruktion
- Transformation

Scenarie 3

Transformation
BR25



Disclaimer: Scenarie 2 og 3 er fiktionalle scenarier. Visualiseringerne repræsenterer ikke et udviklet design, eller indikerer de antal kvadratmeter.

Scenarie 1A

NUVÆRENDE PLANLÆGNING (BR25)

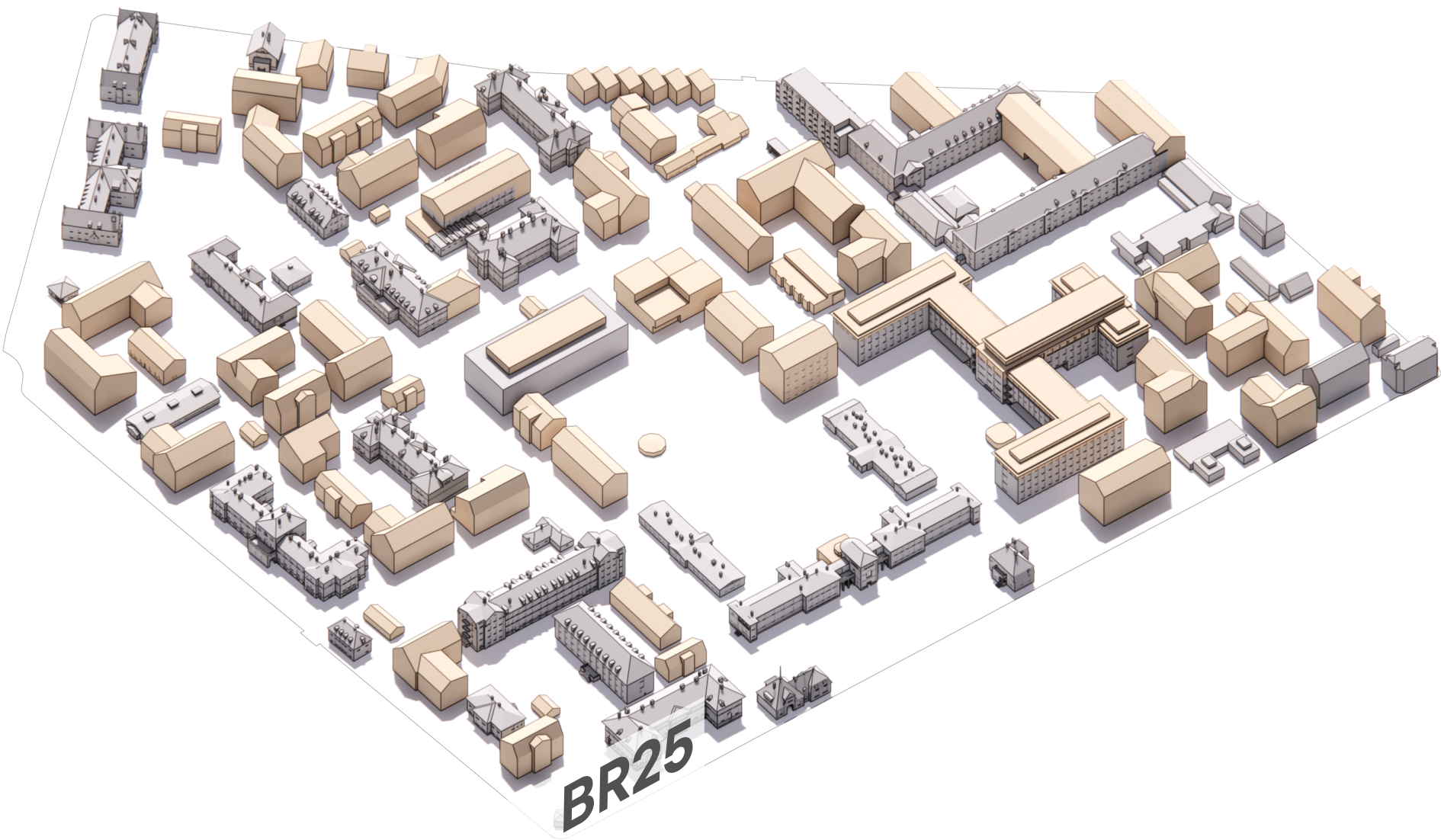
I Scenarie 1A er nogle af de eksisterende bygninger blevet revet ned, baseret på den vurderede anvendelighed i fremtidig udvikling. Store dele af den eksisterende bygningsmasse er dog blevet bevaret eller transformeret med enten energioptimering for øje, eller for at ændre brugen af bygningen. 77.000 m² ny arkitektur bliver tilføjet med tilhørende parkeringskældre, der alt sammen overholder BR25. Store dele af landskabet er bevaret eller opgraderet, og der er lagt stor vægt på at bevare det eksisterende landskab af træer.

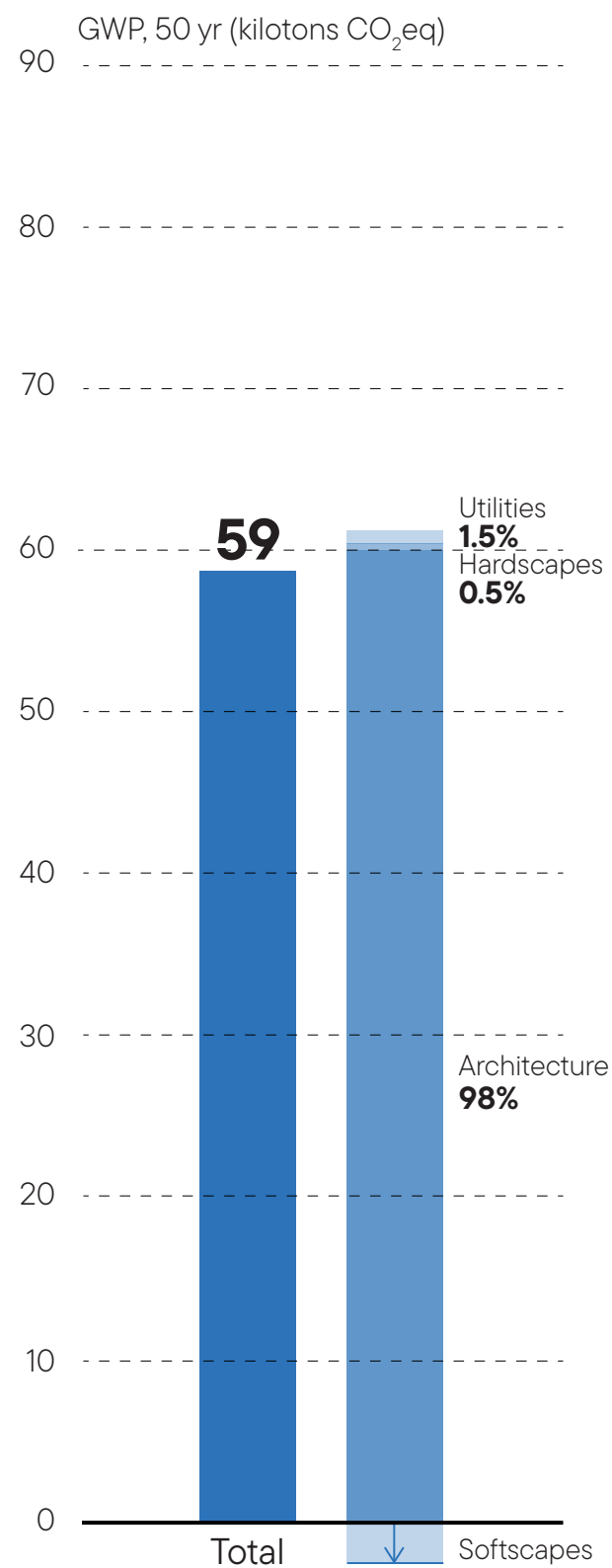
Som resultat af dette resulterer scenarie 1A i 59 kilotons CO₂ og 117 kilotons material footprint. I scenariet skabes 1950 boliger, med 47 m² pr. person, som er gennemsnittet i Frederiksberg Kommune.

Scenariet har en biofaktor på 0,65 (baseret på DGNB-metoden, som adskiller sig fra Frederiksbergs specifikke metode). Som i alle andre scenarier fratrækkes Softscape-kategorien i det samlede CO₂-regnskab, da den optager flere emissioner, end den udleder.

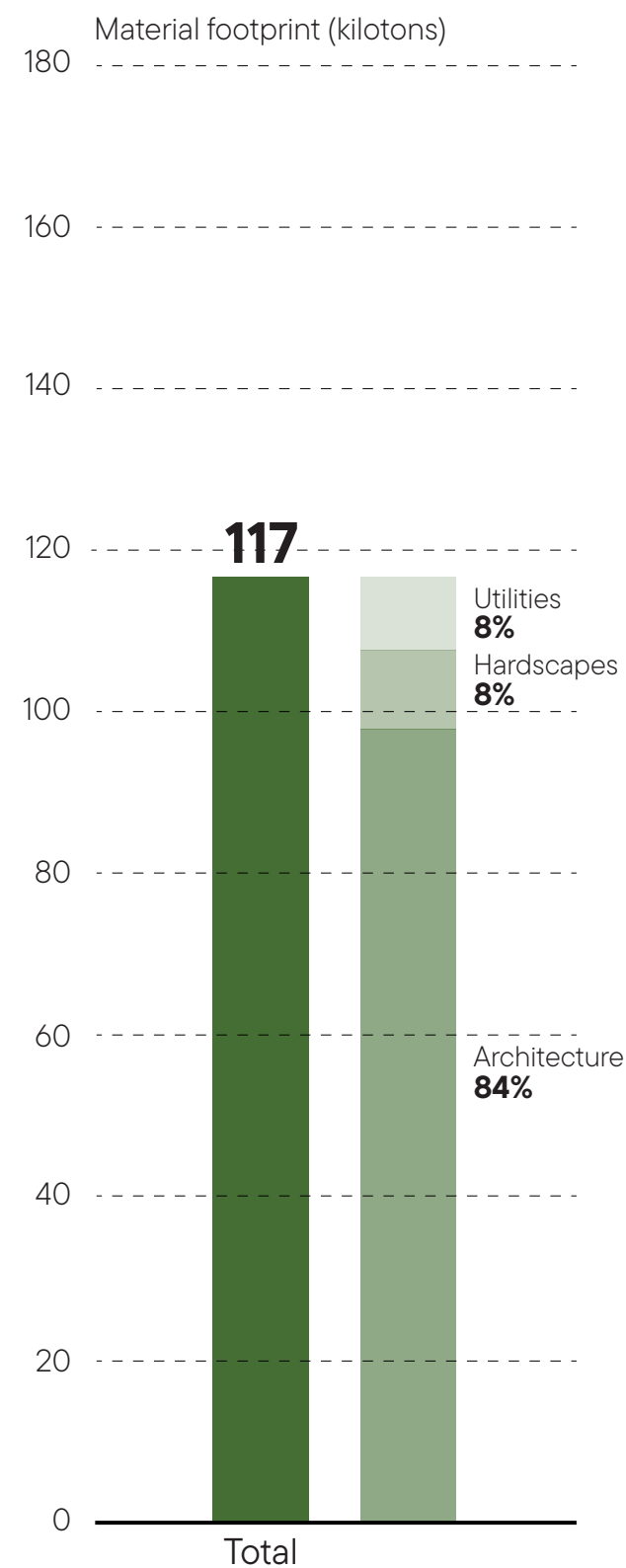
Scenarieinfo	
Total m ² :	145.800 m ²
New construction:	77.000 m ²
↳ med parking basements:	12.900 m ²
Transformed:	55.000 m ²
Demolished:	14.150 m ²
Preserved:	13.800 m ²
Beboere:	1950 mennesker

- Ny konstruktion
- Transformation

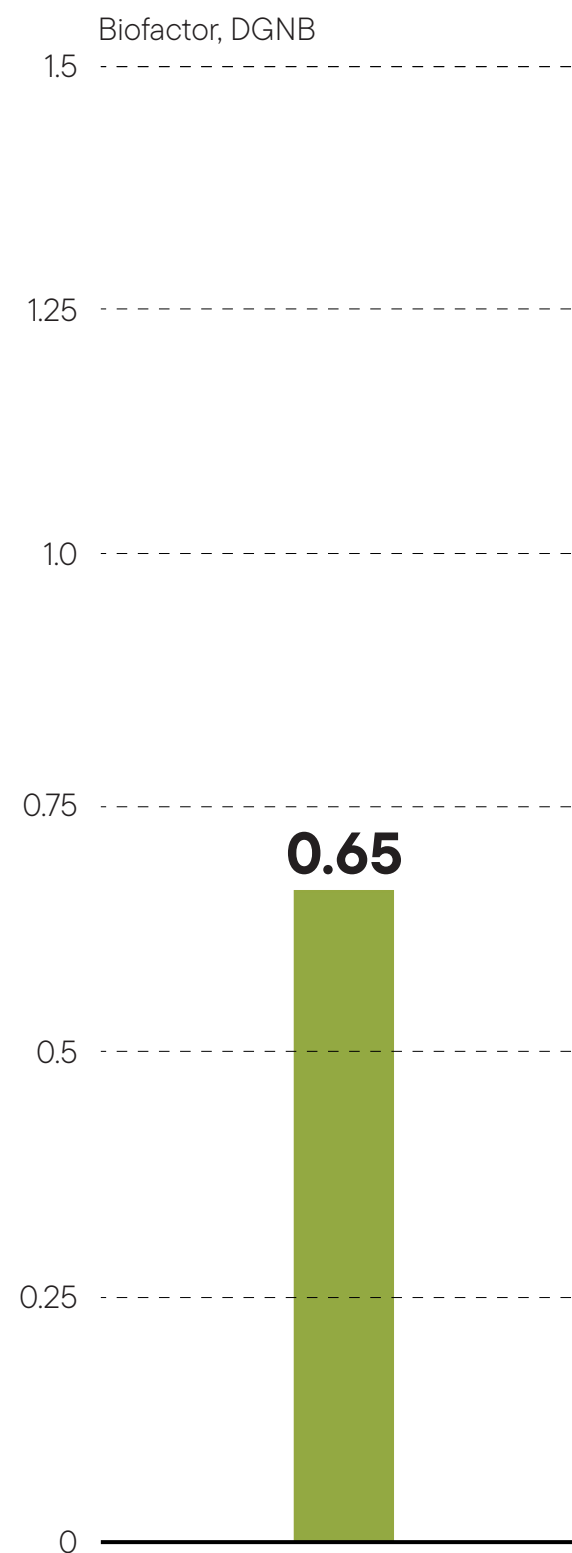




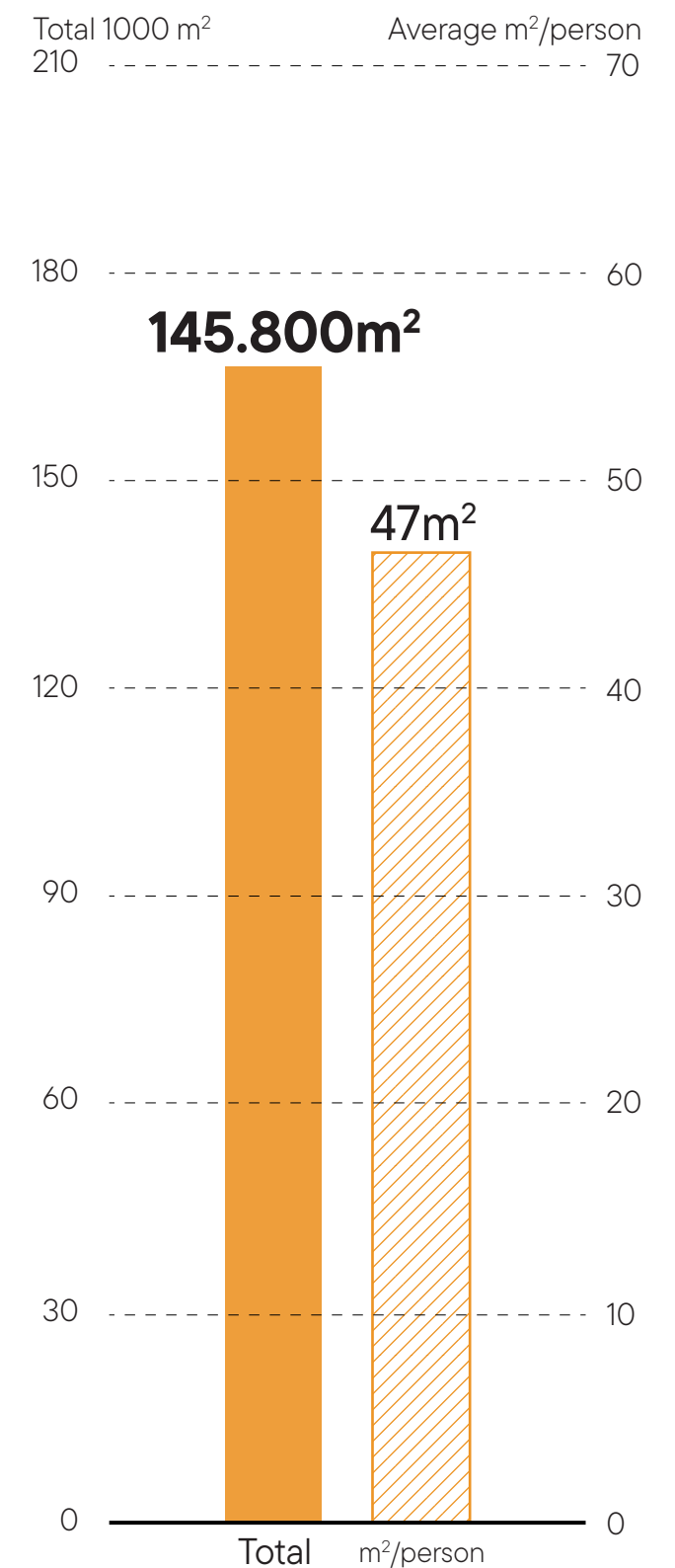
CO₂-udledning



Material Footprint



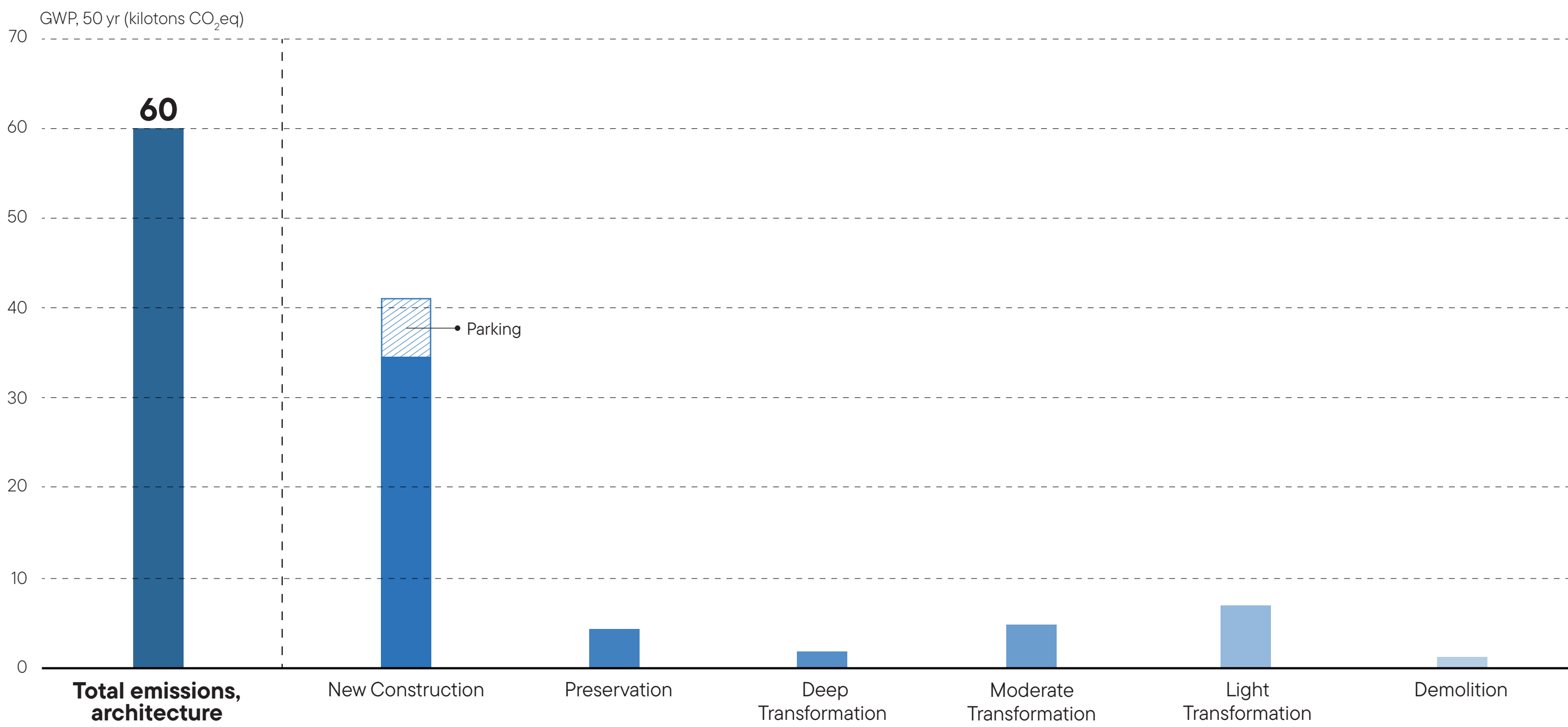
Biofaktor



Bebygget areal

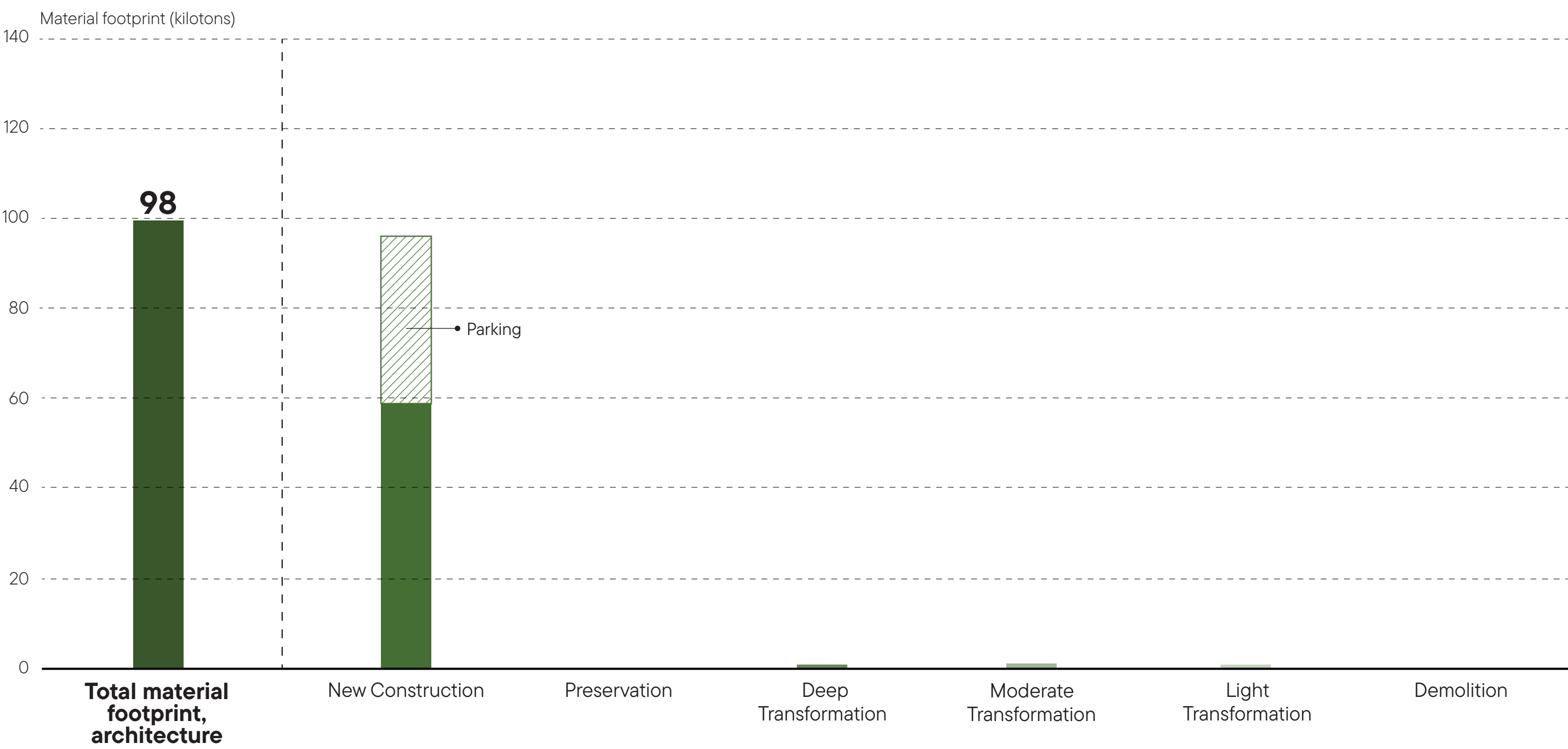
DETALJERET OPGØRELSE AF CO₂-EMISSIONER – ARCHITECTURE

Til en mere detaljeret analyse af arkitekturkategorien i Scenarie 1A viser de følgende grafer fordelingen mellem de forskellige byggeaktiviteter – fra nybyggeri til nedrivning. Grønne områder optager en del af den samlede CO₂-udledning, og derfor er den samlede udledning lavere end de nedenfor viste emissioner. Grafen viser tydeligt, at nybyggeri udgør den største andel af emissionerne.



DETALJERET OPGØRELSE AF MATERIAL FOOTPRINT - ARCHITECTURE

Til en mere detaljeret analyse af arkitekturkategorien i Scenarie 1A viser de følgende grafer fordelingen mellem de forskellige byggeaktiviteter – fra nybyggeri til nedrivning. Grafen viser tydeligt, at nybyggeri tegner sig for den største andel af materialefodafttrykket.



Scenarie 1B

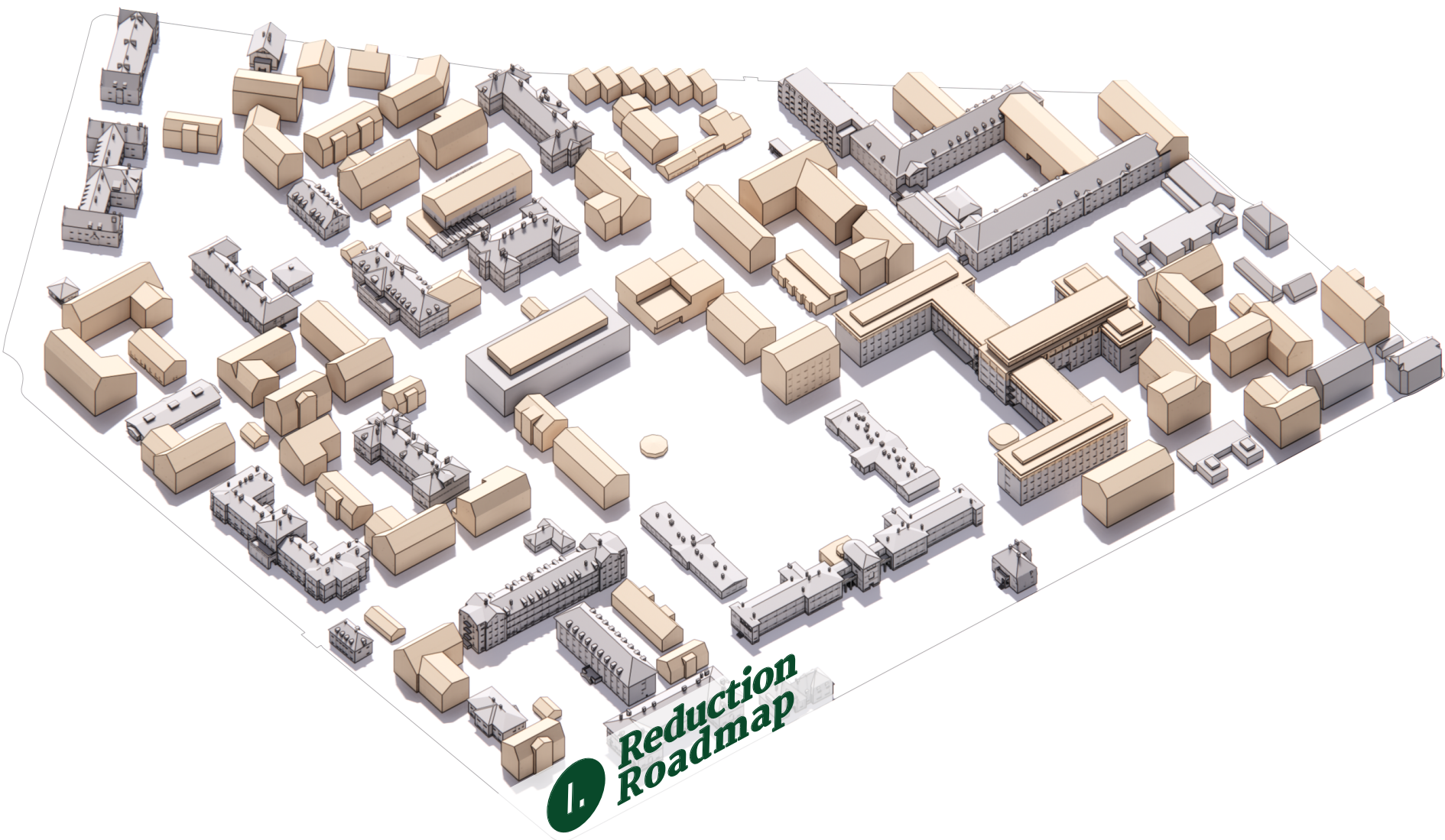
NUVÆRENDE PLANLÆGNING (REDUCTION ROADMAP)

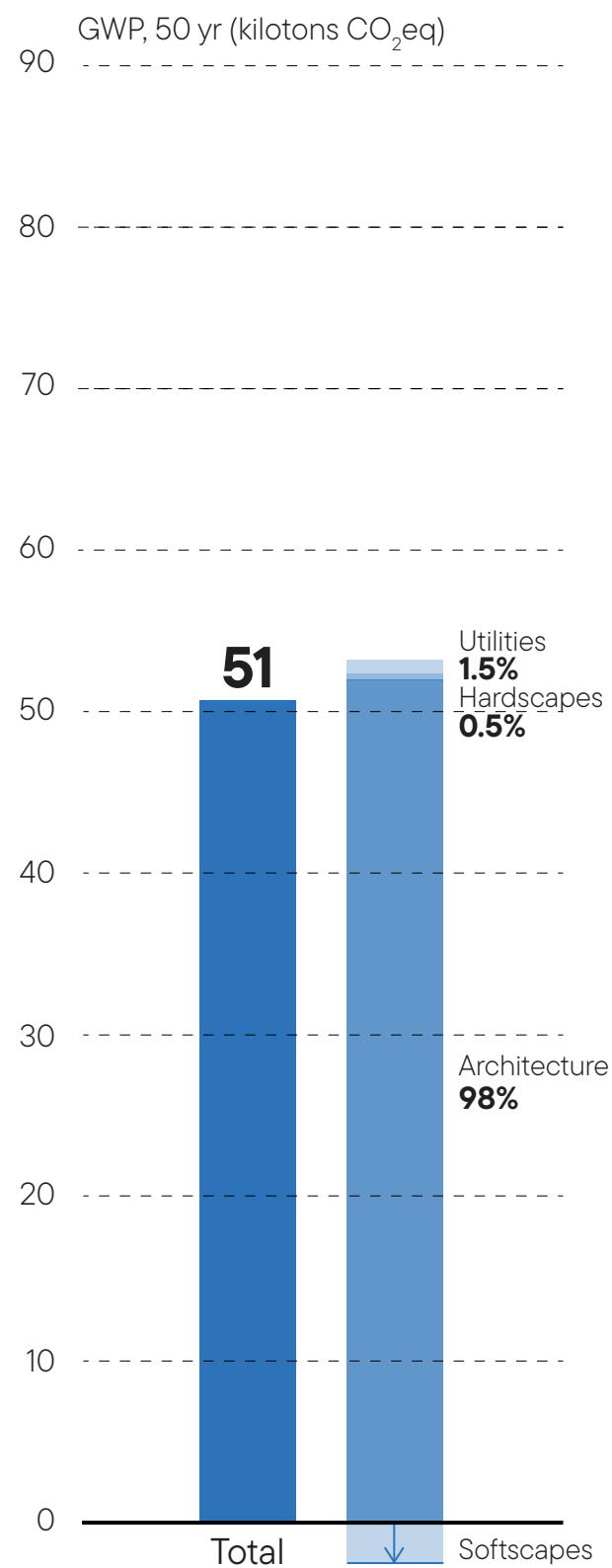
I Scenarie 1B er den eneste forskel fra 1A den valgte bæredygtigheds-klasse. Her benyttes Reduction Roadmap 2025 i stedet for BR25.

Scenarie 1B resulterer i 51 kilotons CO₂ og 96 kilotons material footprint, hvilket er lavere end det gør sig gældende for scenarie 1A. Eftersom bæredygtighedsklassen primært har indflydelse på Architecture-kategorien, forbliver biofaktoren såvel som det gennemsnitlige kvadratmeterantal uændret fra Scenarie 1A.

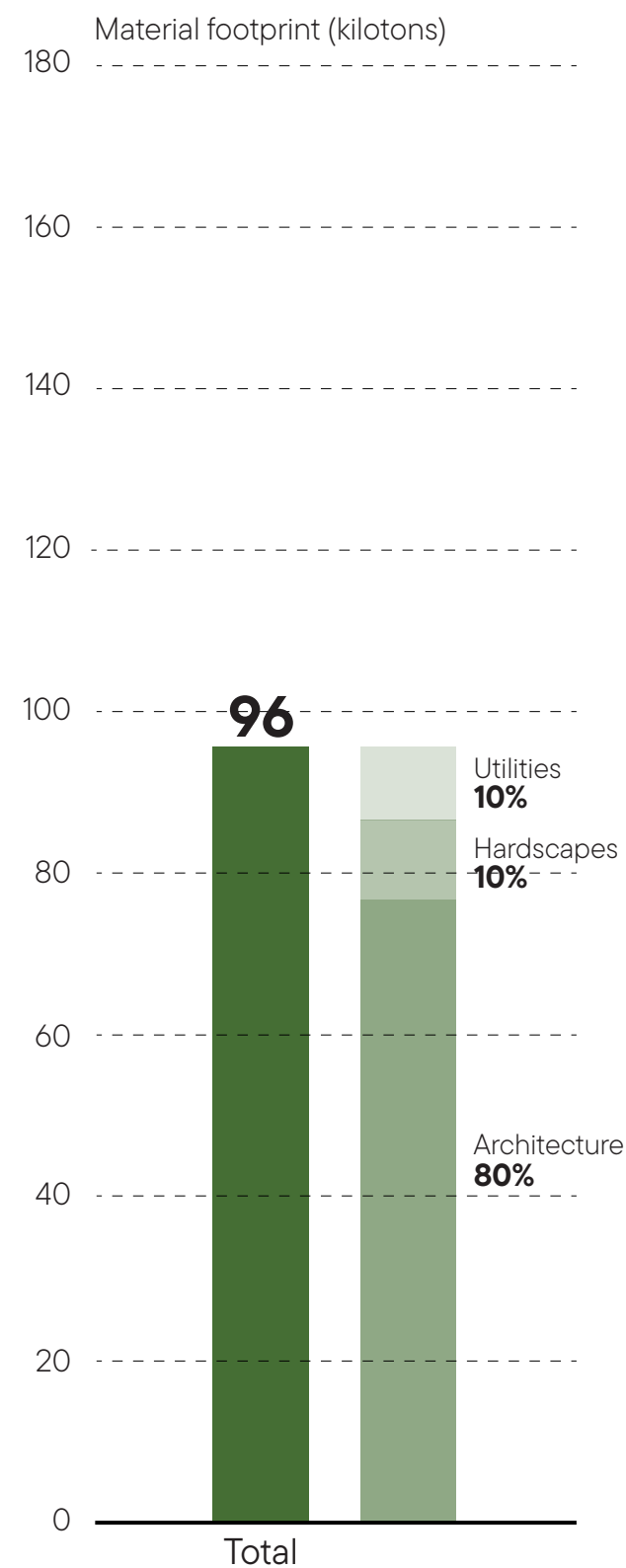
Scenarieinfo	
Total m ² :	145.800 m ²
New construction:	77.000 m ²
↳ med parking basements:	12.900 m ²
Transformed:	55.000 m ²
Demolished:	14.150 m ²
Preserved:	13.800 m ²
Beboere:	1950 mennesker

- Ny konstruktion
- Transformation

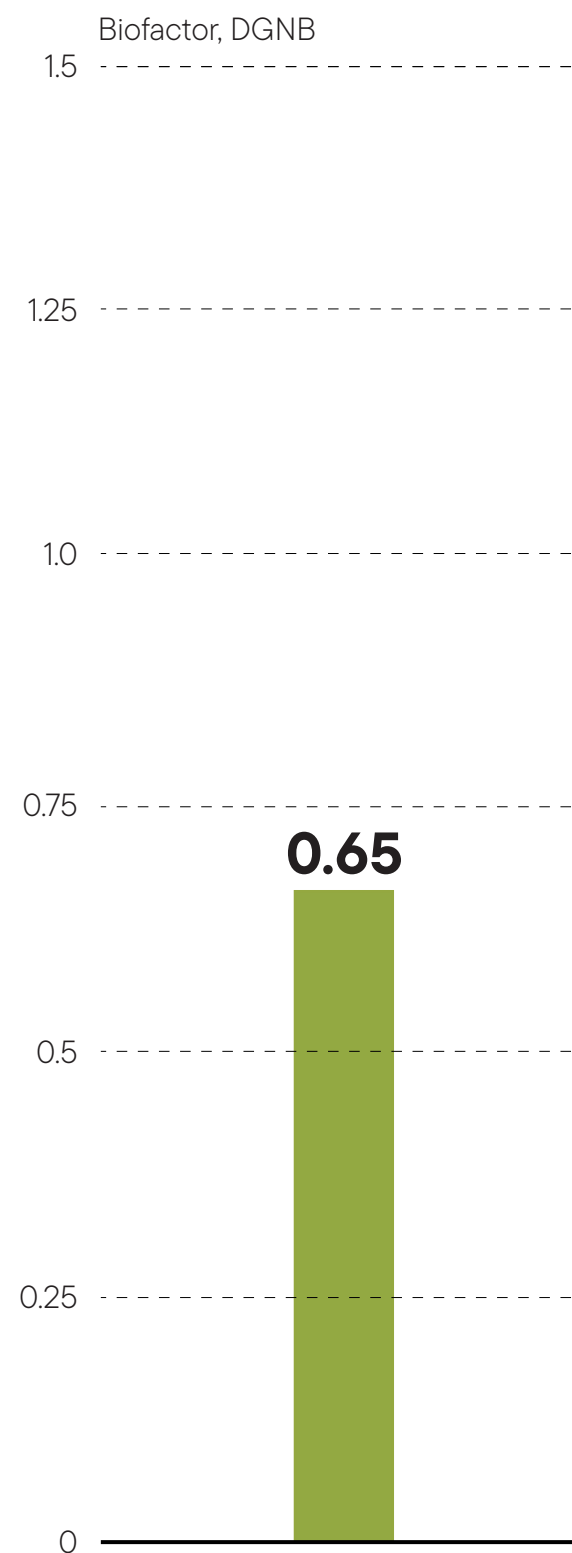




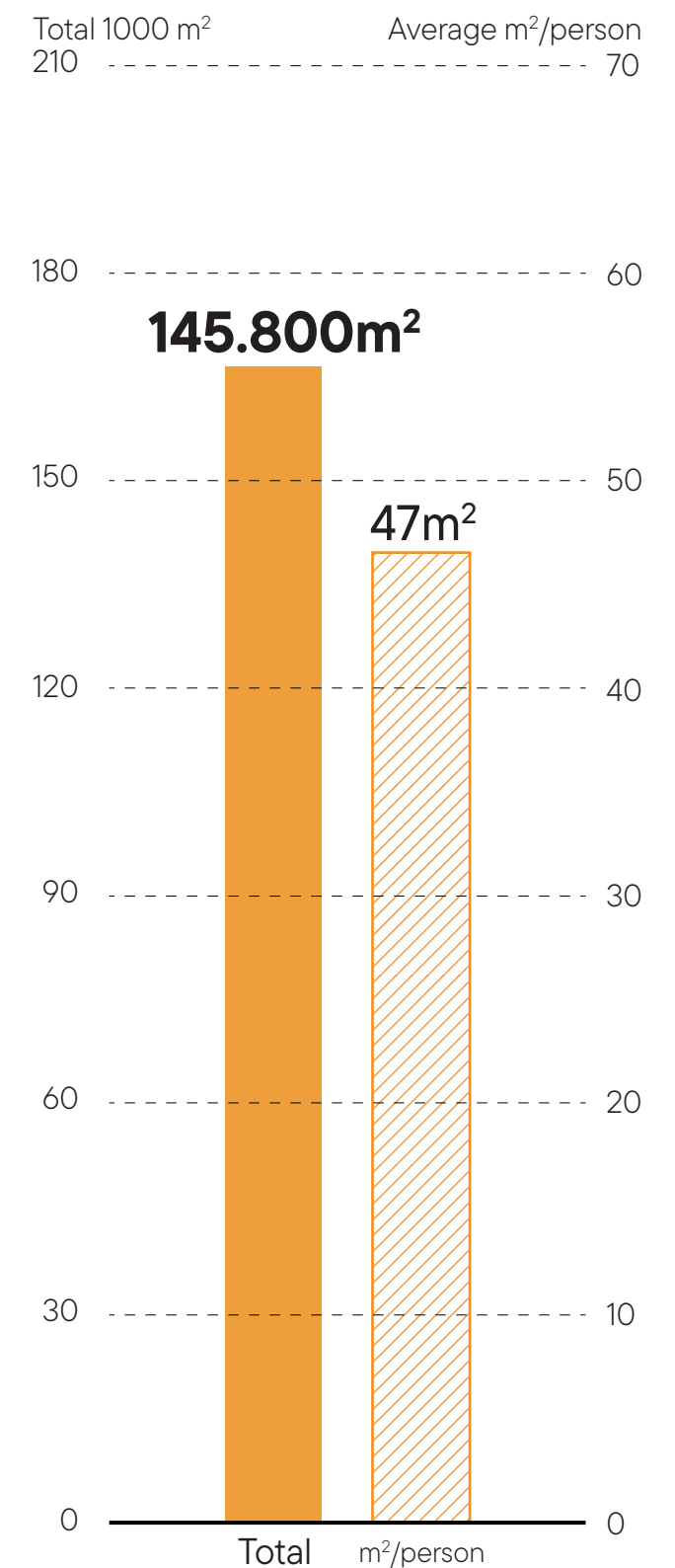
CO₂-udledning



Material Footprint



Biofaktor



Bebygget areal

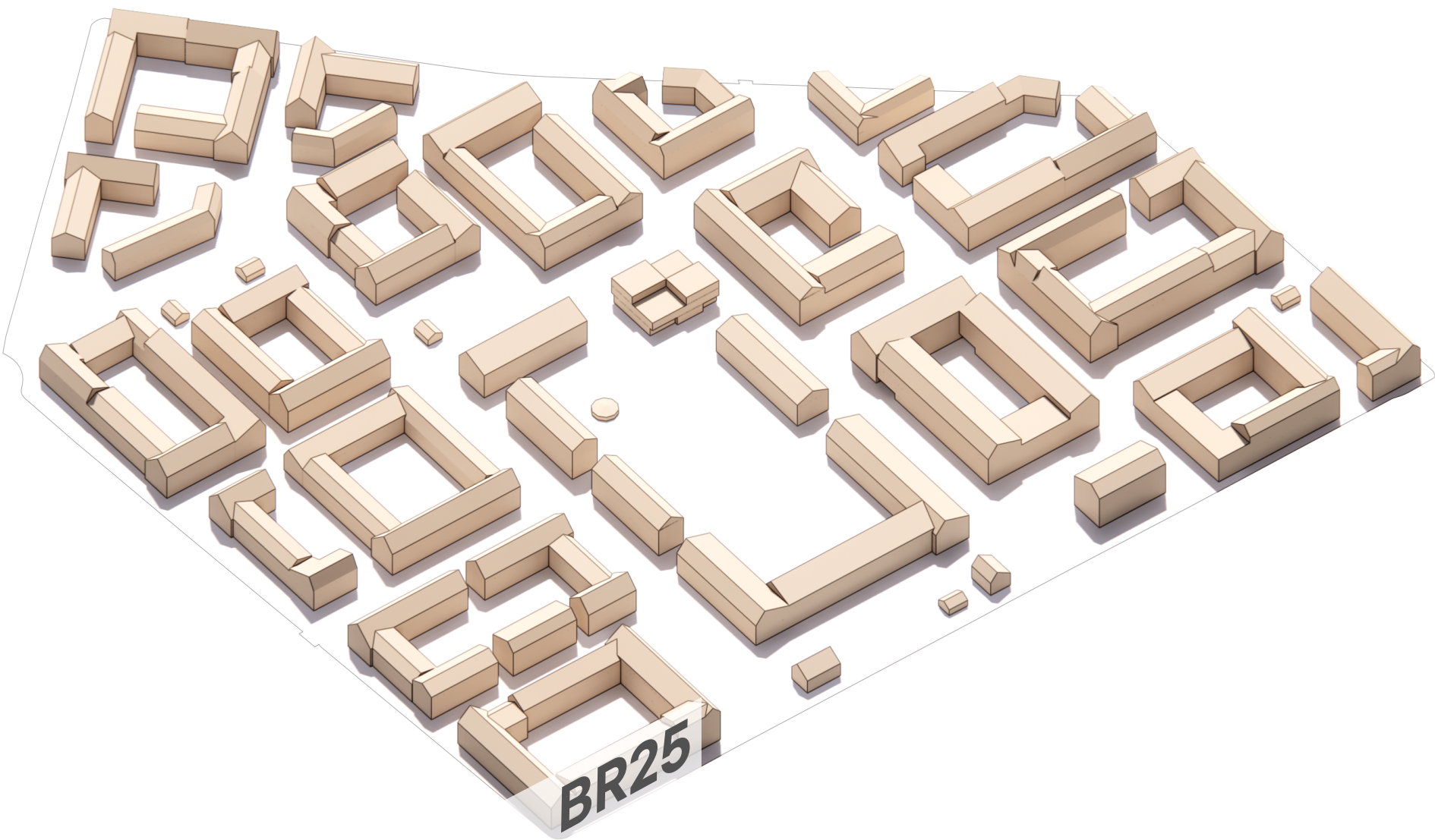
Scenarie 2

NEDRIVNING OG NYBYG (BR25)

I Scenarie 2 er alt eksisterende byggeri blevet nedrevet (som det ofte gør sig gældende i byudvikling på det grønne område), og blevet udskiftet med ny arkitektur, der overholder BR25. Arkitekturen består af lange stænger og karréer uden fritliggende bygninger, mens nogle af de grønne byrum er bebygget. Træer er, hvor det er nødvendigt, blevet fjernet for at gøre plads til de nye konstruktioner, og kun et minimum af landskabsarkitektur er blevet udført.

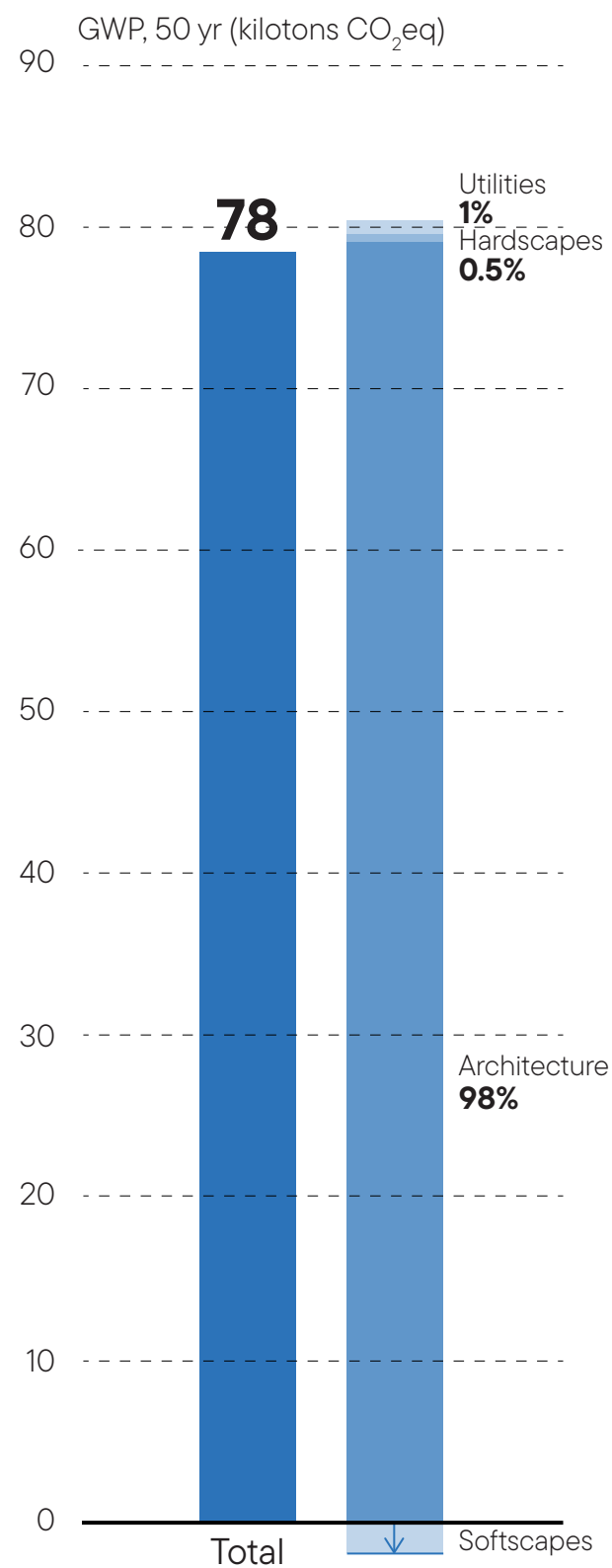
Som resultat af dette giver scenarie 2 os den største udledning af alle scenarierne med 78 kilotons CO₂ og 177 kilotons material footprint. Den begrænsede landskabsarkitektur medvirker også til et fald i bio-faktor. **Antal kvadratmeter og funktioner forbliver uændrede i forhold til scenarie 1A og 1B.**

Dette er et fiktionselt scenarie. Visualiseringerne repræsenterer ikke et udviklet design, eller indikerer de antal kvadratmeter oplyst nedenfor.



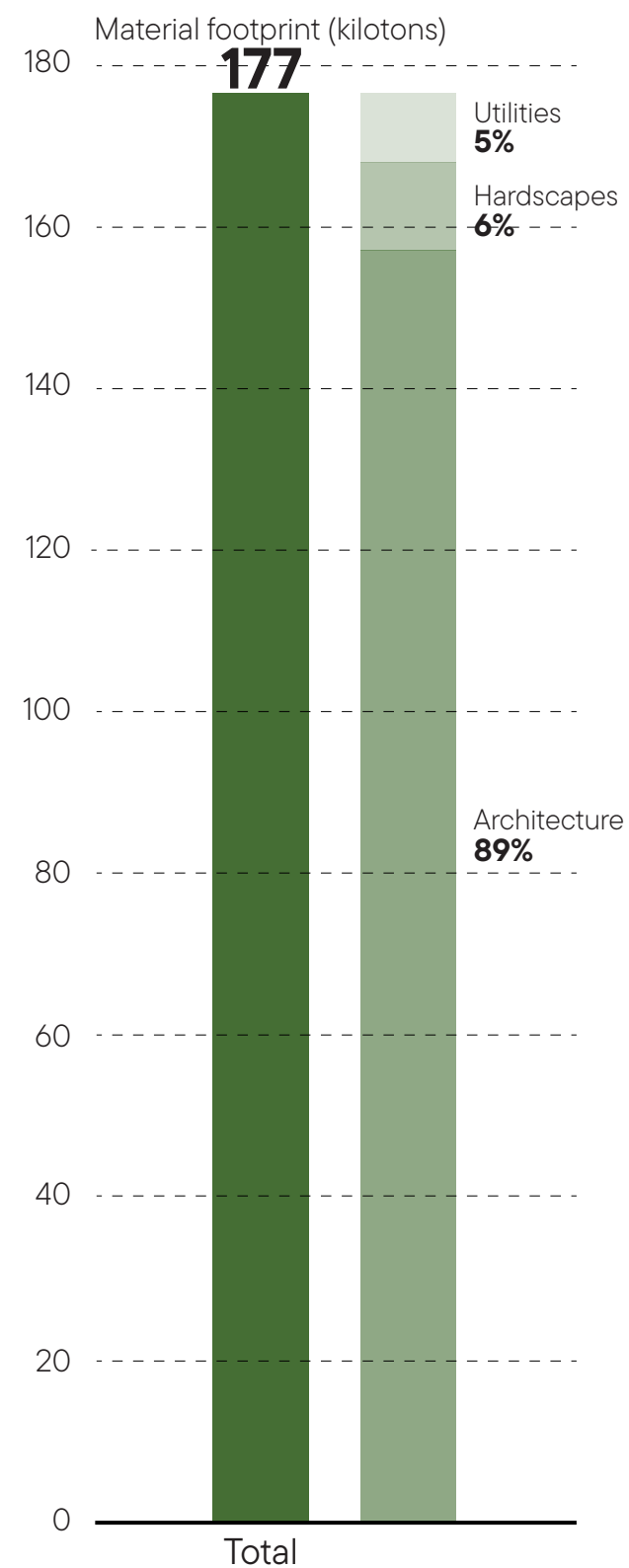
Scenarieinfo	
Total m²:	145.800 m²
New construction:	145.800 m²
↳ med parking basements:	12.900 m²
Transformed:	0 m²
Demolished:	69.200 m²
Preserved:	0 m²
Beboere:	1950 mennesker

- Ny konstruktion
- Transformation



CO₂

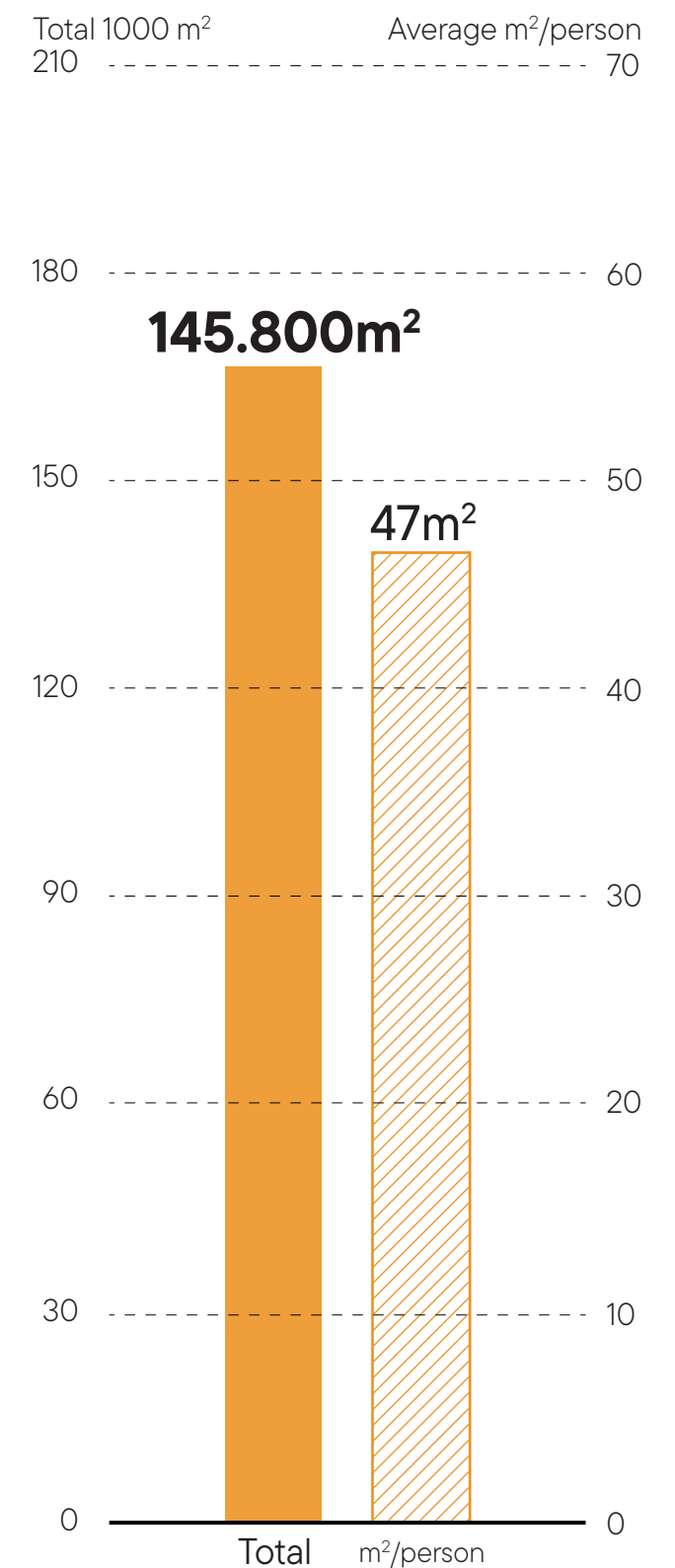
CO₂-udledning



Material Footprint



Biofaktor



m²

Bebygget areal

Scenarie 3

TRANSFORMATION (BR25)

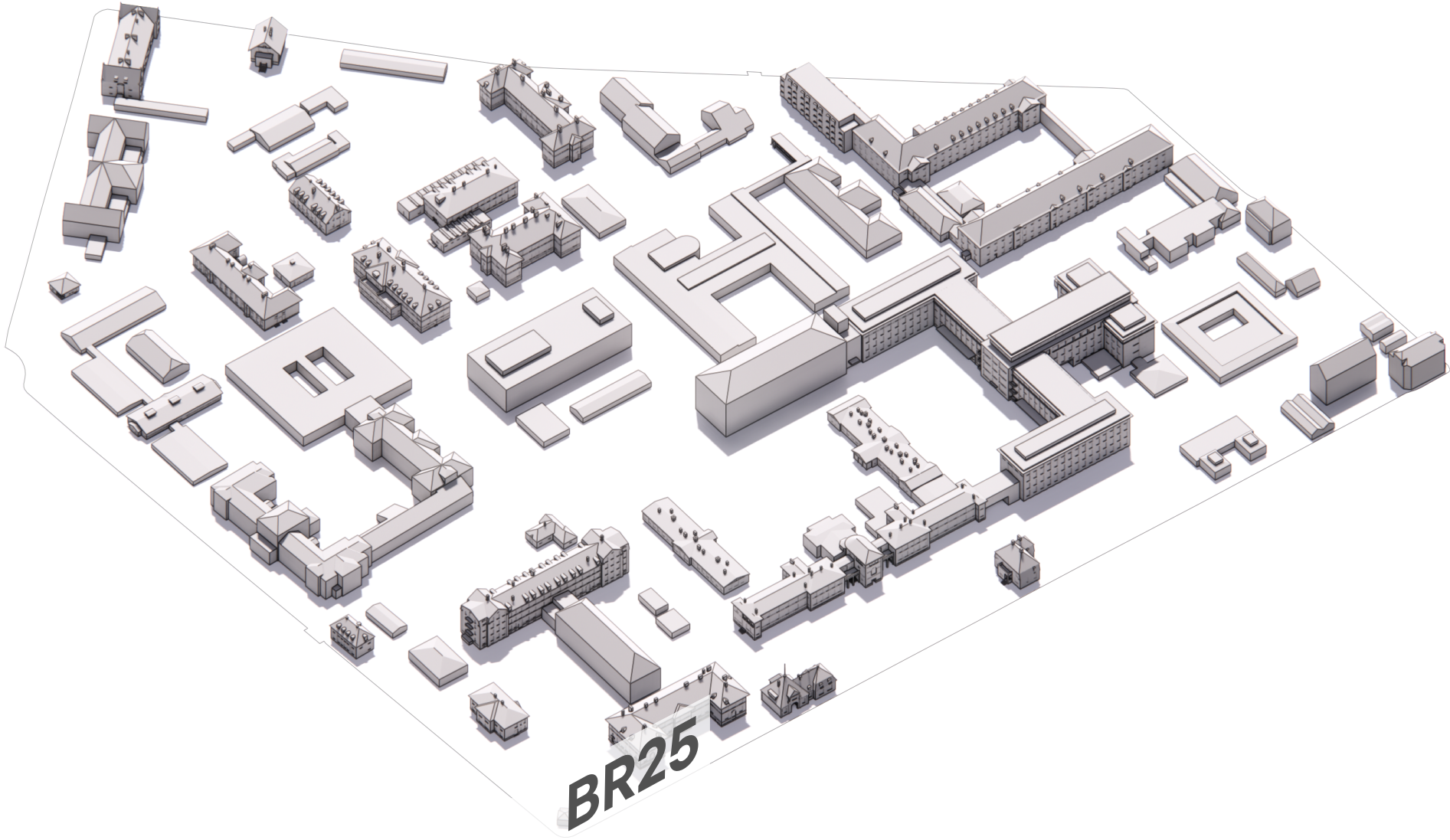
I scenarie 3 er ingen bygninger revet ned. I stedet bliver de eksisterende bebyggelser enten bevaret eller transformeret. Scenariet overholder BR25. For de Softscapes er der valgt de mest CO₂-begrænsende muligheder, og der er udviklet en minimal mængde Hardscapes, mens det resterende område er genbeplantet. Til parkering er der opført et 5-etagers parkeringshus.

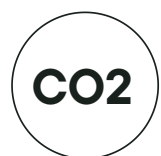
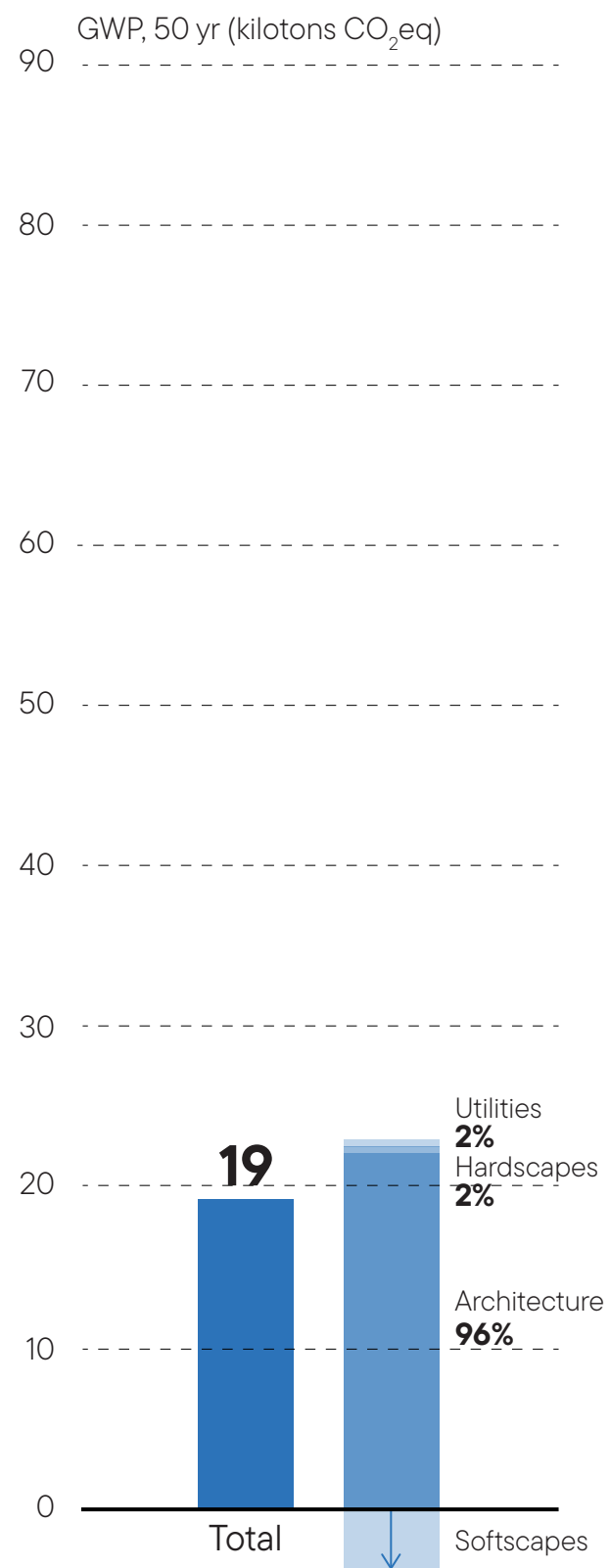
Som resultat af dette, resulterer scenarie 3 altså til en væsentlig mindre CO₂-udledning (19 kilotons CO₂) og material footprint (20 kilotons) sammenlignet med de andre scenarier, samtidig med at den også opnår den højeste biofaktor. Af sammenligningshensyn rummer dette scenarie også 1950 beboere, og da det kun har 83.000 m² bygningsareal, svarer det til 23 m² pr. beboer – markant lavere end i de andre scenarier.

Dette er et fiktionselt scenarie. Visualiseringerne repræsenterer ikke et udviklet design, eller indikerer de antal kvadratmeter oplyst nedenfor.

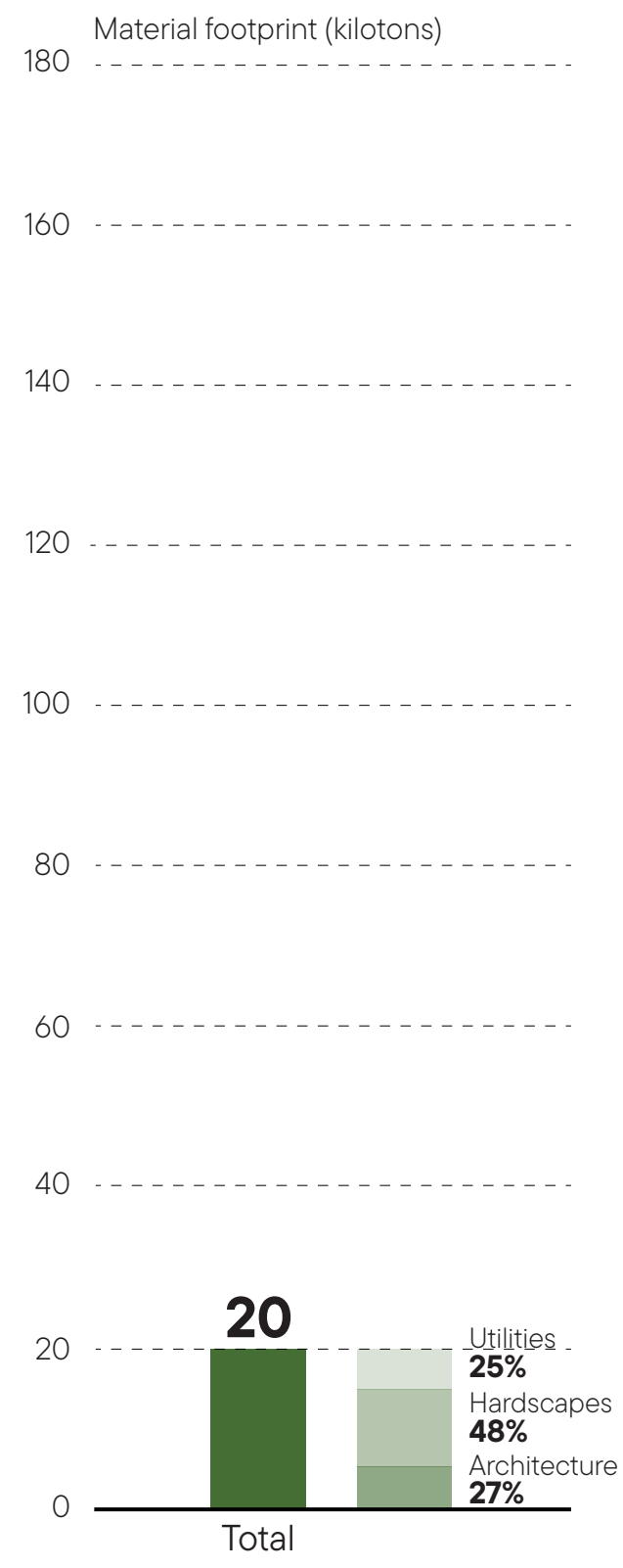
Scenarieinfo	
Total m ² :	83.000 m ²
New construction:	0 m ²
Transformed:	69.200 m ²
↳ med parking basements:	6.000 m ²
Preserved:	13.800 m ²
Demolished:	0 m ²
Beboere:	1950 mennesker

- Ny konstruktion
- Transformation

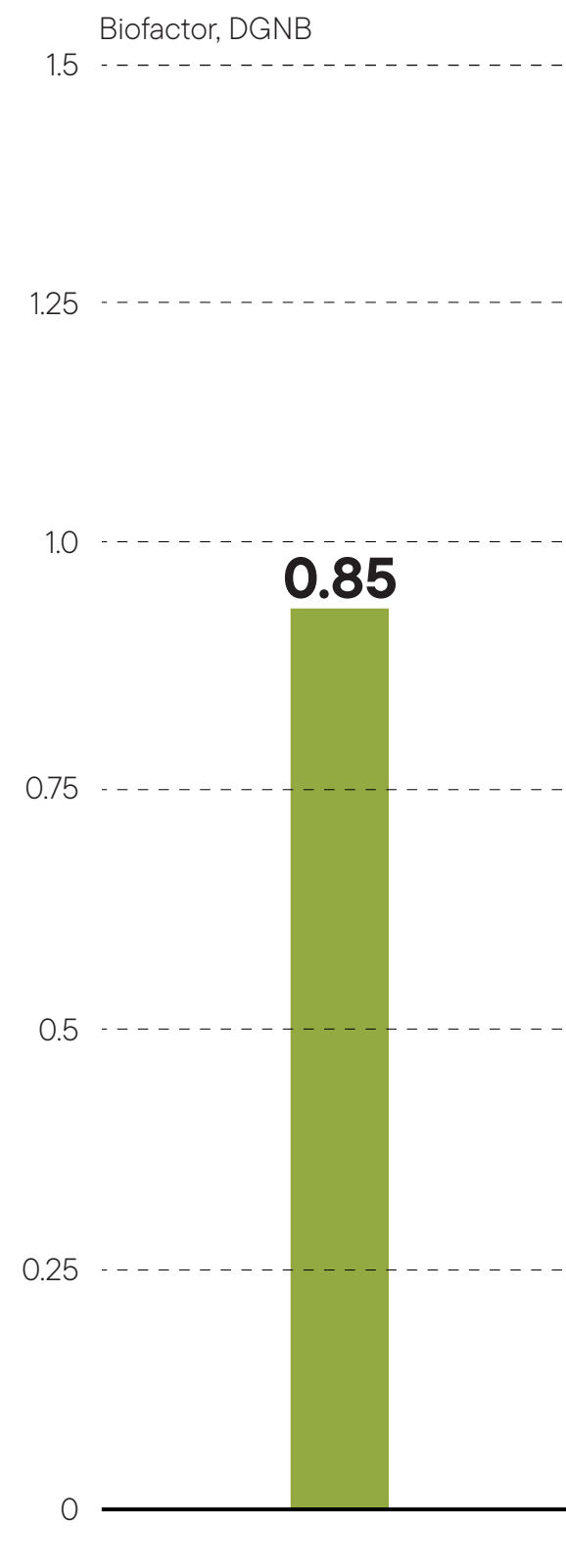




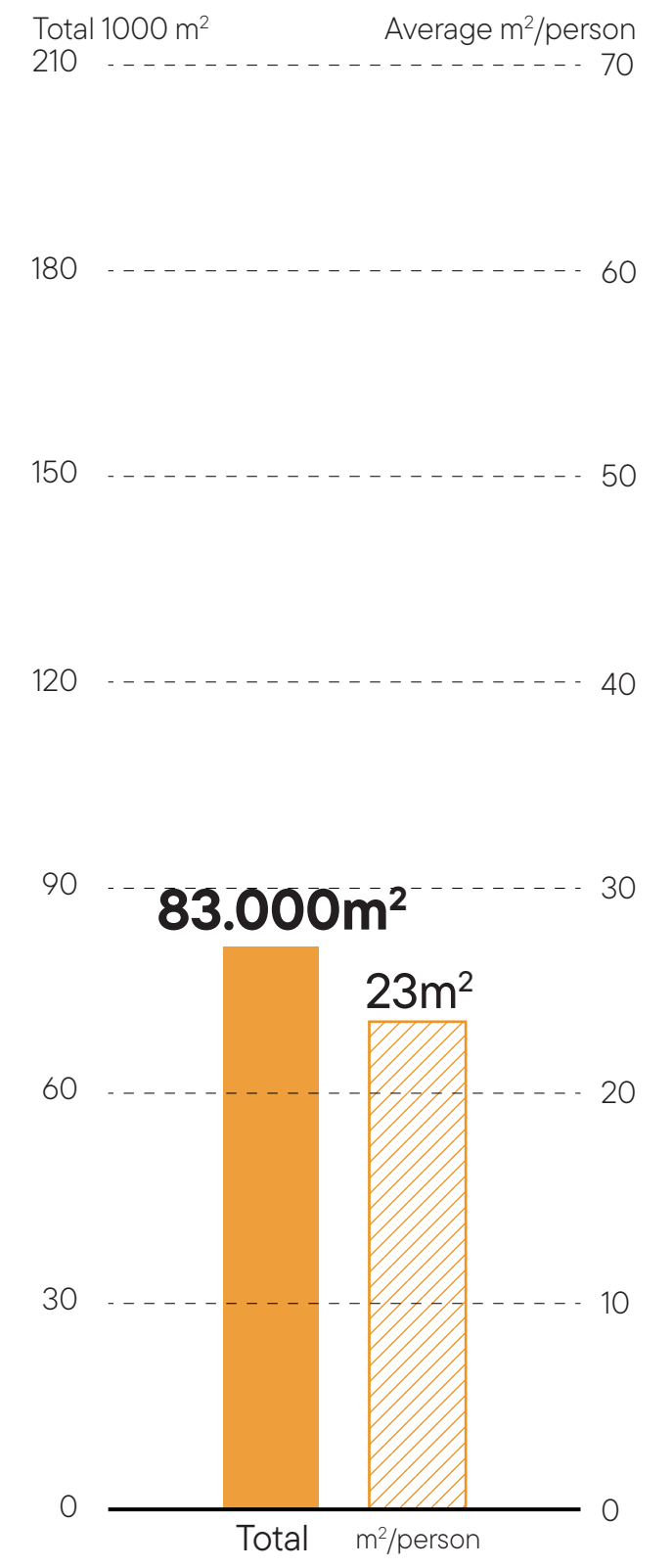
CO₂-udledning



Material Footprint



Biofaktor



Bebygget areal

Sammenligning af resultater

Når man sammenligner resultaterne af de fire scenarier, tegner der sig et klart billede: Både valget af byggeaktiviteter (transformation vs. nedrivning og nybyggeri) og bæredygtighedsklassen har stor indflydelse på resultaterne.

Scenarie 2 resulterer i de højeste CO₂-emissioner og Material Footprint, samtidig med at det har den laveste biofaktor. Scenarie 1A, der bruger BR25 som bæredygtighedsklasse for arkitektur, har højere emissioner og Material Footprint end scenarie 1B med Reduction Roadmap 2025-grænsen. De resulterer begge i den samme biofaktor.

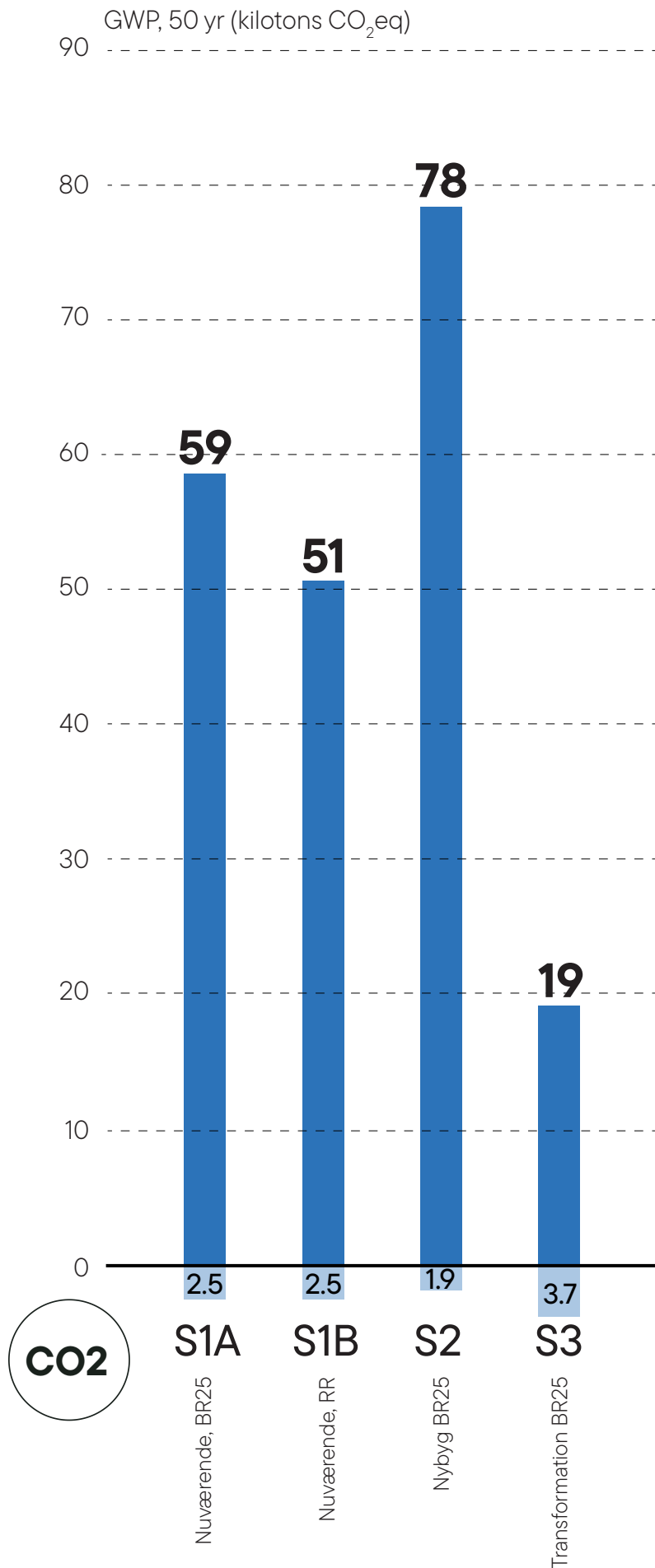
Derimod genererer scenarie 3, der udelukkende fokuserer på transformation og bevaring med betydeligt færre byggede kvadratmeter, den laveste påvirkning og den bedste biofaktor. Med et betydeligt lavere samlet antal m² og det samme antal beboere falder de 47 m² pr. beboer fra de andre scenarier til 23 m² pr. beboer i dette scenarie.

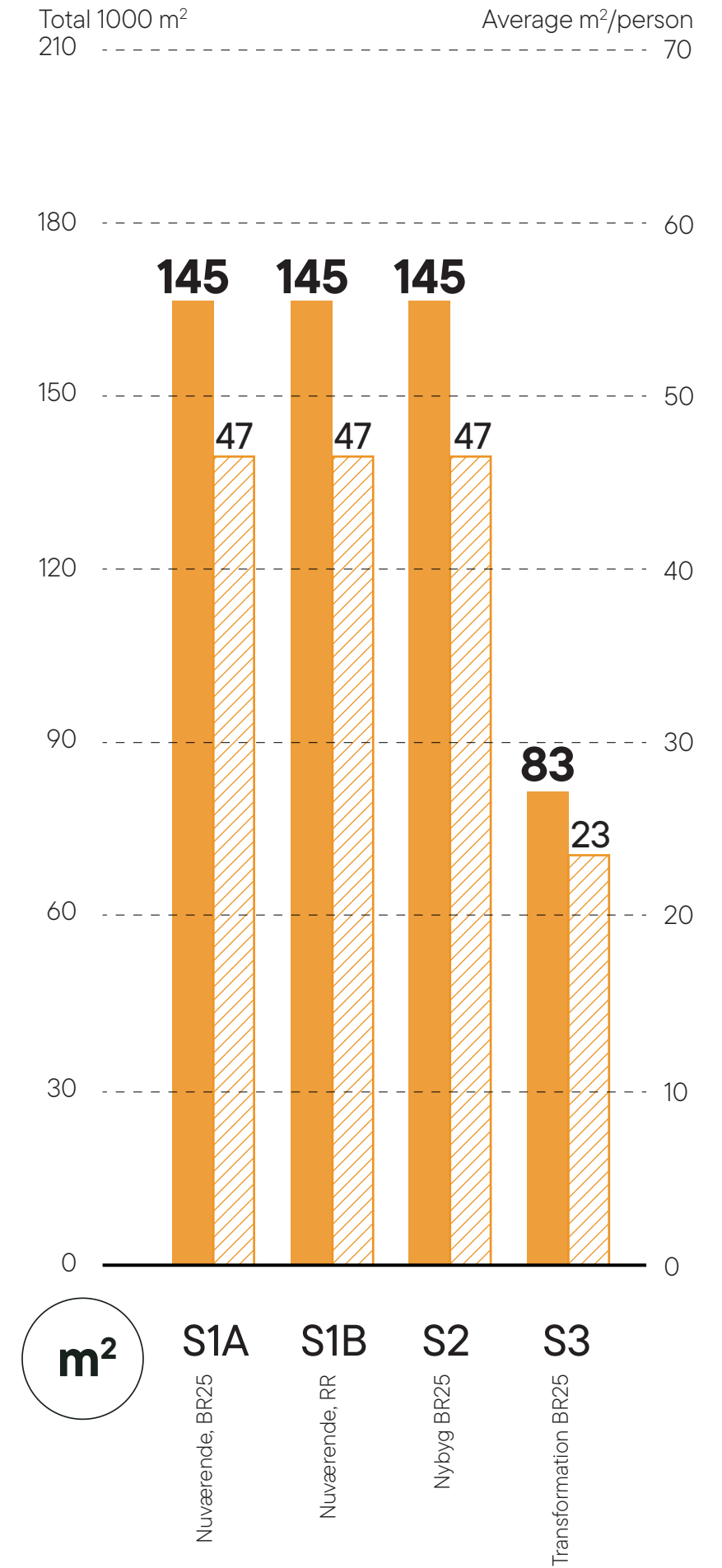
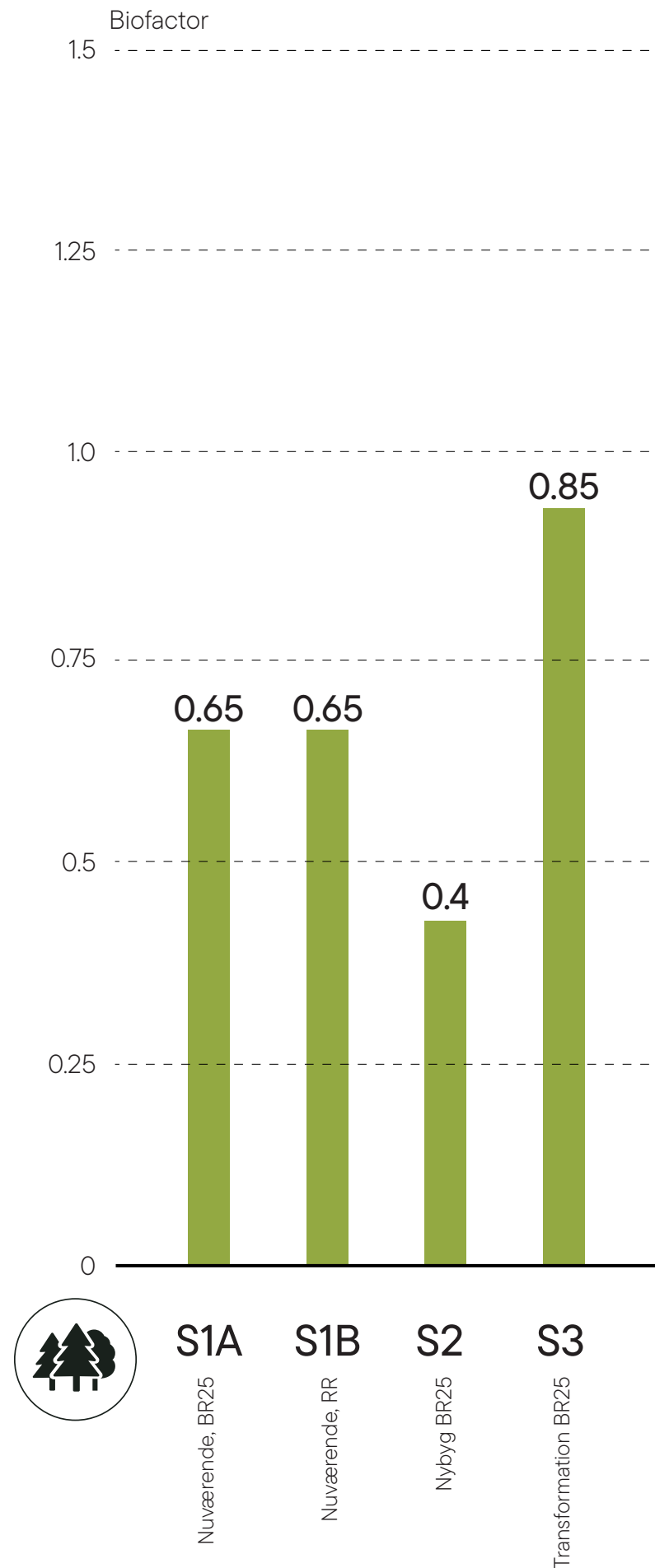
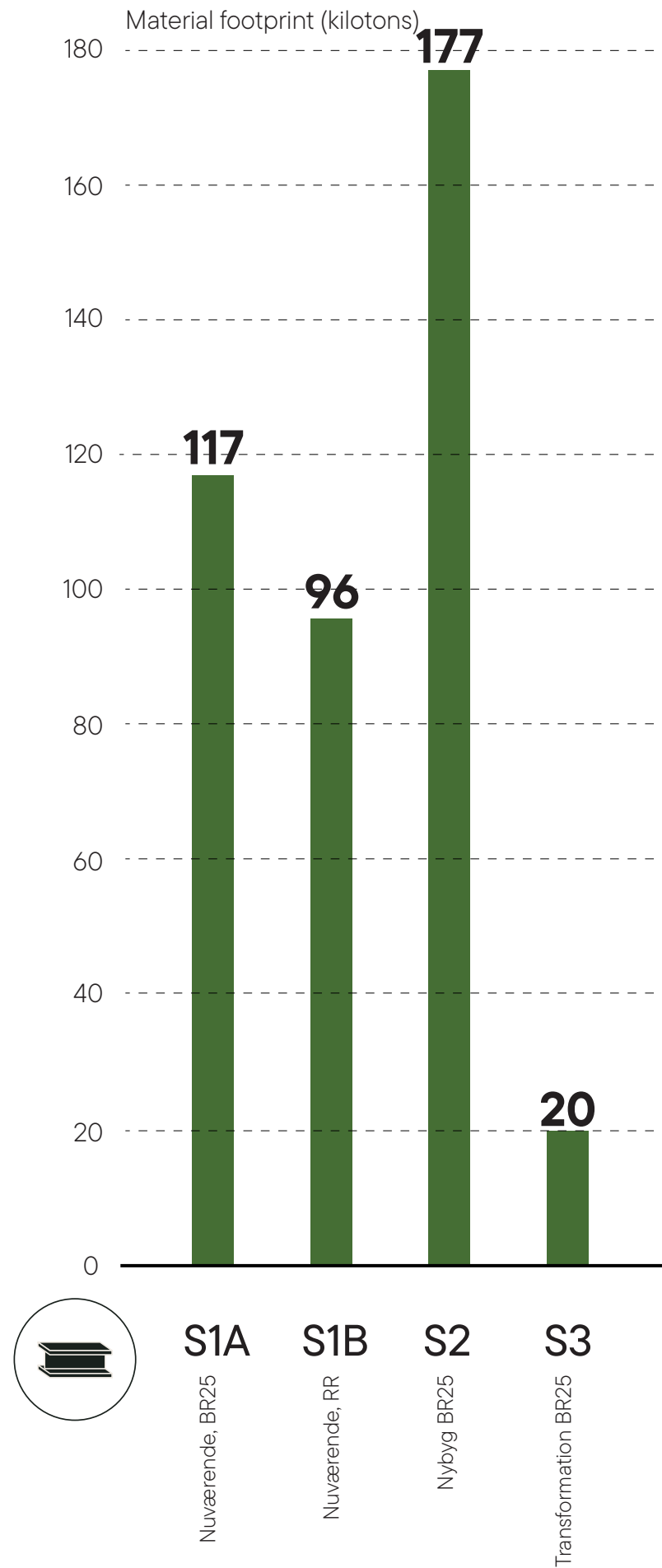
Konklusionen er, at transformation fremfor nybyggeri er den mest effektive måde at formindske klimapåvirkningen og materialeforbrug. Derudover har valget af bæredygtighedsklasse stor betydning for den samlede påvirkning her illustreret ved forskellen på BR25 krav og Reduction Roadmap mål.

- Ny konstruktion
- Transformation

Disclaimer om biofaktor

Til biofaktorvurderingen af alle scenarier har vi anvendt DGNB-metoden. Selv om denne metode adskiller sig væsentligt fra den brugt i Frederiksberg Hospital-projektet, blev den valgt for at strømline processen, da Urban LCA er beregnet til generelle vurderinger af byudviklingsprojekter. Som en undtagelse fra DGNB-standardmetoden blev det gennemsnitlige træareal justeret fra 20 m² til 50 m², hvilket afspejler den unikke alder og størrelse på træerne på dette særlige sted. Ikke desto mindre viser resultaterne den samme tendens, uanset hvilken metode der anvendes: Scenarie 3 har den højeste biofaktor, mens scenarie 1A og 1B scorer godt, og scenarie 2 har en lav biofaktorscore.





CO2-udledning over tid

For at muliggøre en sammenligning af de samlede CO₂-udledninger over tid har vi inddelt dem i tre faser: de indledende udledninger fra opførelsen, udledninger i brugsfasen og udledninger ved endelig nedrivning.

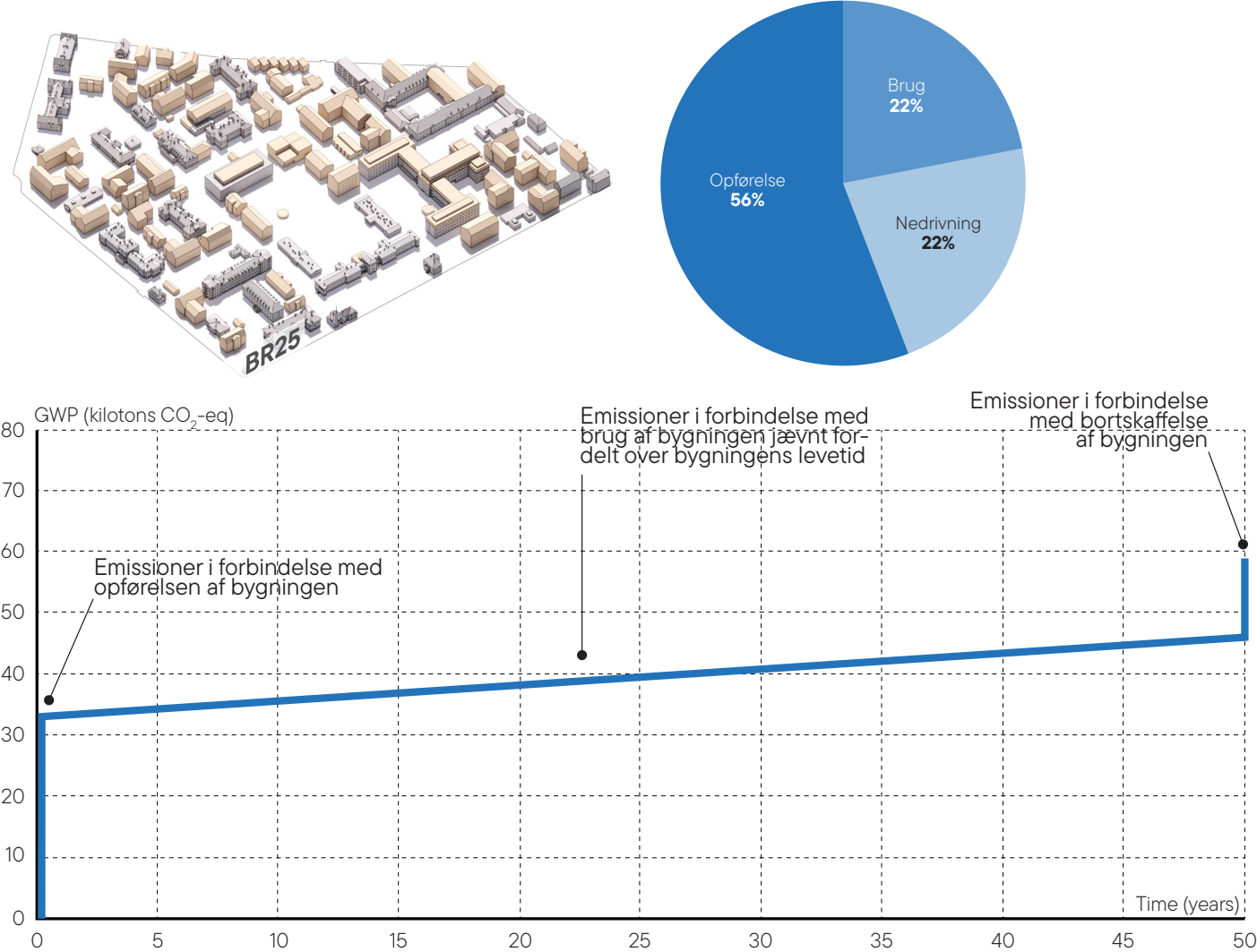
I scenarie 1A, med totale udledninger på 59 kiloton CO₂, stammer lidt over halvdelen fra opførelsesfasen. Resten fordeles sig mellem brugsfasen og nedrivningsfasen. Scenarie 1B, med 51 kiloton CO₂, følger en tilsvarende fordeling.

I scenarie 2, som omfatter nedrivning af alle eksisterende bygninger og omfattende nybyggeri med totale udledninger på 78 kiloton CO₂, sker cirka 75 % af udledningerne i opførelsesfasen, mens de resterende 25 % fordeles mellem brugsfasen og nedrivningsfasen.

I kontrast hertil viser scenarie 3 – transformationsscenariet – et markant anderledes mønster: kun 20 % af de samlede 19 kiloton CO₂ udledes under opførelsen, mens omkring 50 % relaterer sig til nedrivningsfasen.

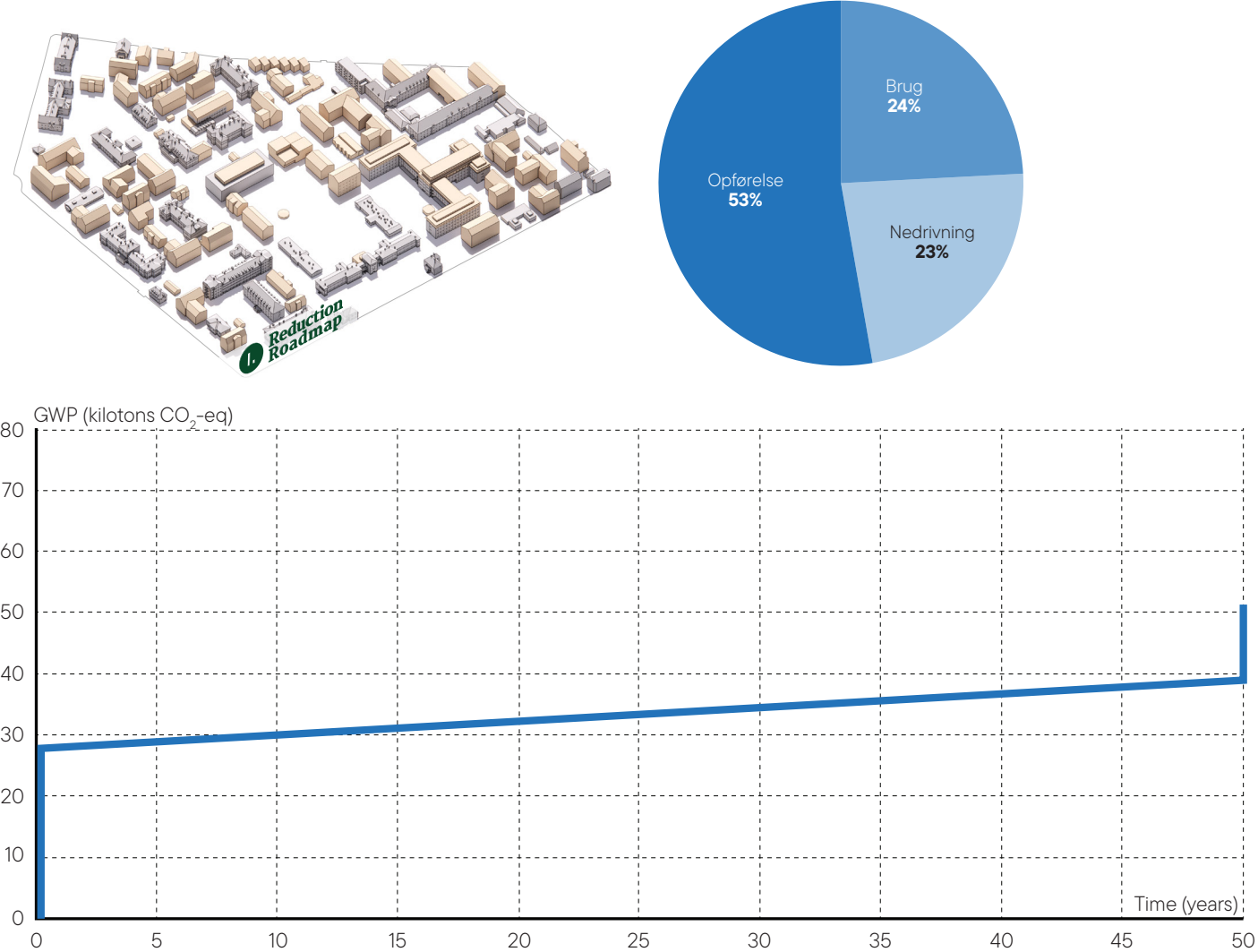
S1A

Nuværende planlægning BR25



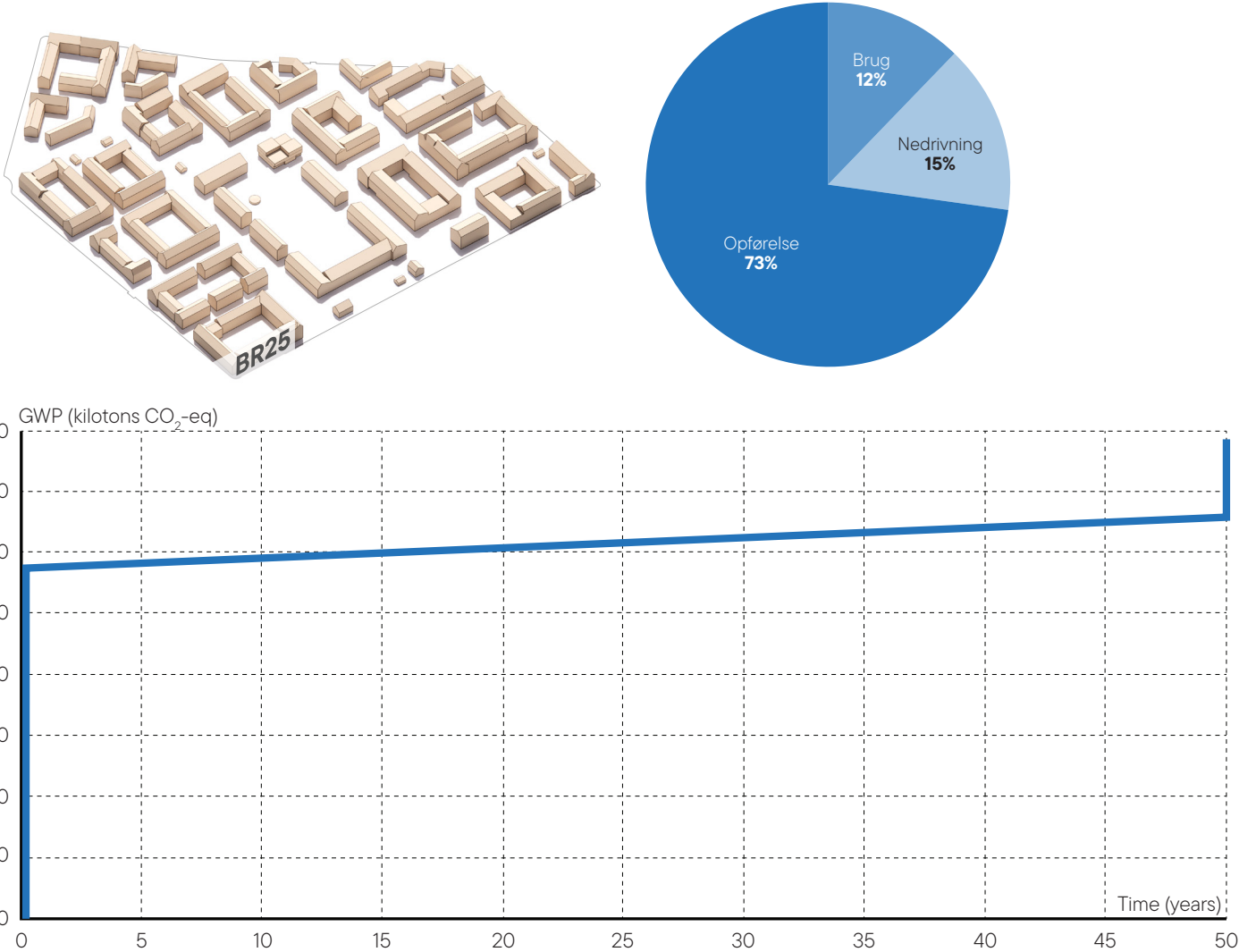
S1B

Nuværende planlægning Reduction Roadmap



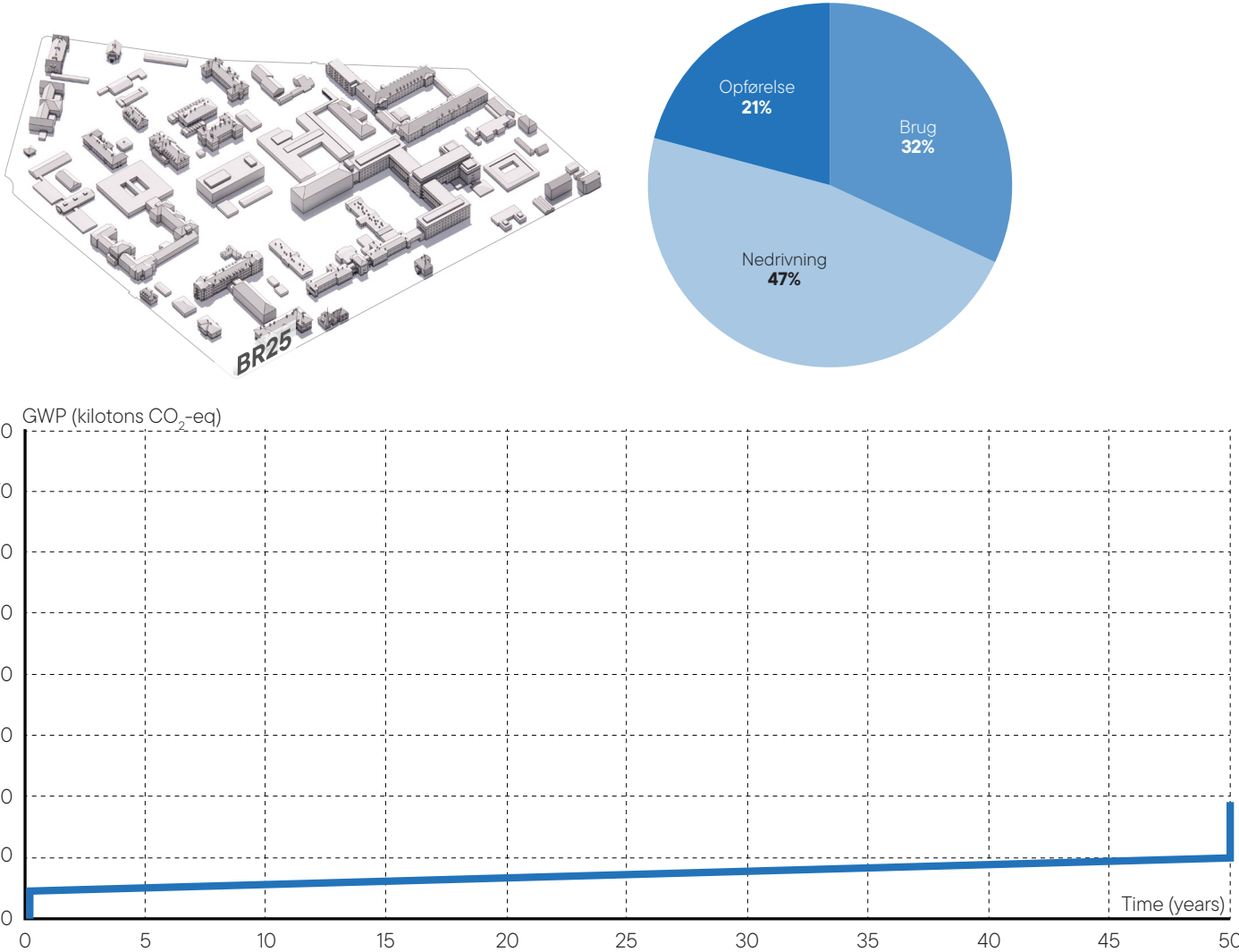
S2

Nedrivning og nybyg BR25



S3

Transformation BR25



04

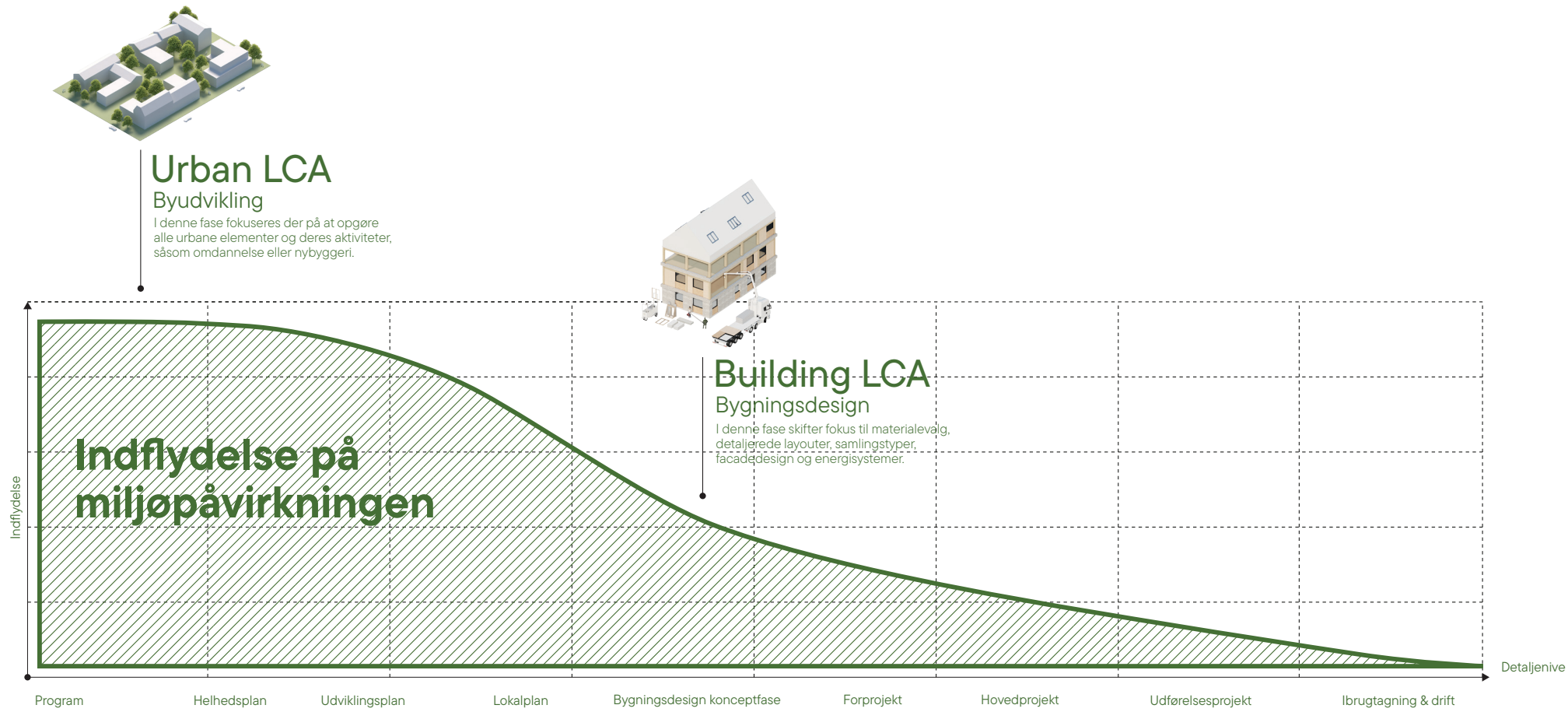
Næste skridt

Fra Urban LCA til Bygnings-LCA

Som et designværktøj udviklet til brug i de tidlige faser, benytter Urban LCA ikke oplysninger om f.eks. byggematerialer, samlingstyper eller energisystemer. Det giver mulighed for emissionsresultater i en planlægningsfase, hvor disse oplysninger ofte endnu ikke er tilgængelige eller sandsynligvis vil blive revideret senere. Dette fører naturligvis til en vis usikkerhed om resultaternes nøjagtighed og efterlader en bred margin for alle givne resultater. For eksempel vil valg af biogene materialer som stampet jord på bygningsniveau føre til betydeligt lavere CO₂-emissioner sammenlignet med materialer som beton.

Når bymæssige beslutninger – såsom overordnede funktioner og programmer, konstruktionstyper (f.eks. transformation vs. nybyggeri) eller landskabsstrategier – er afsluttet, og byudviklingen skifter til individuelle byggeprojekter, afsluttes den tilsigtede brug af Urban LCA. På dette tidspunkt er resultaterne fra Urban LCA ikke længere nøjagtige nok, og planlæggere må gå over til bygnings-LCA-værktøjer som LCAbyg samt biodiversitetsværktøjer.

I dette projekts casestudie hjælper Frederiksbergkompasset planlæggere med at navigere i udviklingsfaserne og kan hjælpe med at komme videre til mere præcise værktøjer. Ikke desto mindre er det afgørende at genbesøge Urban LCA og resultaterne for at overvåge målene gennem hele design- og byggeprocessen.



Områder for yderligere undersøgelser

En del af Urban LCA, var at kunne identificere hvilken ny viden og data der er behov for, og herigennem også at kunne kortlægge hvilke områder, der kræver yderligere undersøgelser. Derfor er der i rapporten også undersøgt hvilke elementer der baseres på troværdigt data, og hermed kan bruges i Urban LCA, men også hvilke der endnu ikke kan kvantificeres tilstrækkeligt. Beta-versionen skal ses som en ramme for et kontinuerligt arbejde. Nedenfor har vi oplistet nogle af de relevante områder at arbejde videre med.

Datahuller

Som det beskrives detaljeret i appendikset er nogle elementer udelukket fra Urban LCA redskabet, da der ikke er den fornødne data til at understøtte dem. For eksempel er miljøpåvirkningen fra forsynings-selskaber inkluderet for rør og tilhørende udgravningsarbejde. Det har ikke været muligt at finde data for forsyningsinfrastruktur som f.eks. transformerstationer eller varmegværker. I forbindelse med dette er Plan22+-projektet ForsyningsLCA blevet igangsat. Når dette projekt er afsluttet, forventes det, at de leverede data kan integreres. På samme måde har miljøpåvirkningsmulighederne høj, moderat og lav i kategorierne Hardscapes and Softscapes ikke forskellige værdier.

Det forventes at relateret data bliver tilgængeligt i den nære fremtid, hvilket vil give mulighed for at inkludere denne data i Urban LCA og dermed gøre redskabet til et endnu mere holistisk værktøj til måling af effekten af byudvikling.

Absolutte mål og benchmarking

De planetariske grænser er absolutte, fysiske grænser. Relative reduktioner i CO₂-udledning og biodiversitetspåvirkning er derfor utilstrækkelige til at vende tilbage til det sikre arbejdsområde.

Mens bæredygtighedsklasserne i Reduction Roadmap i dette værktøj (for 2025, 2027 og 2029) er i overensstemmelse med klimavidenskab og har tildelt et CO₂-budget på nationalt niveau, gælder dette ikke for de opnåede resultater af Urban LCA-værktøjet. Selv om det indledende scenarier tydeligt viser, at Transformation (S3) er den mest fordelagtige løsning, kan vi med data fra Urban LCA ikke bekræfte, om den er i overensstemmelse med de planetariske grænser.

Der er ikke afsat et CO₂-budget, som defineret af klimavidenskaben, til værktøjets resultater eller til Frederiksberg Hospital-projektet. Derudover er der ikke opstillet nogen mål for biodiversitet - hverken on- eller off-site. Fremtidigt arbejde bør adressere disse huller.

Yderligere indikatorer for tab af biodiversitet

For at estimere indvirkningen på biodiversiteten har vi valgt at måle Material Footprint fra alle byggeaktiviteter.

Andre indikatorer belyser forskellige aspekter af biodiversitet, men beregningen af disse kræver omfattende data og analyser, hvilket er en udfordring på grund af et relativt sparsomt datagrundlag. Derfor er det i værktøjet valgt at bruge indikatoren Material Footprint. Denne indikator er enkel, da den kun forholder sig til vægten af det anvendte materiale. Selvom der er en høj korrelation mellem Material Footprint og økologisk påvirkning (0,73)[1], inkluderer førstnævnte ikke energiforbrug og kan derfor ikke give et fuldt billede af en udviklings påvirkning.

Fremtidige versioner af Urban LCA kan identificere og inkludere yderligere indikatorer - f.eks. påvirkning af biodiversitet gennem arter.år/m²/år.

Regenerering af biodiversitet

Alle de undersøgte scenarier i denne rapport udleder CO₂ og efterlader en påvirkning af biodiversiteten uden for området, hvilket rejser spørgsmålet: Hvad nu, hvis vi skulle genskabe det tab af biodiversitet, som byudviklingen har forårsaget?

Som en indledende undersøgelse foretog vi yderligere beregninger ud over værktøjets muligheder og sammenlignede tre scenarier, som vist til højre. For alle tre scenarier har vi vurderet den nødvendige skovfornyelse fra tabet af biodiversitet i forbindelse med materialeforbrug. Vi har også vist den resulterende CO₂-binding.

I scenarie 1A og 2 er der brug for store skovområder til regenerering på grund af det høje Material Footprint. Derimod kræver scenarie 3 (transformation) mindre regenerering på grund af sin lavere materielle påvirkning.

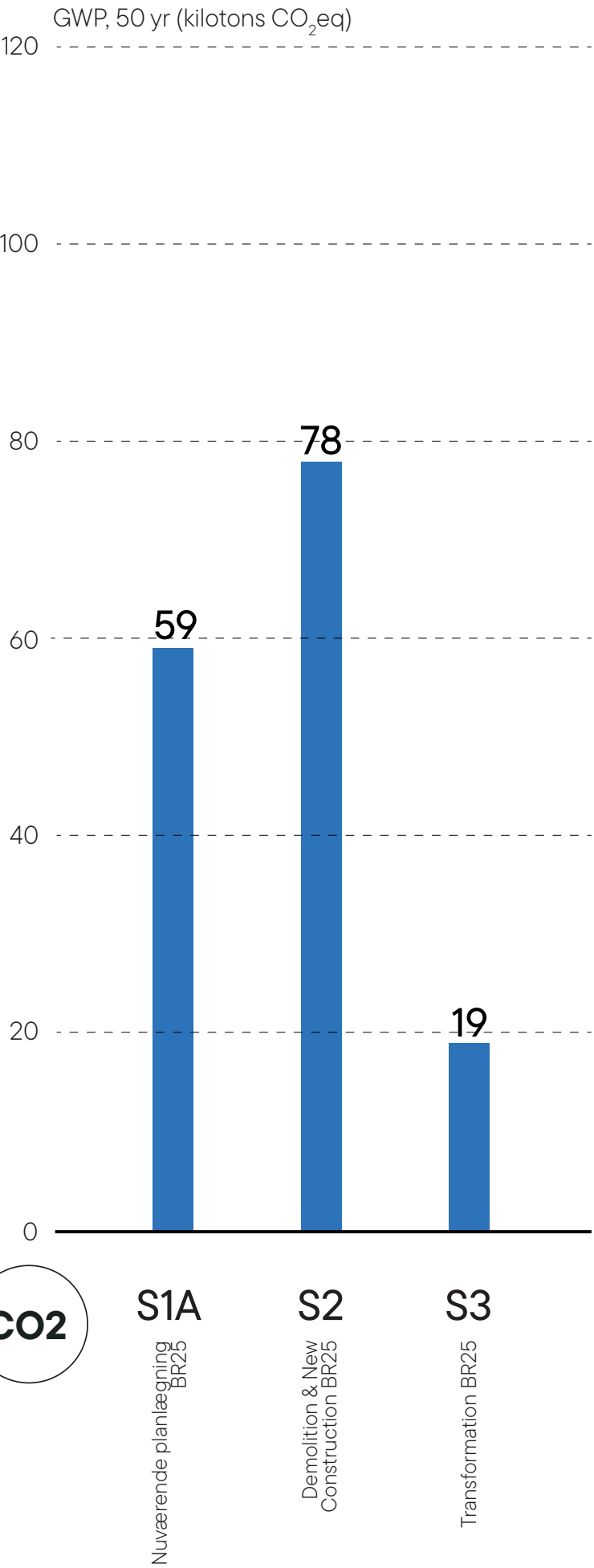
Det er vigtigt at bemærke, at biodiversitetsgenopretning ikke bør opfattes som en kompensationsordning. Alt byggeri skal overholde videnskabeligt baserede mål, hvilket BR25 ikke gør.

Vi vil meget gerne undersøge regenerering af biodiversitet yderligere og muligvis integrere det i en fremtidig version af værktøjet.

Lokal produktion af energi og byggevarer

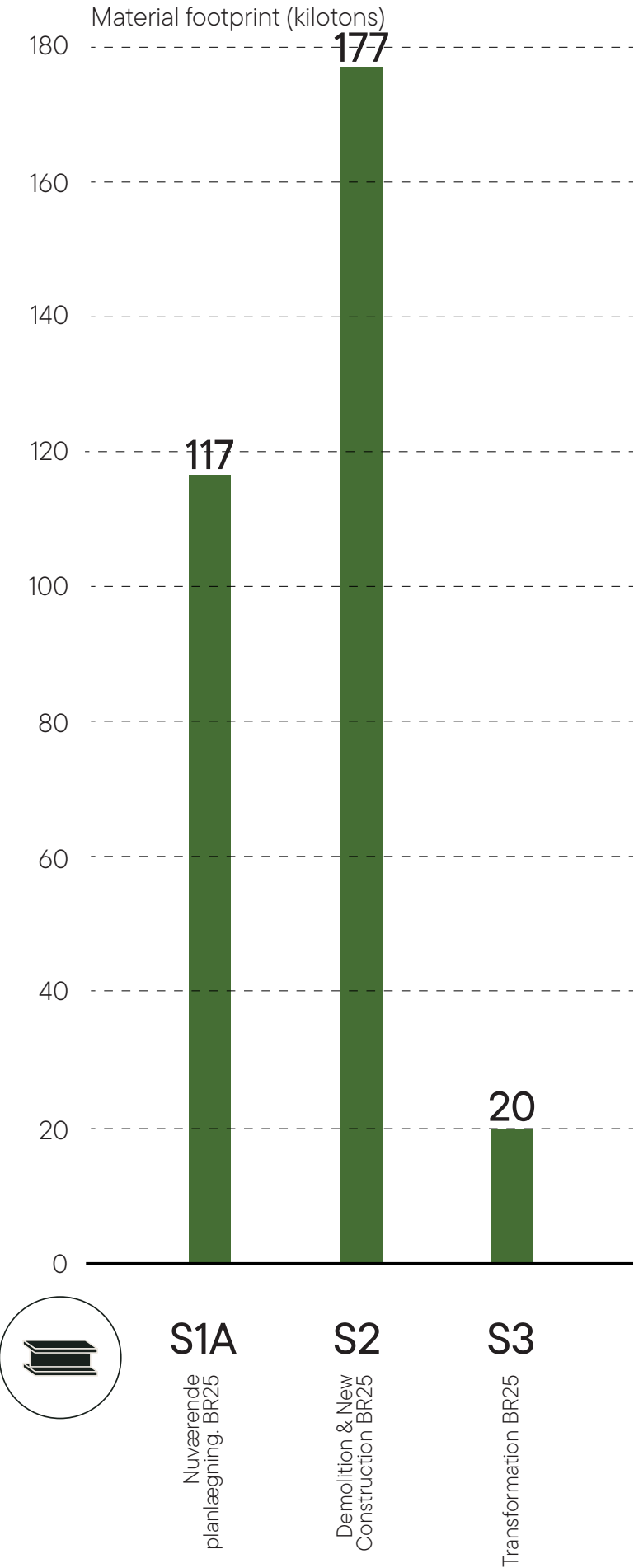
Generelt er der anvendt generisk data som grundlag til Urban LCA værktøjet. Det betyder, at lokalt produceret energi og byggevarer kan have et lavere klimaaftryk end det estimerede i Urban LCA værktøjet. Omvendt kan byggevarer produceret meget langt fra Danmark have et klimaaftryk højere end estimeret. Som mulig fremtidig udvikling kan mere specifikke løsninger, som f.eks. lav-temperatur fjernvarme baseret på lokale vedvarende energikilder, integreres, hvis ikke simpliciteten og overskueligheden af værktøjet forringes.

CO₂-udledning

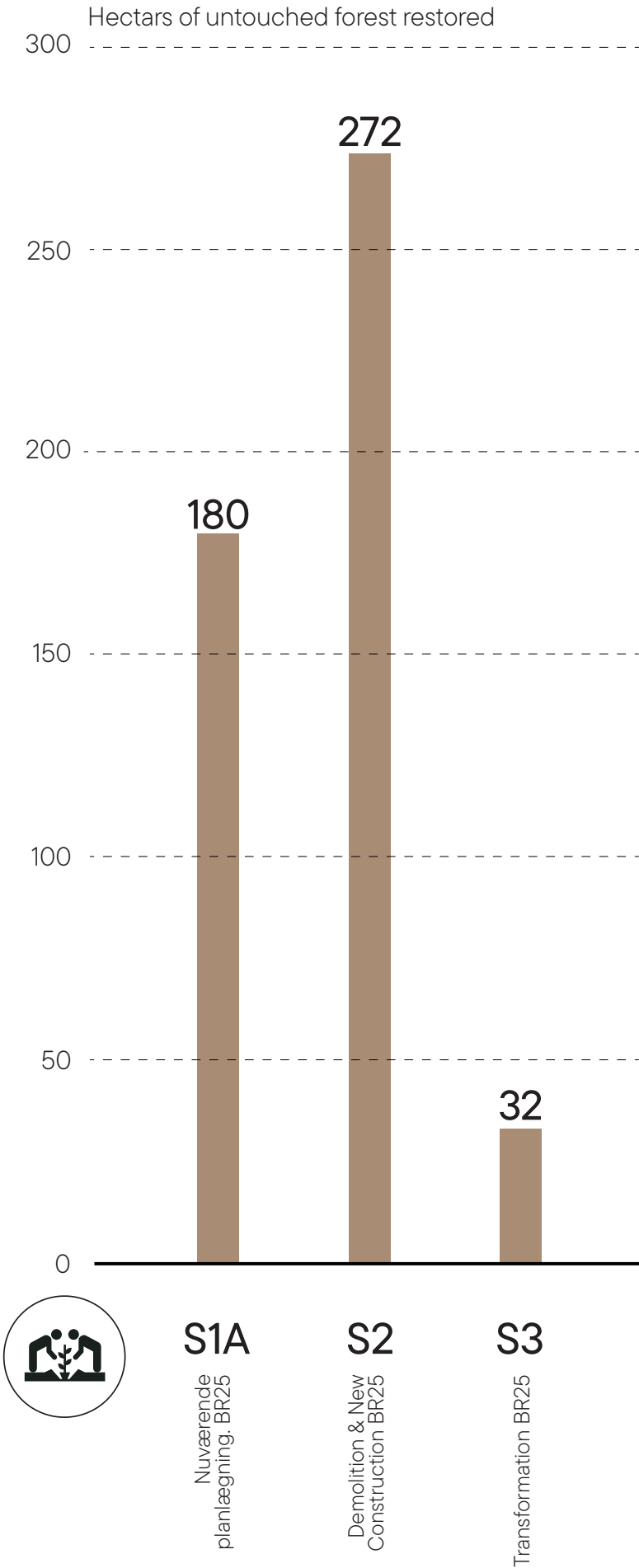


Kilde [1]: E. van der Voet, L. van Oers og I. Nikolic, »Dematerialization: Not Just a Matter of Weight,« Wiley: Journal of Industrial Ecology, pp. 121-137, Oktober 2004.

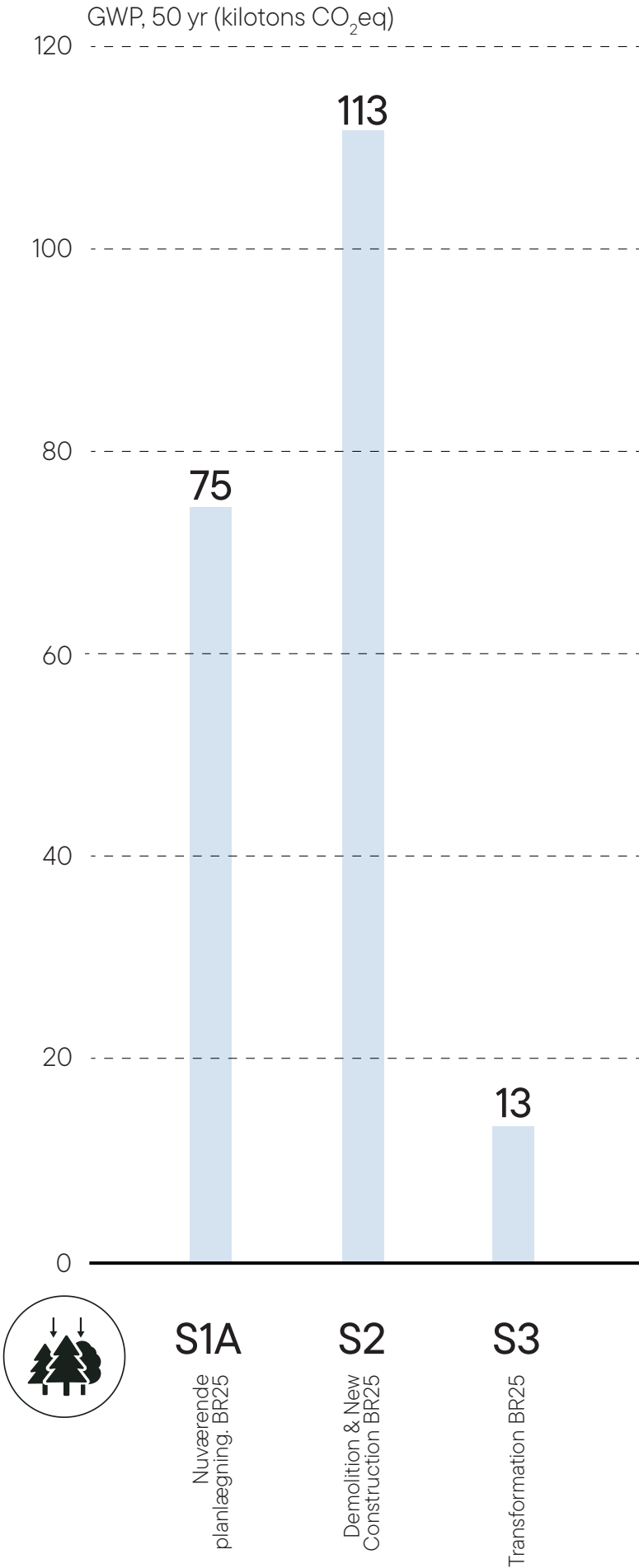
Material Footprint



Nødvendig skovfornyelse



CO₂-binding fra skovfornyelse



Projekthold



Urban LCA

- Et designværktøj til at evaluere CO₂-udledning og biodiversitet i en urban skala

Juni 2025, Betaversion

Udviklet af

Artelia: Rasmus Søgaard, Ronnie Holgersen, Steffen Maagaard

EFFEKT: Fabian Lecker, Dani Hill-Hansen, Otto Hallstrup, Kasper Reimer,
Tina Lund Højgaard, Adrian Dahlberg, Virginie Le Goffic

Støttet af



Plan22+ er en femårig indsats fra Plan- og Landdistriktsstyrelsen og Realdania, som skal understøtte kommunernes klimaarbejde ved at udvikle ny viden og redskaber til at indfri klimamålsætninger gennem den fysiske planlægning.

Læs mere her:

www.plan22.dk

Feedback

Værktøjet og dertilhørende rapport skal forstås som en beta-version til at vurdere CO₂-udledning og påvirkning af biodiversitet i en urban skala – det er ikke et endeligt svar, men skal derimod i højere grad forstås som et innovativt fremstød ind i en verden med mange ukendte faktorer. Der vil mangle meget i en helhedsvurdering, og der vil helt sikkert også være fejl. Vi er derfor afhængige af din værdifulde feedback, rettelser og viden til den fremtidige udvikling af dette værktøj. Du er velkommen til at kontakte os!

Fabian Lecker, fl@effekt.dk

Ronnie Holgersen, roho@arteliagroup.dk

Publikationer nævnt i denne rapport

Doughnut for Urban Development: A Manual. Edited by Dani Hill-Hansen and Kasper Guldager Jensen. 2023. Copenhagen. The Danish Architectural Press. www.effekt.dk/doughnut-for-urban-development

Refshaleøen Development Playbook. Effekt Architects. 2023. www.effekt.dk/refshaleoen-development-playbook

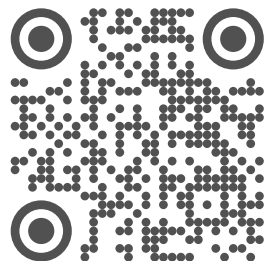
Reduction Roadmap (2022) Reduction Roadmap: Preconditions and Methodologies. Version 2 – 7. September, 2022. www.reductionroadmap.dk.

Reduction Roadmap (2024) Beyond the Roadmap: A transition plan for the Danish building industry. Version 2. 14. November, 2024. www.reductionroadmap.dk

Yderligere referencer kan findes i det separate appendiks.

Citering af denne rapport

Urban LCA – A design tool for carbon & biodiversity assessment on the urban scale. Version 0.3. June 2025. www.effekt.dk/urbanlca



Urban LCA-værktøjet, appendikset og
denne rapport er open source (copyleft)
og mulig at downloade og bruge her:
www.effekt.dk/urbanlca