



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC W 23005

Examensarbete 30 hp

April 2023

Klimatpåverkan från allmän platsmark

Alice Hallberg

Referat

Klimatpåverkan från allmän platsmark

Alice Hallberg

Bygg- och anläggningssektorn utgör cirka en femtedel av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser, och står därför för en betydande andel utav Sveriges bidrag till den globala uppvärmningen och klimatförändringar. För att nå de många miljömål som idag finns implementerade, bland annat att Sveriges nettoutsläpp av växthusgaser senast år 2045 ska ha reducerats till noll, krävs omfattande och bestående åtgärder. Planering av bebyggelse och exploatering av mark i Sverige, kallat fysisk planering, måste därmed i allt högre utsträckning ta hänsyn till den klimatpåverkan som utformningen medför. Utöver kartläggning av klimatpåverkan, måste följaktligen åtgärder också tas, vilka kan bidra till en reducerad klimatpåverkan.

I denna studie har en verklig detaljplan över planerad utformning använts för att undersöka vilken klimatpåverkan utformningen bidrar med, utifrån ett livscykelperspektiv. Studien begränsades till områdets allmänna platsmark. Allmän platsmark är de markområden som ska vara tillgänglig för allmänheten, och kan exempelvis utgöras av gator, torg, parker samt gång- och cykelbanor. Med hjälp av Trafikverkets beräkningsverktyg Klimatkalkyl 7.0 kartlades klimatpåverkan, uttryckt i koldioxidekvivalenter (CO₂-e), för den planerade utformningen av detaljplanens allmänna platsmark. Vidare undersöktes även hur klimatpåverkan från allmän platsmark kunde reduceras. Dels genom tekniska åtgärder, i form av alternativa utformningar, och dels genom icke-tekniska åtgärder, i form av åtgärder rörande kommuners planeringsarbete av allmän platsmark. Klimatpåverkan var 852 ton CO₂-e när ingen hänsyn togs till komponenternas livslängder. Med hänsyn till beräknade livslängder för de olika byggdelarna, fördelat över en 40-årsperiod, bidrog utformningen med 488 ton CO₂-e, varav 56 ton CO₂-e utgjordes av drift och underhåll för planerad asfalt i området. Stål, asfalt, marktegel och diselanvändning utgjorde stora källor av växthusgasutsläpp.

Alternativa utformningar med mindre klimatbelastning identifierades till grön asfalt, granitmarkplattor samt att befintliga schaktmassor återanvändes på plats inom anläggningsområdet. Det främsta icke-tekniska verktyget för att minska klimatpåverkan från allmän platsmark identifierades som lokaliseringsverktyget, där lokalisering av kollektivtrafik och gång- och cykelbanor ansågs utgöra en stor potentiell möjlighet till att reducera klimatbelastningen. Detaljplanen som planeringsverktyg ansågs dock vara begränsad, och goda förutsättningar för minskad klimatpåverkan måste fastställas vid mer översiktlig planering i ett tidigt skede. När en detaljplan ska antas och planerad utformning ska fastställas finns risken att klimataspekten nedprioriteras när många olika lagar och intressen ska vägas samman. För att övergripande politiska strategier och riktlinjer ska genomsyras ned till fysiskt verkställande, krävs ytterligare styrning för att uppfylla de miljömål som finns. I synnerhet för utformning av allmän platsmark, eftersom bebyggelse för att främja hållbara resor och transport (i form av till exempel gång- och cykelbanor) inte kan antas minska i framtiden.

Nyckelord: allmän platsmark, klimatkalkyl, koldioxidekvivalenter, hållbar fysisk planering

*Institutionen för energi och teknik; Lantbrukets teknik och system, Sveriges lantbruksuniversitet
Lennart Hjelmns väg 9, SE-75007 Uppsala*

Abstract

Climate impact from public space land

Alice Hallberg

The building and construction sector makes up for about a fifth of Sweden's total greenhouse gas emissions, and therefor makes up an important part of Sweden's contribution to global warming and climate change. In order to reach the many environmental goals existing today, including reducing Sweden's net emissions of greenhouse gases in 2045 to zero, comprehensive and permanent measures are required. Planning of buildings and exploitation of land in Sweden, called physical planning, therefore needs to a greater extend take into account the climate impact that the planned design results in. In addition to mapping the climate impact, measures must also be taken to reduce climate impact.

In this study, a real detailed development plan of the planned design has been used to investigate the climate impact the design contributes to, from a life cycle perspective. The study was limited to the area's public space land, which are areas that must be accessible to the public, and can consist of streets, squares, footpaths and bike lanes. Using Trafikverket's calculation tool Klimatkalkyl 7.0, the climate impact, expressed as CO₂-e, was mapped for the planned design of the public space land. Furthermore, the study also investigated how the climate impact from public space land could be reduced. Partly through technical solutions, in the form of alternative designs, and partly through non-technical measures, in the form of measures concerning municipalities' planning process. The results showed that the given design of public space land implementation, without regard to estimated life span, would result in a climate impact of 852 tons of CO₂-e. When the estimated lifespans of the building components were taken into account, distributed over a 40-year period, the design's climate impact was 488 tons of CO₂-e. Steel, asphalt, ground bricks and use of diesel were major source of greenhouse gas emissions.

Alternative designs that could reduce the total climate impact were identified as green asphalt, granite ground slabs and the reusing of existing excavated materials within the construction area. The main non-technical tool to reduce the climate impact from public land was identified as the localization tool, where the location of public transport and footpaths and bike lanes was considered a great potential opportunity to reduce the climate impact. However, the detailed development plan as a planning instrument was considered as limited, and good conditions for reduced climate impact must be established in more comprehensive planning at an early stage. When a detailed development plan is to be adopted, there is a risk that the climate aspect will be de-prioritized against other laws and interests. In order for overarching political strategies and guidelines to permeate down to physical implementation, additional governance is required to fulfill environmental goals. In particular for the design of public space land, as development to promote sustainable travel and transport (in the form of e.g. footpaths and bike lanes) cannot be assumed to decrease in the future.

Key words: public space land, climate calculation, carbon dioxide equivalent, sustainable planning

*Department of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences
Lennart Hjelm's väg 9, SE-75007 Uppsala, Sweden, ISSN 1401-5765*

Förord

Detta examensarbete omfattar 30 hp och har genomförts inom civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik vid Uppsala Universitet och Sveriges lantbruksuniversitet. Rapporten har genomförts i samarbete med Tyréns Stockholm, där Felicia Frise och Erik Johannes har varit handledare. Pernilla Tidåker vid Institutionen för energi och teknik på Sveriges lantbruksuniversitet har varit ämnesgranskare.

Jag vill rikta ett stort tack till mina båda handledare Felicia och Erik som har guidat och väglett arbetet. Vidare även tack till Elisabet Höglund som gjorde detta examensarbete möjligt. Stort tack också till avdelningarna Miljö och Hållbart byggande & utveckling, som också har rådgivit och välkomnat mig till Tyréns. Jag vill också tacka Pernilla Tidåker, som har granskat arbetet och tillfört värdefulla råd och synpunkter. Slutligen även ett enormt tack till min familj och mina vänner som har peppat och stöttat under hela min studietid, utan er hade det aldrig gått!

Alice Hallberg
Uppsala, april 2023

Populärvetenskaplig sammanfattning

Klimatet på Jorden håller just nu på att förändras. Detta till följd av mänsklig aktivitet, där bland annat utsläpp av olika växthusgaser har lett till att Jordens medeltemperatur har stigit. Exakt hur ett förändrat klimat kan komma att se ut är inte enkelt att svara på. Därför är det nödvändigt att begränsa klimatförändringar i så stor mån som möjligt, och därmed minska utsläppen av växthusgaser till atmosfären. I Sverige finns idag många olika mål och riktlinjer som ska bidra till att minska Sveriges bidrag till klimatförändringarna. Bland annat ska Sveriges nettoutsläpp av växthusgaser minska till noll senast år 2045. Bygg- och anläggningssektorn i Sverige står för cirka en femtedel av landets totala utsläpp av växthusgaser. Planering av bebyggelse och exploatering av mark i Sverige, kallat fysisk planering, måste därför minska sektorns utsläpp av växthusgaser och därmed dess klimatpåverkan.

Fysisk planering sker på olika nivåer och till olika detaljgrader. Detaljplan kallas den typ av plan som har störst detaljgrad, och som vanligtvis omfattar ett geografiskt område på ett par kvarter. I denna studie har en detaljplan för ett område i Malmö kommun används, där utsläpp av växthusgaser som planerad utformning resulterar i har beräknats. Detaljplanen består delvis av kvartersmark, där bland annat bostäder och kontor ska byggas, men även så kallad *allmän platsmark*, vilket är mark som ska vara tillgänglig för allmänheten. Allmän platsmark kan exempelvis bestå av gator, torg, parker och gång- och cykelbanor. Studien har begränsats till att undersöka klimatpåverkan från allmän platsmark i den givna detaljplanen.

Det finns ett flertal gaser som benämns som växthusgaser. Dessa är exempelvis koldioxid (CO_2) och metan (CH_4), och olika växthusgaser har olika uppvärmande effekt på atmosfären. För att kunna sammanställa den totala effekten som utsläpp av olika växthusgaser resulterar i, används ofta *koldioxidekvivalenter* ($\text{CO}_2\text{-e}$).

För att beräkna vilken klimatpåverkan som planerad utformning för allmän platsmark resulterar i, har Trafikverkets beräkningsverktyg Klimatkalkyl 7.0 använts. Detta verktyg utgår ifrån ett *livscykelperspektiv* vid beräkningar, det vill säga att klimatpåverkan från flera olika stadier i en byggdels livscykel inkluderas. I Klimatkalkyl 7.0 ingår bland annat klimatpåverkan från livscykelstadierna *råmaterialutvinning*, *tillverkning* och *konstruktionsprocessen*. Resultatet visade att planerad utformning för allmän platsmark skulle resultera i en klimatpåverkan på 852 ton $\text{CO}_2\text{-e}$.

I studien undersöktes även vilka åtgärder som kan minska klimatpåverkan från allmän platsmark, både tekniska åtgärder och icke-tekniska åtgärder. Gällande tekniska åtgärder undersöktes vilka alternativa utformningar som kunde användas i den givna detaljplanen, och som kunde minska utformningens totala klimatpåverkan. Tre alternativa utformningar identifierades. Det första var att traditionell asfalt ersattes med så kallad grön asfalt, vilket resulterade i att klimatpåverkan från asfalt halverades. Det andra alternativet var att återanvända jord- och schaktmassor som uppkommer i och med bebyggelsen av den allmänna platsen, istället för att transportera bort massor. Alternativ nummer två resulterade i att klimatpåverkan från masshantering minskade ner till cirka en tiondel. Det tredje alternativet var att marktegel, som planerades vara markbeläggning för ett torg i området, istället ersattes med granitmarkplattor. Resultatet visade att klimatpåverkan när granitmarkplattor ersatte marktegel minskade till cirka en tredjedel.

Även icke-tekniska åtgärder som kan minska klimatpåverkan undersöktes. Lokaliseringsverktyget identifierades som ett verktyg med stor potential att minska kommuners klimatpåverkan. Begreppet lokalisering används för att beskriva var i det geografiska landskapet som något är placerat. Med lokaliseringsverktyget kan kommuner planera för bland annat kollektivtrafik och gång- och cykelbanor, och därmed främja användandet av dessa transportmedel i området. Detta kräver dock planering som ofta sträcker sig utanför en enskild detaljplans geografiska område, och detaljplaner är därmed begränsade i sin möjlighet att minska klimatpåverkan. Processen när en detaljplan ska tas fram, kallat *detaljplaneprocessen*, är vidare också en komplicerad kommunal process. Andra myndigheter, organisationer och privata personer får i detaljplaneprocessen också tycka till om detaljplanen, vilket kan komma att påverka den slutliga utformningen. Dessa olika åsikter ska också vägas samman med en mängd olika lagar, riktlinjer och allmänna råd som finns för fysisk planering. Denna komplexitet som detaljplaneprocessen medför kan utgöra ett hinder för att klimataspekten alltid prioriteras. För att i högre utsträckning ta hänsyn till och minska klimatpåverkan från fysisk planering, kan ytterligare reglering och vägledning för kommuner vara nödvändigt.

Flera typer av bebyggelse som kategoriseras som allmän platsmark, till exempel gång- och cykelbanor, ger också goda förutsättningar för hållbara transporter. För att nå de miljömål som finns idag, kan dessa typer av allmän platsmark komma att öka. Den klimatpåverkan som dessa typer av bebyggelser resulterar i är därför viktigt att uppmärksamma och vidare också minimera. Planering och utformning av allmän platsmark utgör därmed ett viktigt verktyg för att säkerställa hållbar utveckling.

Ordlista

LCA	Livscykelanalys, metod för att kartlägga en produkts/åtgärds totala miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv.
PBL	Plan- och Bygglagen (2010:900) SFS 2022:1122
ÖP	Översiktsplan
DP	Detaljplan
Allmän platsmark	Markområden tillgängliga för allmänheten och ska bistå gemensamma behov, exempelvis gator och torg.
MKB	Miljökonsekvensbeskrivning, en sammanställning av den strategiska miljöbedömning över vilka miljöeffekter och dess konsekvenser som kan uppstå i och med genomförandet av en plan som bedömts kunna bidra till betydande miljöpåverkan.
MB	Miljöbalken (1998:808) SFS 2022:1799
CO₂-e	Koldioxidekvivalenter
Systemgräns	Avgränsning för det studerade systemets livscykelanalys
Funktionell enhet	Referensenhet i livscykelanalys
ISO 14040	Internationell standard för tillvägagångssätt för livscykelanalys
EN 15804	Europeisk standard för livscykelanalys av byggdelar
PE, PP & PVC	Polyeten (PE), polypropen (PP) och polyvinylklorid (PVC) är olika typer av plast som ofta används som material i rör för vatten, el och telefoni.
EPD	Environmental Product Declaration, miljövarudeklaration som redovisar en produkts miljöpåverkan.

Innehåll

1	Inledning	1
2	Syfte, frågeställningar och avgränsningar	1
2.1	Syfte och frågeställningar	1
2.2	Allmänna avgränsningar	2
3	Bakgrund	3
3.1	Planetära gränser och klimatförändringar	3
3.2	Fysisk planering	3
3.2.1	Nationella riksintressen och mål	4
3.2.2	Regional och kommunal fysisk planering	4
3.2.3	Detaljplaneprocessen	5
3.2.4	Betydande miljöpåverkan och strategisk miljöbedömning	6
3.3	Miljöpåverkan från bygg- och anläggningsbranschen	7
3.3.1	Klimatpåverkan	7
3.3.2	Andra miljöpåverkanskategorier och miljöindikatorer	8
3.3.3	Klimatanpassning	8
3.4	Lagar och allmänna råd för hållbar utveckling vid fysisk planering	9
3.4.1	Internationell styrning för hållbar utveckling vid fysisk planering	9
3.4.2	Svensk lagstiftning för hållbar utveckling vid fysisk planering	9
3.4.3	Riktlinjer och allmänna råd vid fysisk planering	10
3.5	Livscykelanalys som metod för kvantifiering av miljöpåverkan	10
3.5.1	LCA Tillvägagångssätt	10
3.5.2	Europeisk standard för byggdelar - EN 15804	11
3.6	Utformning av allmän platsmark	12
3.6.1	Vägbeläggning	12
3.6.2	Vegetation	13
3.6.3	Ledningar och brunnar	14
3.6.4	Övriga beståndsdelar och utsläppskällor på allmän platsmark	14
3.7	Tidigare studier av klimatpåverkan av allmän platsmark	14
4	Material och metod	18
4.1	Fallstudie	18
4.2	Livscykelanalys	21
4.2.1	Trafikverkets Klimatkalkyl 7.0	22
4.2.2	Livscykelanalys enligt ISO 14040	23
4.3	Indata för given detaljplans klimatkalkyl	26
4.4	Litteraturstudie	27
5	Resultat	29
5.1	Livscykelanalys av given detaljplan	29
5.1.1	Jämförelse av markbeläggning	32
5.1.2	Fördelade resultat över en 40-årsperiod	33
5.2	Alternativa utformningar för minskad klimatpåverkan från allmän platsmark	34

5.2.1	Alternativ utformning 1: Grön Asfalt	34
5.2.2	Alternativ utformning 2: Befintliga schakt- och fyllnadsmassor	34
5.2.3	Alternativ utformning 3: Granitmarkplattor	36
5.2.4	Jämförelse av den givna detaljplanen och alternativa utformningar	36
5.3	Icke-tekniska åtgärder och tillvägagångssätt för minskad klimatpåverkan vid planläggning av allmän platsmark	37
5.3.1	Ökad integrering av klimataspekten i miljöbedömningar	37
5.3.2	Egenskapsbestämmelser för allmän platsmark	39
5.3.3	Övriga råd och lärdomar för kommuners arbete att minska klimatpåverkan inom ramen för detaljplanering	39
6	Diskussion	40
6.1	Osäkerheter i klimatkalkylen	40
6.2	Positiv klimatpåverkan	40
6.3	Utmaningar och begränsningar i kommuners planlägningsarbete för minskad klimatpåverkan	41
6.4	Jämförelse med tidigare studier	43
6.5	Jämförelse av resultat med fördelade resultat över en 40-årsperiod	44
6.6	Fallstudiens representativitet	44
6.7	Förbättringar och framtida studier	44
7	Slutsatser	46
	Referenser	47
A	Appendix	I
A.1	Exempel på resursschabloner från Klimatkalkylens katalog	I
A.2	Beräkningar för omvandlingar	II
A.2.1	Ekvationer	III
A.3	Rådata av klimatkalkyler	VI

1 Inledning

De klimatförändringar som Jordens befolkning nu står inför är några av de största utmaningarna i mänsklig historia. De observerade förändringar som pågår i klimatsystemen sker med en hastighet som ej skådats de senaste 2000 åren, och är till följd av mänsklig aktivitet (IPCC 2021). Sedan 1850 har temperaturen vid markens yta ökat vilket bland annat har lett till ökad nederbörd över land, att glaciärer har minskat i storlek, och förhöjda havsnivåer (ibid.). Enligt senaste rapporten från IPCC (2021) om klimatförändringar finns en direkt koppling mellan uppvärmningsgraden och storleken på många förändringar i klimatsystemen.

Sverige har antagit FN:s Agenda 2030, vilket består av 17 övergripande mål för *hållbar utveckling*, det vill säga ekonomisk, social samt miljömässig utveckling för framtida generationer (Naturvårdsverket 2019). Ett av dessa mål, nummer 13, fokuserar på bekämpningen av klimatförändringar samt konsekvenserna av dessa (United Nations 2016). Varje mål innehåller även delmål, där nummer 13.2 uppger att Sverige ska ”integrera klimatförändringsåtgärder i nationell politik, strategier och planering” (ibid.). År 2021 angavs Sveriges territoriella utsläpp av växthusgaser vara 48 miljoner ton koldioxidekvivalenter (CO₂-e) (Naturvårdsverket 2021a). Bidraget från bygg- och fastighetssektorn utgör cirka en femtedel av den siffran (Naturvårdsverket 2021b). År 2045 ska Sveriges nettoutsläpp av växthusgaser vara noll, och en minskning av sektorns växthusgasutsläpp är därför väsentlig för att begränsa Sveriges bidrag till den globala uppvärmningen (Naturvårdsverket 2019).

Bygg- och anläggningssektorn ska enligt 6 kap. i Miljöbalken använda sig av miljöbedömningar för att undersöka vilka miljöeffekter genomförandet av ett program eller en plan kan föra med sig (Naturvårdsverket 2019). En del i miljöbedömningen är klimataspekten, vilket består av främst klimatpåverkan och klimatanpassning. Denna del bedöms ofta som komplicerad att hantera i miljöbedömningar, och enligt Naturvårdsverket (2019) behöver integreringen av klimataspekten förbättras.

Den mest detaljerade typen av plan är en så kallad *detaljplan* och omfattar vanligtvis bestämmelser för ett par kvarter i tätbebyggt område (Boverket 2020a). Markområdet i en detaljplan delas upp och kategoriseras efter egenskaper och ändamål, där exempelvis kvartersmark används för bland annat industrier och bostäder (Boverket 2022a). Allmän platsmark är benämningen på den mark som i en detaljplan är ämnad åt gemensamma behov, och kan exempelvis utgöras i form av torg, gata eller park enligt Boverket (2022b). Allmän platsmark är den typ av markområde som kommunen har störst rådighet över, och kan därför i högre utsträckning än andra typer av områden regleras på detaljnivå (Boverket 2021a).

2 Syfte, frågeställningar och avgränsningar

2.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med detta examensarbete är att undersöka hur utformningen av allmän platsmark ger upphov till klimatpåverkan vid exploatering av området. Med hjälp av en verklig detaljplan ska examensarbetet innehålla beräkningar på utsläppen av växthusgaser från ett avgränsat område av typen allmän platsmark. Arbetet syftar även till att identifiera vilken typ av utformning av allmän

platsmark som har störst klimatpåverkan. Med utformningsalternativ avses exempelvis materialval eller anläggningsmetoder. Vidare ingår även en analys av åtgärder som kan vidtas av kommuner för att minska klimatpåverkan från allmän platsmark. Dessa åtgärder delas upp i två typer; (a) tekniska lösningar som kan implementeras på allmän platsmark och som bidrar till mindre klimatbelastning, och (b) metodiska åtgärder som kan införas i kommuners planläggningsarbete för att minska klimatbelastningen. På detta sätt fås en helhetsbild av vilka möjligheter Sveriges kommuner har för att minska utsläpp av växthusgaser.

De frågor som detta examensarbete avser att besvara är:

1. Hur stor klimatpåverkan har den allmänna platsmarken i en given detaljplan?
 - (a) Vilka komponenter i utformningen i den givna detaljplanen har störst inverkan på den totala klimatpåverkan från allmän platsmark?
 - (b) Vilket stadie i livscykeln för allmän platsmark i den givna detaljplanen har störst klimatpåverkan?
 - (c) Vilka material hos allmän platsmark i den givna detaljplanen har störst klimatpåverkan?
2. Hur kan kommuner utforma allmän platsmark annorlunda för att reducera klimatpåverkan?
 - (a) Vilka tekniska lösningar kan reducera den allmänna platsmarkens totala klimatpåverkan?
 - (b) Vilka icke-tekniska åtgärder kan införas i kommuners planläggningsarbete för att reducera den allmänna platsmarkens totala klimatpåverkan?

2.2 Allmänna avgränsningar

För att färdigställa rapporten inom given tidsram har vissa avgränsningar behövts göras. Endast svenska kommuners möjlighet till minskad klimatpåverkan kommer att undersökas, med utgångspunkt i den lagstiftning som fanns vid den tid när rapporten togs fram. För att minska klimatpåverkan är politiska beslut och policyförändringar tvungna att ske, vilket kan komma att förändra de processer och tillvägagångssätt som beskrivs i rapporten (Khan, Hildingsson & Klintman 2011). Denna rapport utgår ifrån dagens samhällsstruktur och lagtexter för att utforska vilka möjligheter och hinder som finns för att minska klimatpåverkan från allmän platsmark. Rapporten utgår också ifrån att kommunen är ensam huvudman för den allmänna platsmarken.

3 Bakgrund

3.1 Planetära gränser och klimatförändringar

Ramverket för de *planetära gränserna* har som syfte att precisera säkra gränser för globala biofysiska processer (Steffen et al. 2015). Dessa gränser, ofta definierade som intervall, beskriver förhållanden som kan anses säkra för samhällets fortsatta utveckling. När en process, till följd av mänsklig aktivitet, har skiftats från sitt jämviktsläge och bidrar till sämre förhållanden, kan processen klassas som 'i osäkerhetszonen' eller till och med 'över osäkerhetszonen'. Initialt inkluderade Steffen et al. (2015) nio olika processer som utgör bedömningsunderlag för Jordens aktuella status, varav *klimatförändringar* är en. Denna process har bedömts överskrida de planetära gränserna, mer specifikt har klimatförändringar getts statusen 'i osäkerhetszonen'.

För klimatförändringar används vanligtvis två olika indikatorer för att bedöma processens status i förhållande till förindustriellt uppmätta nivåer; energibalansen i övre atmosfären (mätt i Watt per kvadratmeter) samt koldioxidkoncentration i atmosfären (mätt i delar per miljon, ppm) (Steffen et al. 2015). Dessa indikatorer kan inte anses fristående från varandra, utan kan till olika grad påverka både varandra och andra biofysiska processer. När den atmosfära koldioxidhalten är mellan 350 och 450 ppm, har detta bedömts utgöra osäkra förhållanden. Halten av koldioxid (CO₂) uppmättes i oktober 2022 till ett månadsmedelvärde på 416 ppm (US Department of Commerce 2022).

Förändringar i klimatet har skett ett antal gånger, och kan bero på naturliga faktorer, exempelvis kraftiga vulkanutbrott (SMHI 2021). De snabba klimatförändringar som ses idag har dock inte ett naturligt ursprung, utan mänsklig aktivitet har varit en dominerande drivkraft (ibid.). Exakt hur klimatet kommer att förändras i framtiden är svårt att förutsäga, och de olika modeller som forskare har tagit fram utifrån olika utsläppsförändringar, utgör komplexa system som inkluderar såväl biogeokemi som befolkningsförändringar (Naturvårdsverket 2021c).

Enligt en rapport av IPCC 2021 finns ett nästan linjärt samband mellan kumulativa koldioxidutsläpp och markytans maximala temperaturökning (jämfört med förindustriella temperaturnivåer). För att begränsa den globala uppvärmningen indikerar detta samband att nettoutsläpp av CO₂ måste reduceras till noll. Eftersom Sveriges bygg- och anläggningssektor står för cirka en femtedel av Sveriges totala territoriella utsläpp, måste arbetet inom denna sektor i allt högre grad fokuseras på att minska växthusgasutsläpp.

3.2 Fysisk planering

Fysisk planering är arbetet som utförs av Sveriges kommuner för att fastställa hur olika mark- och vattenområden ska utnyttjas (Boverket 2021b). Detta sker på olika detaljnivåer, där både nationella och internationella lagar och strategier ska styra arbetet, samt där olika allmänna intressen ska inkluderas och vägas (ibid.). Kommunen är det samhällsorgan som bedriver det primära arbetet, och de enda som kan verkställa en plan eller bestämmelse (ibid.). Sveriges kommuner har därför, med stöd i Plan- och Bygglagen (PBL), så kallat *planmonopol* över bestämmelser för mark- och vattenområden i respektive kommun (Boverket 2020b). Länsstyrelsen har dock också en roll i arbetet, och ska både stödja kommunerna i den fysiska planering, men även granska planeringen utifrån bland annat befolkningens hälsa och säkerhet (ibid.). Länsstyrelsen är även med och

tar ställning om huruvida planen kan antas medföra en betydande miljöpåverkan (Boverket 2006). Övriga aktörer, exempelvis Lantmäterimyndigheten, Trafikverket, Försvarmakten och privata företag och personer kan även till olika grad påverka den fysiska planeringen (Boverket 2016).

Begreppet *lokalisering* syftar till var i det geografiska landskapet något är placerat. Eftersom en stor del av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser kommer från transportsektorn, kan lokaliseringen av olika komponenter i samhället vara av stor vikt (Boverket 2020c). Detta genom bland annat tillgänglig kollektivtrafik, vilket främjar befolkningens möjligheter att resa miljövänligt (Boverket 2021c). Denna typ av planering kan ingå i alla nivåer av fysisk planering, men bör enligt Boverket starta redan i regional planering för att utnyttjas till fullo (Boverket 2018a).

3.2.1 Nationella riksintressen och mål

Idag finns ingen nationell fysisk planering i Sverige, men kommuner och regioner påverkas ändå till viss del av styrning på nationell nivå (Boverket 2021d). Områden för svensk rennäring, järnväg eller utpekade områden med höga kulturmiljövärden är exempel på så kallade *riksintressen*, som kommuner och regioner måste ta hänsyn till vid fysisk planering. Utöver EU:s Agenda 2030 för hållbar utveckling, har Sverige även 16 miljö kvalitetsmål som syftar till att vägleda miljöarbetet i Sverige för att nå de globala hållbarhetsmålen (Naturvårdsverket 2022a). Målen “Begränsad klimatpåverkan” och “God bebyggd miljö” kan båda styrka integrering av klimataspekten i den fysiska planeringen (Boverket 2020c).

Miljömålsrådet anser att det finns ett behov av ett nationellt ramverk för fysisk planering, och publicerade därför i mars 2022 en rapport med förslag på ett sådant ramverk (Boverket 2022c). Exempelvis har Finland och Nederländerna båda någon form av nationell utvecklingsbild och planering (ibid.). År 2019 fick Sverige också sin första riksarkitekt, Helena Bjarnegård, som också blir ordförande för Rådet för hållbara städer (Widås 2019). Rådet består av en rad olika myndigheter och ska på regeringens uppdrag samarbeta för hållbar stadsutveckling (ibid.).

3.2.2 Regional och kommunal fysisk planering

Enligt PBL 7 kap. (SFS 2010:900) behöver endast regionerna Stockholm, Skåne och Halland (med start 2023) enligt lag bedriva regional fysisk planering. Andra län har dock också möjligheten att arbeta med fysisk planering ur ett regionalt perspektiv, vilket kan öka stödet och bidra till målsättning i planarbetet, både internt i enskild kommun men även vid kommunöverskridande planering (Boverket 2020d). Regional fysisk planering berör ofta frågor som vattenförsörjning och kollektivtrafik, men enligt Boverket kan även åtgärder för att minska regionens klimatpåverkan inkluderas (ibid.).

På kommunal nivå finns tre olika typer av fysisk planering för kommunens mark- och vattenområden; *översiktsplan* (ÖP), *områdesbestämmelse* samt *detaljplan* (DP) (Boverket 2020a). Översiktsplanen ska verka som stöd till detaljplanen och innefatta hela kommunens geografiska område (ibid.). Detaljplanen innefattar ofta ett mindre område, exempelvis några kvarter i kommunen, och innehåller bestämmelser och beslut mer detaljerat än översiktsplanen (ibid.). Detaljplanen är också bindande, något som översiktsplanen inte är (ibid.). Områdesbestämmelse

kallas en plan som har en detaljnivå mellan översiktsplanen och detaljplanen (Boverket 2020a).

Översiktsplanen ska på ett översiktligt sätt klargöra vilka behov som finns i kommunen, exempelvis behov av byggnader och vägar, och samtidigt hur hänsyn ska tas till nationella mål och riksintressen (Boverket 2022d). När en översiktsplan tas fram ska kommunen även kommunicera med bland annat länsstyrelser, grannkommuner och kommunens invånare (ibid.).

3.2.3 Detaljplaneprocessen

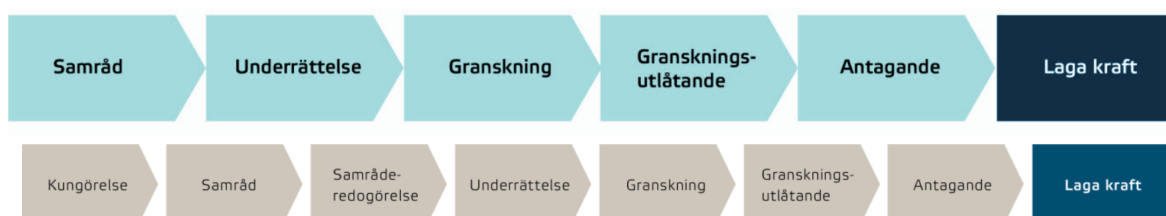
En detaljplan innehåller dels beskrivning av ett visst område, i form av bland annat en planbeskrivning, och dels en plankarta där områdets gränser är preciserade (Boverket 2021e). Detaljplanen för ett avgränsat område består också av kommunens beslut om användning av mark- och vattenområdet, vilket prövas med hjälp av PBL 4 kap. (SFS 2010:900). Kommunen ska vid beslutet ta hänsyn till allmänna intressen enligt 2 kap. i PBL samt 3 och 4 kap. i Miljöbalken (MB) (Boverket 2022e). Detaljplaner används främst vid större förändringar i området, exempelvis bebyggelse- eller bevarandearbete (Boverket 2022f). Området kan bestå av flera delområden, som utifrån egenskaper och ändamål ges beteckningen *kvartersmark*, *allmän platsmark* eller *vattenområde* (Boverket 2022a). Kvartersmark utsätts ofta för någon form av bebyggelse eller renoveringsarbete, och kan exempelvis bestå av bostäder, industrier, vård- och undervisningstjänster samt detaljhandel (ibid.). Vattenområden innehåller alltid öppet vatten till någon utsträckning, exempelvis båthamn eller anläggning för vattenhantering, och får endast innehålla mindre konstruktioner (Boverket 2020e).

Mark som enligt kommunens beslut ska vara tillgänglig för allmänheten och kunna bistå gemensamma behov ges beteckningen allmän platsmark (Boverket 2022b). Exempel på utrymmen som ges beteckningen allmän platsmark är gator, parker, torg, gång- och cykelvägar samt parkeringar. Enligt 4 kap. 5 § i PBL (SFS 2010:900) ska kommunen avgöra lämplig exploatering av den allmänna platsen i området. Tillhörande enheter som krävs för att genomföra den exploatering som kommunen beslutat om ingår också, exempelvis tillhörande byggnader som används för skötsel av området, eller komplement som har bedömts som passande inslag i området (ibid.). Konkret kan det handla om busskurer utmed busslinjer eller iordningställda grillplatser i ett fritidsområde.

Arbetet som utförs för att ta fram en ny eller ändra en befintlig detaljplan kallas för *detaljplaneprocessen* (Boverket 2022g). Det finns olika metoder för att ta fram en detaljplan, så kallade *förfaranden*, och väljs utifrån de rådande omständigheterna i det enskilda fallet (ibid.). Enligt PBL 5 kap. 7 § (SFS 2010:900) ska metoden *utökat förfarande* användas när detaljplanen "kan antas medföra en betydande miljöpåverkan", vilket bedöms av kommunen (Boverket 2022h). Även Länsstyrelsens ställningstagande kring översiktsplanens utformning kan komma att påverka vilket förfarande som krävs för detaljplaneprocessen. Det finns också *standardförfarande* samt *samordnat förfarande*, där det sistnämnda ska användas om detaljplanen också ska ta hänsyn till MB 9 kap. 6 § (SFS 1998:808) för miljöfarlig verksamhet (Boverket 2021f). I en majoritet av fallen används standardförfarande eller utökat förfarande (Boverket 2022h).

Gemensamt för de två vanligaste förfarandena (standard- och utökat förfarande) är att *samråd* sker i början av processen (Boverket 2022i,j). Under samråd ska värdefull information och synpunkter

samlas in från berörda aktörer, exempelvis Lantmäteriet, Länsstyrelse och boende i området (Boverket 2022k). Sedan ska så kallade *underrättelse* och *granskning* utföras, där kommunen först meddelar intressenter om planförslagets övergripande innehåll, följt av att intressenter får granska och uppge synpunkter på förslaget (Boverket 2022l,m). I slutet av processen, efter utförda utredningar om planförslaget, bestäms om förslaget till detaljplanen ska antas eller inte (under *antagande*) (Boverket 2022n). Tillvägagångssätten för standard- respektive utökat förfarande illustreras i figur 1.



Figur 1: Tillvägagångssätt vid standardförfarande (över) och utökat förfarande (under) av en detaljplan (Boverket 2022i,j).

3.2.4 Betydande miljöpåverkan och strategisk miljöbedömning

När en kommun ska ta fram en ny detaljplan för ett område, eller ändra en befintlig, ska kommunen enligt MB 6 kap. 5 § (SFS 1998:808) undersöka huruvida genomförandet av detaljplanen kan medföra en *betydande miljöpåverkan*. Undantag finns om exempelvis denna fråga redan är klarlagd för detaljplanen, eller om detaljplanen ska vara till nytta för försvaret (Naturvårdsverket 2021d). Denna undersökning bör enligt Boverket startas tidigt i planeringsprocessen, för att undersökningen i sig ska kunna påverka utformningen av detaljplanen, och därmed minska den eventuella miljöpåverkan från verkställandet av detaljplanen (Boverket 2022o).

I en undersökning om betydande miljöpåverkan ska kommunen kartlägga ”omständigheter som talar för eller emot en betydande miljöpåverkan”, vilket vid behov kan göras i samråd med andra berörda myndigheter (Naturvårdsverket 2021d). I denna undersökning använder kommunen sig av Miljöbedömningsförordningen (SFS 2020:694). Om typen av plan inte nämns explicit av de planer som alltid (eller aldrig) ska miljöbedömas, behöver planens *miljöeffekter* kartläggas (Naturvårdsverket 2021c). I MB 6:e kapitlet definieras miljöeffekter som påverkan på bland annat:

- befolkning och människors hälsa
- biologisk mångfald
- mark, jord, vatten, luft, **klimat**, landskap, bebyggelse och kulturmiljö
- andra delar av miljön

Om kommunens undersökning resulterar i att en betydande miljöpåverkan kan antas i och med genomförandet av planen, så ska *strategisk miljöbedömning* genomföras (Naturvårdsverket 2021c). Detta innebär bland annat att miljöaspekten ska fortsätta att integreras i detaljplaneprocessen, och att en *miljökonsekvensbeskrivning* (MKB) ska tas fram under arbetets gång. Till skillnad från en detaljplan kan en översiktsplan i princip alltid antas ge upphov till betydande miljöpåverkan, varav en strategisk miljöbedömning ska genomföras (Boverket 2022p).

3.3 Miljöpåverkan från bygg- och anläggningsbranschen

I Sverige utgör cirka 4 % av landets totala yta av bebyggd mark (Boverket 2021g). Vid undersökning av vilken miljöpåverkan som kan kopplas till bygg- och anläggningsbranschen, har fokus tidigare varit på driftstadiet av byggnader, exempelvis uppvärmning och ventilation (Huang et al. 2018). Detta på grund av att driften varit den största källan till utsläpp av växthusgaser. Men till följd av bland annat energieffektivisering av byggnader, har detta fokus nu skiftat (ibid.). Forskning har den senaste tiden istället fokuserat på energi och utsläpp som är inbyggd i konstruktionen, vilket är den energianvändning och växthusgasutsläpp som kan kopplas till produktions- och konstruktionsskedet av byggnadsprojektet (ibid.).

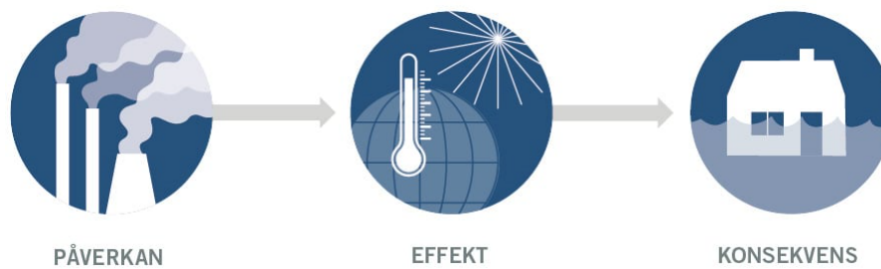
Byggnader är inte den enda typen av markexploatering som kan ha miljöpåverkan. Förändring av marktäcket (*land cover change*) och markanvändning (*land use*) kan påverka bland annat biologisk mångfald, jord och processer i ekosystem (Cao et al. 2020). Avskogning anses vara den främsta källan till utsläpp av växthusgaser vid förändrad markanvändning, eftersom kapaciteten att lagra kol minskar och tvingas istället att frigöras (Boverket 2021g).

Forskning har även visat att lokalt och regionalt klimat kan påverkas av förändringar i markytan (Cao et al. 2020). Förändringar av aspekter som vegetation, albedo eller ytjämnhet (*roughness*) kan påverka de transporter av energi och fukt som sker mellan atmosfären och markytan (ibid.). Detta kan i sin tur förändra mönster av nederbörd, temperatur och luftcirkulation (ibid.). Hårdbelagda ytor, som ofta finns på gator och torg i städer, kan utgöra en barriär för naturliga processer (Boverket 2021h). Exempelvis kan vattnets avrinningsmönster förändras, eftersom den hårdbelagda ytan som dagvattnet faller på ofta är ogenomträngligt. Dagvatten kan även innehålla olika föroreningar, exempelvis tungmetaller, partiklar och patogener (Elmefors 2014). När dagvatten infiltreras i marken kan en viss grad av rening ske, vilket minskar förekomsten av föroreningar i vattnet (ibid.). Hårdbelagda ytor kan därmed även bidra till en högre grad av föroreningar i vatten, när den naturliga reningen av vattnet minskar.

3.3.1 Klimatpåverkan

Klimatpåverkan kan bli resultatet av ett flertal olika händelser. Tidigare har vulkanutbrott nämnts som en naturlig källa till klimatförändringar, se avsnitt 3.1. I denna rapport avser klimatpåverkan den påverkan som mänsklig aktivitet har haft på jordens klimat. Detta har framförallt skett genom en förändring i jordens atmosfär, främst till följd av ökade utsläpp av växthusgaser, avskogning samt jordbruk (IPCC 2021). *Miljöpåverkan* innefattar all typ av påverkan på omgivningen, varav *klimatpåverkan* är en kategori av typ av miljöpåverkan (Larsson et al. 2016).

Vidare ska även de olika begreppen *påverkan*, *effekt* och *konsekvens* noga åtskiljas. Som exempel kan klimatförändringar användas. När växthusgaser släpps ut i atmosfären har det en *påverkan* på klimatet (Naturvårdsverket 2019). *Effekten* blir att klimatförändringar uppstår (ibid.). Denna effekt kan ge upphov till en rad olika *konsekvenser*, exempelvis en högre havsnivå.



Figur 2: Påverkan, effekt och konsekvens (Naturvårdsverket 2021d).

Olika gaser har olika påverkan på atmosfären, och har även olika livslängd i atmosfären innan effekten av deras närvaro avtar (IPCC 2021). Sett över kortare tidsperioder, 10 eller 20 år, så har metan (CH_4) en större uppvärmande effekt på klimatet. Enligt IPCC (2021) ger ett kilogram av CH_4 i atmosfären likvärdig effekt som cirka 30 kilogram CO_2 över ett 100-års perspektiv. Långsiktigt är dock CO_2 den växthusgas som har störst inverkan på atmosfärens energibalans och följaktligen temperaturförändringar. För att kunna sammanställa vilken växthuseffekt de olika gaserna ger upphov till används ofta enheten $\text{CO}_2\text{-e}$, där respektive gas konverteras till mängden CO_2 som skulle ge upphov till samma klimatförändring (IPCC 2021). De främsta mått av klimatförändringar som används är *global warming potential* (GWP) som beskriver förändring i atmosfärens energibalans (oftast över en tidsperiod på 100 år) samt *global temperature change potential* (GTP) som beskriver förändring av jordens medeltemperatur.

Den svenska byggbranschen bidrar till en betydande del av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser varje år, cirka en femtedel (Boverket 2023). Svenska byggsektorns totala utsläpp av växthusgaser beräknades år 2020 till 9,8 miljoner ton $\text{CO}_2\text{-e}$ (ibid.).

3.3.2 Andra miljöpåverkanskategorier och miljöindikatorer

Utöver utsläpp av växthusgaser finns även andra *miljöindikatorer* som bör inkluderas för att undersöka vilken effekt byggbranschen har haft på miljön. Boverket använder sig också av bland annat energi, miljöfarliga produkter och producerat avfall (2021i). Den internationella standarden från European Committee for Standardisation (CEN) använder sig av standarden EN 15978 vid beräkningar av en byggnads miljöpåverkan (Larsson et al. 2016). Denna standard innehåller miljöpåverkanskategorier såsom övergödningspotential, bildning av marknära ozon, och abiotisk resursförbrukning (exempelvis förbrukning av berg och vatten).

De olika miljöpåverkanskategorierna kan vidare inte anses oberoende, utan samverkar och överlappar med varandra på flera olika nivåer (Naturvårdsverket 2021e). Den direkta klimatpåverkan som olika bygg- och fastighetsprojekt ger upphov till, mätt i $\text{CO}_2\text{-e}$, kan därför inte antas vara den slutgiltiga miljöpåverkan. Enligt IVL (2022) kan så kallade *kumulativa effekter* uppstå när flera åtskilda effekter på miljön till någon grad samverkar och påverkar något enstaka miljövärde.

3.3.3 Klimatanpassning

Utsläpp av växthusgaser, bland annat från bygg- och fastighetsbranschen, har påverkat klimatet, men klimatet har även en påverkan på bygg- och fastighetsbranschen i sig (Naturvårdsverket 2019). Detta eftersom ett förändrat klimat ger andra förutsättningar och förhållanden. Begreppet

klimateanpassning innefattar de åtgärder som tas som följd av ett förändrat (framtida) klimat (Naturvårdsverket 2019). I Sverige kommer detta konkret resultera i exempelvis byggnader som är mer robusta och slitstarka mot exempelvis ökad nederbörd och värmeböljor. Klimataspekten innefattar således både påverkan på klimatet, men även anpassning till ett förändrat klimat.

3.4 Lagar och allmänna råd för hållbar utveckling vid fysisk planering

För att begränsa Sveriges negativa miljöpåverkan finns idag både nationella och internationella mål och policier som ska stärka svensk klimatpolitik, och som innehåller mer detaljerade etappmål och preciseringar (Naturvårdsverket 2019). Dessutom finns även råd och rekommendationer från olika styrande organ och organisationer (Balfors et al. 2018b).

3.4.1 Internationell styrning för hållbar utveckling vid fysisk planering

Fysisk planering i Sverige ska ta hänsyn till olika internationella direktiv och konventioner (Boverket 2021j). Bland annat finns FN-konventionen för biologisk mångfald, som antogs av Sveriges regering 1992 och sedan har inarbetats i Sveriges miljömål. Som tidigare nämnt finns även Agenda 2030, vilket består av 17 globala hållbarhetsmål som alla FN:s medlemsländer ska arbeta för att förverkliga (Regeringskansliet 2016). Dessa mål är inte uteslutande för statligt och kommunalt arbete, utan ska även vägleda privata företag, organisationer och individer till mer hållbara åtgärder. Exempel på hållbarhetsmål är jämställdhet, utrotning av fattighet och motarbeta klimatförändringar.

Beslut som tas av EU påverkar även Sveriges arbete med fysisk planering (Boverket 2021j). Detta sker både genom olika policier och direktiv, men även genom finansiering av olika planeringsprojekt. För planer och program finns bland annat EU-direktivet 2001/42/EG som styrker betydelsen av att genomföra undersökningar om vilken miljöpåverkan som genomförandet av planen/programmet kan resultera i (*Europaparlamentets och rådets direktiv 2001/42/EG 2001*).

3.4.2 Svensk lagstiftning för hållbar utveckling vid fysisk planering

PBL är det regelverk som ska styra och vägleda fysisk planering i Sverige (Persson 2013). PBL refererar många gånger till MB, och ska därför också beaktas vid fysisk planering (ibid.). MB syftar till att gynna arbetet för hållbar utveckling, och innehåller bland annat de riktlinjer som beskrivits i EU-direktivet 2001/42/EG för planer och program (Balfors et al. 2018a).

År 2017 antog Sveriges riksdag en reform som innebar den största förändring av klimatpolitik i svensk historia (Miljödepartementet 2017). Reformen är ett klimatpolitiskt ramverk som innehåller både lagar och mål, men även ett oberoende råd vars uppgift är att granska och utvärdera hur regeringens politik förhåller sig till klimatmålen. Enligt ramverket måste Sveriges regering redovisa vilka beslut och åtgärder som har gjorts för att nå klimatmålen, hur utsläppen av växthusgaser har förändrats till följd av dessa åtgärder, samt vilka framtida handlingar som krävs för att nå klimatmålen (Naturvårdsverket 2021f). Ramverket ska ge goda förutsättningar för Sveriges omställning till ett nettonollutsläpp av växthusgaser senast år 2045, och samtidigt bidra till att Parisavtalet uppnås (Miljödepartementet 2017).

Sedan 1999 finns även *miljö kvalitetsmålen* i Sverige i det så kallade generationsmålet (Naturvårdsverket 2022b). Flera av dessa kan kopplas till arbetet för att minska utsläppen av växthusgaser, exempelvis ”Begränsad klimatpåverkan”, ”Frisk luft” och ”God bebyggd miljö”. År 2022 trädde en ny lag i kraft med krav på klimatdeklaration för vissa bygglov som sökes efter 1 januari 2022, med undantag för bland annat de byggnader med en area mindre än 100 m² (*Klimatdeklarationer för byggnader 2020/21:144* 2021). Klimatdeklarationen ska kartlägga vilka utsläpp av växthusgaser som kan bli följden av projektet (ibid.). Dessa utsläpp inkluderar även de som kan bildas vid uttag av råmaterial, transporter och materialproduktion bland annat.

3.4.3 Riktlinjer och allmänna råd vid fysisk planering

Parallellt med de lagar och direktiv som finns för fysisk planering finns även vägledning från olika myndigheter, bland annat Boverket, Trafikverket, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap samt från Naturvårdsverket (Balfors et al. 2018b). Naturvårdsverkets arbete inkluderar även direkt kontakt med MB, i form av bland annat bearbetning och förbättring av ramlagen (Naturvårdsverket 2021g).

3.5 Livscykelanalys som metod för kvantifiering av miljöpåverkan

För att kunna beräkna den totala miljöpåverkan som en viss produkt eller tjänst medför används ofta verktyget *livscykelanalys* (LCA) (Boverket 2019). I en LCA inkluderas hela livscykeln, ofta uttryckt som ”från vaggan till graven”, från det att råmaterial utvinns till att produkten återvinns (European Commission et al. 2017; Toller 2020). I praktiken görs dock ofta livscykelanalyser på bara delar av en produkts livscykel (Toller 2020). Exempelvis om endast framställningen av en produkt ska kartläggas, benämns denna LCA som ”från vaggan till grind”. Med hjälp av LCA kan en överblick fås över en produkts kvantitativa miljöpåverkan, men även vilka delar av livscykeln som ger upphov till störst miljöpåverkan samt hur produktens/tjänstens miljöpåverkan förhåller sig till alternativa lösningar (European Commission et al. 2017). På grund av detta anses LCA vara den mest utvecklade metoden för att bedöma miljömässig hållbarhet.

3.5.1 LCA Tillvägagångssätt

Livscykelanalyser kan variera i tillvägagångssätt, och därför finns standarder för att enklare kunna redovisa och jämföra miljöpåverkan. Enligt den internationella standarden ISO 14040 för livscykelanalyser, vilket Trafikverkets klimatkalkyl utgår ifrån, kan en LCA delas upp i fyra övergripande delar (European Commission et al. 2017). Trafikverkets klimatkalkyl är ett beräkningsverktyg som ingått i rapportens LCA, och beskrivs närmare i avsnitt 4.2.1.

Steg 1: Mål och Omfattning

Det första steget för att kunna genomföra en LCA är att tydligt definiera analysens mål och omfattning (European Commission et al. 2017). Här behövs flera metodval göras, samt eventuella antaganden och avgränsningar, utifrån bland annat tillgänglig data och undersökningens syfte. Dessa metodval kan ha stor påverkan på resultatet. Europeiska kommissionens Joint Research Centre har identifierat fem viktiga metodval som behöver göras, bland annat val av *systemgränser* och *funktionell enhet* (ibid.). Systemgränser för LCA-studien behöver ofta definieras för att analysen praktiskt ska kunna gå att genomföra, och kan innebära att vissa delar av livscykeln utesluts (Toller 2020). Exempelvis inkluderas sällan rivningsstadiet av vägar i en LCA, eftersom

detta sällan förekommer i praktiken.

I startskedet av en LCA ska en funktionell enhet också klargöras, vilket är den kvantitativa referensenhet som ska spegla målet med livscykelanalysen (European Commission et al. 2017). Vidare kan även krav på ingående data och antaganden behöva fastställas i detta steg.

Steg 2: Inventeringsanalys (LCI)

Det andra steget innebär en inventering (Life Cycle Inventory, LCI) av data som kommer att användas, det vill säga kartlägga och storleksbestämma det valda systemets in- och utflöden av material och energi (Toller 2020). Denna data tas många gånger från externa databaser, där data som beskriver utsläppsmängd av växthusgaser från olika materials/produkters tillverkning kallas *emissionsfaktorer* (ibid.).

Steg 3: Miljöpåverkansbedömning (LCIA)

Det tredje steget i en LCA innebär att data över in- och utflöden för systemet kopplas till kategorier för miljöpåverkan, genom så kallad miljöpåverkansbedömning (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) (European Commission et al. 2017). När detta görs kan flera olika typer av flöden hamna i samma kategori, genom att använda samma enhet för olika flöden (ibid.). Exempelvis kan utsläpp av olika typer av växthusgaser, som CO₂ och CH₄, jämföras och kombineras genom att använda enheten CO₂-e.

Steg 4: Resultattolkning

Slutligen ska en resultattolkning av inventeringsanalysen och miljöpåverkansbedömningen ske utifrån de mål och avgränsningar som bestämts i första steget av LCA:n (European Commission et al. 2017). Här kan även olika typer av känslighetsanalyser utföras.

3.5.2 Europeisk standard för byggdelar - EN 15804

Toller (2020) beskriver i sin rapport hur Trafikverkets Klimatkalkyl använder den europeiska standarden för byggdelar, EN 15804, för de olika övergripande stadierna i livscykeln. Dessa stadier delas i sin tur upp i olika moduler och ges förkortningar, se tabell 1. Modulerna A1-A3 benämns ofta som materialproduktion, modulen A4 representerar den transport som sker till byggnadsplatsen, och modul A5 representerar konstruktions- samt installationsprocessen. Modulerna B1-B7 utgör användningsskedet och inkluderar exempelvis underhåll och reparation (*Produktspecifika regler SS-EN 15804* 2019).

Slutskedet har fyra moduler, C1-C4, där exempelvis modul C2 representerar transporten av förbrukat material till avfallshantering (*Produktspecifika regler SS-EN 15804* 2019). Slutligen finns kompletterande information i modul D, där betydande information om en byggdels klimatpåverkan utanför systemgränserna kan inkluderas. Exempelvis kan potentiell återvinning eller återanvändning av produkten redovisas i modul D.

Tabell 1: Livscykelstadier enligt EN 15804 för en byggprodukt

Övergripande stadier	Förkortning	Informationsmodul
Byggskedet	A1	Råmaterialutvinning
	A2	Transport
	A3	Tillverkning
	A4	Transport
	A5	Konstruktions- och installationsprocess
Användningsskedet	B1	Användning
	B2	Underhåll
	B3	Reparation
	B4	Utbyte
	B5	Ombyggnad
	B6	Driftens energianvändning
	B7	Driftens vattenanvändning
Slutskedet	C1	Demontering, rivning
	C2	Transport
	C3	Restproduktsbehandling
	C4	Bortskaffning
Kompletterande information	D	Klimatpåverkan utanför systemgränserna

3.6 Utformning av allmän platsmark

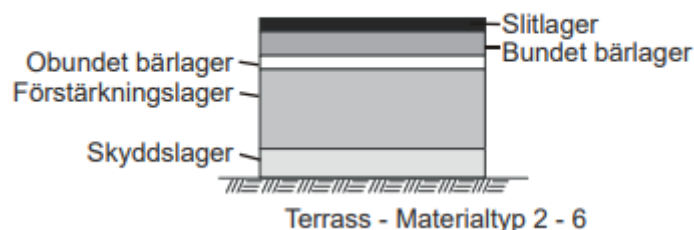
Allmän platsmark är den mark som avses vara tillgänglig för allmänheten, och innefattar exempelvis gator, torg och parker (Boverket 2022b). Här ska många olika behov och perspektiv beaktas när utformningen planeras, samtidigt som hänsyn ska tas till den befintliga omkringliggande miljön (Wirsenius et al. 2021). Nedan presenterar de beståndsdelar som anses vanligt förekommande på allmän platsmark.

3.6.1 Vägbeläggning

Av det vägarbete som pågår i Sverige utgör nybyggnation respektive ombyggnation av väg uppskattningsvis lika stora delar (Wirsenius et al. 2021). Vägen ska kunna utstå vikten från tunga fordon, men samtidigt möjliggöra att vatten kan dräneras. Enligt Tataranni och Sangiorgi (2019) utgör hårdbelagda ytor cirka 40 % i stadsområden.

Vid anläggning av en hårdbelagd yta kan bearbetning av marken vara nödvändigt, exempelvis genom avverkning av skog eller schaktning. I schaktropar kan länshållningsvatten uppkomma, vilket behöver avlägsnas från platsen vilket gör att pumpning av vatten kan bli nödvändigt (Sollentuna Kommun 2022). När den naturliga marken, kallat *undergrund*, bearbetats kan vägkonstruktionens *överbyggnad* påbörjas (Trafikverket 2022a). Överbyggnaden innehåller flera olika lager, se figur 3. Direkt ovanpå undergrunden läggs ofta ett materialskiljande lager, exempelvis ett lager av geotextil, för att förhindra att överliggande lager inte beblandas med den naturliga marken (Granhage 2009). Därefter följer skyddslager och förstärkningslager, därpå två bärlager, ett obundet och ett bundet bärlager (Trafikverket 2011). Efter det bundna bärlaget kan ett bindlager användas för att, liksom ett materialskiljande lager, fungera som ett övergångslager

vid stor skillnad i kornstorlek mellan närliggande lager (Granhage 2009). Slutligen används ett slitlager överst på vägen (Trafikverket 2022a).



Figur 3: Väguppbyggnadens olika materiallager (Trafikverket 2011).

För ovanstående nämnda lager (förutom obundet bärlager och geotextil) används många gånger *asfaltsbeläggning*, vilket är stenmaterial bundet med *bitumen* (Trafikverket 2016). Stenmaterialet, även kallat *ballast*, utgör cirka 94 % av asfaltsbeläggningen, och bitumen cirka 6 % (ibid.). Små tillsatser av ytterligare ämnen förekommer allt mer i asfaltsbeläggning, bland annat på grund av högre kvalitetskrav (ibid.). Dessa tillsatsämnen är exempelvis olika polymerer, fibrer eller vidhäftningsmedel. Olika typer av bindningsmedel förkommer i asfaltsbeläggning, men traditionellt används bitumen som är en biprodukt från raffinering av råolja (Thom 2014).

Alternativt till ett bitumenbundet lager kan även olika typer av block användas som det översta lagret vid hårdbeläggning. Thom (2014) skriver att betong, natursten och tegel är material som ofta förekommer i markblock. Block av natursten kan exempelvis vara av typen granit eller kalksten (Naturstenskompaniet u.å.). Markplattor av betong består av aggregat i olika storlekar, vatten och någon typ av bindemedel, vanligtvis cement, och har fördelen att de kan justeras och återanvändas på plats vid reovering (Ali, Ouni & Kurda 2022). Med markblock tillkommer även någon typ av sand-cementbruk eller bäddsand som ska fylla ut mellanrum mellan de individuella blocken (Thom 2014).

3.6.2 Vegetation

Olika typer av växter kan många gånger finnas på allmän plats, exempelvis träd och buskar, och kan ha bidragande effekter ur en rad olika perspektiv. Förutom att vara estetisk tilltalande, kan vegetation utgöra skydd mot solstrålning och stark vind, bidra till en effektiv hantering av stora vattenflöden och förbättra den lokala luftkvaliteten (Friedman 2021). Växter kan även rena dagvatten från olika föroreningar, främst olika organiska föreningar och metaller, genom bland annat upptagning av ämnet eller nedbrytning (Elmefors 2014). Som nämnt i avsnitt 3.3 kan vegetation lagra kol, vilket sker genom upptag av CO₂ med hjälp av fotosyntesen. Växternas biomassa utgör därmed en så kallad *kolsänka*. Vid trädplantering kan tillhörande trädgropsfundament användas, vilket fungerar som en sorts avgränsning i betong mellan trädets rötter och omkringliggande bebyggelse (Alvem & Grönjörd 2017).

3.6.3 Ledningar och brunnar

I utformning på allmän platsmark kan även beståndsdelar under marken innefattas, exempelvis olika ledningar och rör för vattenhantering och elleverans. I ledningssystem för vatten och avlopp ingår bland annat rör, kopplingar och brunnar (Mårtensson et al. 2018). Tidigare har gjutjärn eller annat metalliskt material använts till vattenledning, men idag används främst olika typer av plaströr vid nyanläggning eller omläggning (ibid.). Materialvalet beror bland annat på vilken typ av vatten som ska ledas (dagvatten, avloppsvatten eller dricksvatten) och om ledningen ska vara trycksatt eller självfallande (ibid.). För vattenledningsnät används ofta polyvinylklorid (PVC), polypropen (PP) och polyeten (PE), vilket är plaster med varierande densitet (Malm et al. 2011). Brunnar byggs ofta av betong eller plast (Mårtensson et al. 2018).

Bredbandsledningar, som levererar telefoni, TV samt internet, består dels av optiska fibrer (tunna trådar av glas) och ett skyddande hölje av plast eller gummi (Nationalencyklopedin u.å.[a]). För distribution av el används ofta starkströmskablar, med en kärna av koppar eller aluminium och ett omslutande skyddslager av plast (Nationalencyklopedin u.å.[b]).

Fjärrvärmeledningar är uppbyggda med ett inre stålrör och ett omslutande isoleringslager av PUR-skum (polyuretan), samt ett skyddande skal av plast (PE) (Fröling, Holmgren & Svanström 2004). Varmt vatten leds från fjärrvärmeverket till brukarna, för att sedan ledas tillbaka i ett separat rör efter att värme överförs till exempelvis radiatorer (ibid.).

3.6.4 Övriga beståndsdelar och utsläppskällor på allmän platsmark

Vid konstruktionsprocessen (modul A5) av allmän platsmark kan maskiner underlätta anläggningsarbetet. Dessa maskiner, exempelvis grävsopor och dumprar, använder nästan uteslutande fossila bränslen vid användningen, och bidrar därmed med en miljöpåverkan (IVA & Sveriges Byggindustrier 2014). Det kan även behövas markarbeten för att säkerställa att jorden förmår att bära ovanlagda konstruktioner, exempelvis genom schaktning, packning eller dränering (SGI 2019). Vid markarbeten där schaktning ingår kan *schaktmassor* uppstå, bestående av exempelvis krossat berg eller jord (Naturvårdsverket 2022c). Beroende på typen av schaktmassa, kan dessa återanvändas och exempelvis utnyttjas som utfyllnadsmaterial. Naturvårdsverket (2022c) skriver att jord- och schaktmassor kan återanvändas utan någon typ av bearbetning (förutsatt att massorna bedöms som icke-farliga), bland annat i vägars underbyggnader eller för att jämna ut områdets yta. För att få en komplett bild över den miljöpåverkan som anläggningen av allmän platsmark medför bör därför dessa beståndsdelar och utsläppskällor också inkluderas i en LCA.

3.7 Tidigare studier av klimatpåverkan av allmän platsmark

Mycket forskning bedrivs för att kartlägga klimatpåverkan med hjälp av LCA. Ett urval av studier som har gjorts på liknande områden och beståndsdelar som denna rapport behandlar beskrivs nedan, tillsammans med relevanta studier om planläggningsprocessen och alternativa material samt metoder.

Enligt rapporten ”Gröna koncept inom asfaltsbeläggningar” från Trafikverket (2016) produceras i Sverige årligen cirka 7,5 miljoner ton asfalt med koldioxidutsläpp på cirka 52 kg per ton. Detta resulterar i att beläggning av asfalt i Sverige ger upphov till att 390 000 ton CO₂ som släpps ut i

atmosfären. Eftersom samhällsplanering fortfarande i många fall sätter bilåkandet i fokus, enligt bland annat forskning från KTH, går det att argumentera att behovet av hårdbelagda ytor inte kommer att minska i framtiden (Boverket 2021g).

Klimatpåverkan från hårdbelagd yta ingår ofta som en del i LCA av vägar (Liu et al. 2022). I LCA-studier av vägar ingår ofta också bearbetning av undergrunden, samt tillhörande komponenter såsom tunnlar och broar (ibid.). När en LCA gjorts på endast så kallad *pavement* (hårdbelagd yta), har studien ofta bestått av en jämförelse mellan beläggning av asfalt och betong, men att ingen generell slutsats kan dras utifrån ett hållbarhetsperspektiv vilket material som är att föredra (Inyim et al. 2016). Liu et al. (2022) beskriver hur en sammanställning av LCA-studier gjorda på hårdbelagd yta visar att materialproduktionen, konstruktionen samt användningsskedet utgör de största källorna av växthusgasutsläpp. I materialproduktionen är det framförallt materialen asfalt, cement och stål som bidrar till stora växthusgasutsläpp. Det finns dock osäkerheter i studierna, bland annat på grund av varierande beläggningsmetoder, komplexa vägstrukturer och förhållande, samt olika estimerade livslängder. Studien finner även att konkreta siffror från anläggningsprojekt sällan används i LCA-studier. Beräkningar görs istället ofta på tidiga mängdförteckningar och genomsnittliga siffror på växthusgasutsläpp (ibid.).

I litteraturstudien av Liu et al. (2022) undersöks fortsättningsvis även vilka åtgärder som kan tas för att minska utsläpp av växthusgaser. Några åtgärdstyper som lyfts fram är materialåtervinning samt alternativa material och drivmedel. Även om många osäkerheter finns kring LCA av vägar och hårdbelagda ytor, till följd av olikheter och variationer i bland annat tillvägagångssätt av LCA och tillgänglig data, så bedöms implementeringen av ett flertal teknologier kunna minska utsläppen av växthusgaser, exempelvis byte till förnybart drivmedel och minskning av asfaltstemperatur. Enligt rapporten "Gröna koncept inom asfaltsbeläggningar" från Trafikverket (2016) har fokus inom beläggningsbranschen de senaste åren legat på energieffektivisering, en konsekvens delvis till följd av ett ökat elpris. Förändringar av utläggningsmetoder och byte till biobränsle för uppvärmning är exempel på åtgärder som minskat energibehovet och koldioxidutsläppen. I rapporten lyfts ytterligare två metoder för asfaltsbeläggning med mindre växthusgasutsläpp; *lågtempererad varmasfalt* (LTA) och *asfaltsåtervinning*. I den förstnämnda används en lägre temperatur vid både framställning och utläggning, och mindre energi krävs därmed för uppvärmningen. Med asfaltsåtervinning används gamla massor igen, antingen som asfaltsbeläggning igen eller som ett annat lager i väguppbyggnaden.

I en litteraturstudie av Balaguera et al. (2018) sammanställs vilka fördelar och nackdelar som finns med alternativa material i vägkonstruktioner. Här nämns olika typer av restprodukter som kan ersätta aggregat av stenmaterial i hårdbelagda ytor. Restprodukter som flygaska, gummi, stålslagg och polymerer. Även tidigare nämnda material som återvunnen asfalt undersöks i studien. Resultatet från Balaguera et al. (2018) visar bland annat att en fördel av att använda material som är återvunnet eller restprodukter i vägkonstruktion, är att dessa material därmed inte hamnar på deponi. En nackdel med valet av dessa material är huvudsakligen den energi som krävs för att bearbeta materialet och göra det tillämpligt att använda i vägbeläggning. Balaguera et al. (2018) lyfter slutligen behovet av att utföra LCA-studier på vägar med mindre trafik, framförallt i utvecklingsländer.

Som nämnts i avsnitt 3.3 kan hårdbelagda ytor även ha andra typer av miljöpåverkan utöver utsläpp av växthusgaser. Qin et al. (2018) beskriver att användandet av hårdbelagda ytor med så kallad

water-retaining (vattenhållande) kapacitet, kan lindra flera typer av negativa miljöeffekter. Risken för översvämning minskar, samtidigt som vattnet har en avkylande effekt på den närliggande luften när det dunstar. Studien undersöker dock inte vilken klimatpåverkan denna typ av hårdbelagd yta har, som är gjord utav betongplattor, ur ett livscykelperspektiv. Även marktegel kan användas som beläggning på hårdbelagda ytor, se avsnitt 3.6. I en studie av Marcelino-Sadaba et al. (2017) jämfördes sju olika typer av lerbaserade block som används inom konstruktion, samt en typ av betongblock som fungerade som kontroll. I studien ingick 10 olika miljöpåverkanskategorier, bland annat klimatpåverkan. Resultatet visade att lerbaserade material var att föredra utifrån samtliga undersökta miljöpåverkanskategorier.

När betongmarkblock används för den hårdbelagda ytan, kan enligt en rapport av Ali, Ouni och Kurda (2022) den största klimatpåverkan spåras till beståndsdelen cement. För att reducera klimatbelastningen har cement delvist ersatts med andra bindemedel, exempelvis restprodukter vid framställningen av järn i masugn så kallad *masugnsslagg* (ibid.). För att uppfylla de hållfasthetskrav som ställs på högtrafikerade vägar, kan maximalt 25 % av cement i betong bytas ut till masugnsslagg. I en LCA av trottoarer där översta lagret i väguppbyggnaden utgjordes av granit från Mendoza et al. (2012), nämner författarna att till skillnad från betong och asfalt finns lite information om miljöpåverkan från beläggningar med natursten. Detta trots att det är vanligt förekommande i exempelvis konstruktion av trottoarer. I trottoarens uppbyggnad fanns även ett lager av betong, och LCA-studien visade att detta lager bidrog till större klimatbelastning än granitblocket ovanpå. Dock var betonglagret 15 cm tjockt, medan granitblocken hade en tjocklek på 7 cm. Miljöpåverkan från granitblock härstammar framförallt från energianvändning vid bearbetningen och produktionen, processer som utöver energi också använder stora mängder vatten. Överlag hade byggmaterialen störst bidrag till den totala klimatbelastningen från trottoarer, mellan 48-87 %. Vidare nämner Mendoza et al. (2012) att den forskning som finns om gemensamma utrymmen i städer (på engelska kallat *civic spaces*), exempelvis torg och trottoarer, fokuserar främst på dess roll för befolkningens hälsa och komfort.

I en studie av Mendoza et al. (2012) jämförs tre vanliga typer av trottoarbeläggning i Spanien. Främst fotgängare ska vistas på trottoaren, men beläggningen ska även kunna utstå viss trafik under en 45-års period. De tre typerna av beläggning var betong, asfalt och granit, och den funktionella enheten var 1 m² trottoar. Alla tre typerna har en undergrund av hårt packad jord, följt av en 15 cm tjock betongbeläggning. Eftersom den granit och betong som används till det översta lagret i utformningen kommer i formen av plattor, så används även ett lager av murbruk. Murbruket består av kalkhaltig cement, vatten och finkorniga aggregat. Resultatet visade att den största andelen klimatpåverkan kom från materialen, mellan 75-79 %. Den totala klimatpåverkan per kvadratmeter för de olika typernas uppbyggnad blev följande; störst klimatbelastning kom från vägbeläggning med granitmarkplattor överst (98,1 CO₂-e/m²), följt av trottoar av betongplattor (70,6 kg CO₂-e/m²) och minst klimatbelastning gavs av beläggning med asfalt överst (56,4 kg CO₂-e/m²). Den 15 cm tjocka lagret av betong som samtliga typer innehöll visade sig utgöra den största andelen klimatpåverkan för samtliga trottoartyper. Procentuellt utgjorde betonggrunden cirka 38 % för trottoar med granit, 53 % för trottoar med betong och 65 % för trottoar med asfalt. Beräkningarna över klimatpåverkan (och energianvändning) är baserade på en typisk spansk energimix år 2009, där cirka 60 % utgjordes av fossila bränslen. Enligt Ekonomifakta (2022) är Sveriges andel av elproduktion med fossilt bränsle cirka 1 %. Mendoza et al. (2012) belyser även den inverkan som beräknad livslängd samt drift och underhåll

kan ha på den totala klimatpåverkan, och skriver att en beläggning med lång livslängd inte nödvändigtvis har lägre total klimatpåverkan än en beläggningstyp med kortare livslängd. Från resultatet drar de slutsatsen att om trottoaren bedöms komma att ha en livslängd på mindre än 15 år, baserat på bland annat lokala väderförhållanden, är asfalt de mest klimatvänliga alternativet. Men under omständigheter när trottarbeläggningen antas behålla sin funktion i minst 40 år, är betongmarkplattor den beläggning med minst sammanlagda utsläpp av CO₂-e. Detta eftersom asfalt antas ha en maximal livslängd på 15 år, oavsett lokala förhållanden och vädermönster.

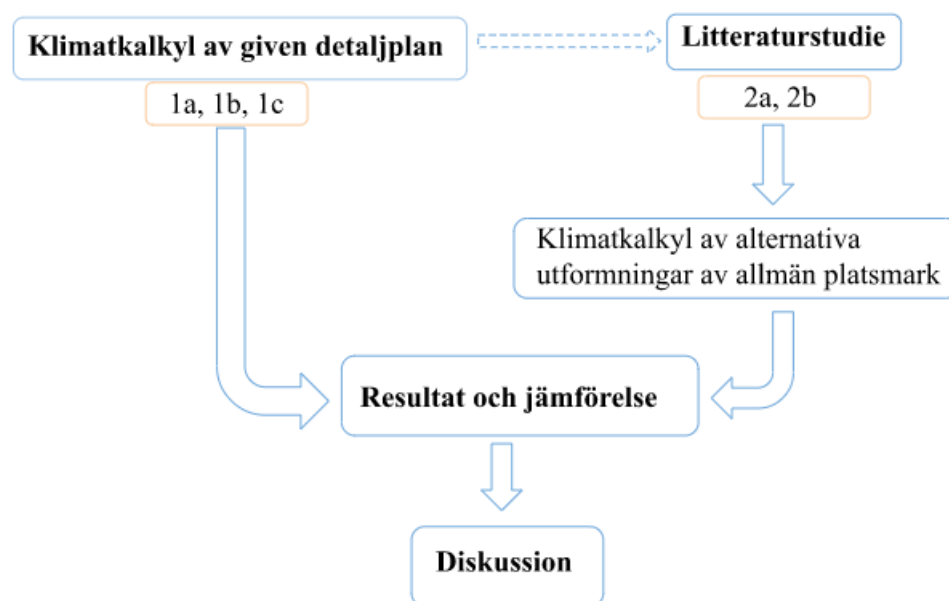
Enligt avsnitt 3.6 kan även markarbeten krävas vid bebyggelse av allmän platsmark, där maskinerna som används i stor utsträckning använder sig av fossila drivmedel. Men förändring i markytan kan även i sig utgöra en källa för växthusgasutsläpp. Inom bebyggd mark är det framförallt när skog och åkermark avverkas i samband med någon form av anläggning, exempelvis vägbebyggelse, och tidigare bundet kol frigörs till atmosfären (Naturvårdsverket 2021h). År 2021 uppmättes nettoutsläppet till följd av bebyggd mark till 2 miljoner ton CO₂-e (ibid.). I en litteraturstudie över livscykelanalyser av vägar och hårdbelagda ytor skriver Liu et al. (2022) hur stor effekt markarbeten kan ha på utsläppssiffror. Konstruktionsfasen utgjorde mellan 4-14 % utan markarbeten inräknat, och mellan 62-85 % av den totala klimatpåverkan när markarbeten inkluderades. Liknande resultat ses också i en rapport från IVA & Sveriges Byggindustrier (2014), som beskriver hur inkluderandet av grundarbeten och markberedningsmoment i beräkningar kan öka det totala klimatavtrycket med 50 %.

IVA & Sveriges Byggindustrier (2014) uppmärksammar i rapporten även hur det finns en vana av att se på konstruktionsfasen som en nästan försumbar källa till växthusgasutsläpp, både för projekt av byggnader och vägar. Samtidigt som kunskapen om byggskedets klimatbelastning förbises, är planering av byggprojekt ofta en komplicerad process med flertalet intressenter och aktörer, vilket kan försvåra att en helhetsbild av projektet skapas med tillhörande klimatperspektiv. Detta lyfts även av Oliver-solá et al. (2011), som skriver hur planeringsprocessen ofta tar plats i en komplicerad institutionell miljö där många olika åsikter och krav ska sammanvägas.

4 Material och metod

Metoden för detta examensarbete har bestått av två delar som har genomförts parallellt, se figur 4. Första delen bestod av att den givna detaljplanens växthusgasutsläpp kartlades med hjälp av Trafikverkets Klimatkalkyl 7.0. Detta för att kunna svara på frågeställning 1a, 1b samt 1c. Andra delen av studien bestod av en litteraturstudie kring alternativ utformning av allmän platsmark, med fokus på utformningar med mindre växthusgasutsläpp, och åtgärder som kan appliceras inom ramen för kommuners planarbete för minskad klimatpåverkan. Detta för att kunna besvara frågeställning 2a och 2b. Här utnyttjades information från den givna detaljplanens klimatkalkyl med fokus på de beståndsdelar eller livscykelstadier som stod för störst växthusgasutsläpp. Men litteraturstudien begränsades inte endast till resultatet från den givna detaljplan, utan omfattade även ytterligare alternativa lösningar som ansågs relevanta.

Med information om växthusgasutsläpp från alternativ utformning användes Klimatkalkyl 7.0 igen för att konkretisera vilka utsläppsminskningar alternativa utformningar kan resultera i. Följaktligen kunde resultaten från Klimatkalkyl jämföras utifrån främst växthusgasutsläpp, eftersom detta har varit fokus för studien, men även andra miljöpåverkanskategorier och perspektiv som kan motivera för eller emot valet av en viss utformning.



Figur 4: Tillvägagångssätt för att besvara rapportens frågeställningar.

4.1 Fallstudie

Given detaljplan har tillhandahållits från Tyréns AB Stockholm. Denna inkluderar planerad utformning för ett område i Malmö kommun, varav byggnader, hårdbelagda ytor, grönytor samt ledningar ska finnas i området. Inget stort vattendrag finns i området, och detaljplanen är därmed uppdelad i kvartersmark och allmän platsmark. I denna rapport har endast underlag för planerad utformning av allmän platsmark använts, vilket redovisas i tabellerna 2, 3 och 4. En översiktlig

plankarta kan ses i figur 5, där markeringar i streckad orange färg är den allmänna platsmarken. Från Malmö kommun erhöles plankarta för området, med vilken Tyréns tog fram underlaget som används i denna rapport, där vissa antaganden gjordes gällande beståndsdelar och mängder.



Figur 5: Plankarta över planerad utformning av den givna detaljplanen tillhandahållen från Tyréns AB, där orange-streckad markering är avgränsningar för allmän platsmark

Enligt en planbeskrivning har området tidigare till stor del bestått av åkermark samt två vägar; Atles gata och Almviksvägen. Vägarna har båda varit asfalterade, med undantaget att Atles gatas södra halva har varit grusväg. Vid en tidigare naturvärdesinventering har två områden hittas inom planområdet som innehöll visst så kallat *naturvärde*. Dessa två områden har bedömts innehålla "ett visst biotopvärde" samt "ett lågt artvärde". Området beskrivs i planbeskrivningen som jämt och platt, med en viss lutning mot sydväst. Vissa befintliga ledningar går även att hitta i området. Inget riksintresse berörs i planområdet, och detaljplanens utformning har bedömts att ej medföra någon betydande miljöpåverkan. Planbeskrivningen nämner vid ett flertal tillfällen att utformningen av vägar ska främja gång- och cykeltrafik, samt låga hastigheter för den biltrafik

som förekommer i området. Ingen ovanlig eller särskiljande beståndsdel återfinns i detaljplanen, och utformningen kan därmed anses representativ ¹.

Underlaget från detaljplanen representerar ett tidigt skede i detaljplaneprocessen, och faktiska färdigprojekterade beståndsdelar och mängder ingår ej i underlaget. Underlaget har bland annat tagits fram med hjälp av den översiktliga plankartan i figur 5. Storleken av klimatpåverkan från byggprojekt brukar enligt erfarenhet öka i takt med detaljnivån. Fördelningen mellan klimatpåverkan från olika utformningsdelar, arbetsmoment samt livscykelstadier brukar dock förbli relativt oförändrad ². Vid tidpunkten när denna rapport togs fram hade detaljplanen överklagats, och den slutgiltiga utformningen av given detaljplan kan därför komma att ändras.

Tabell 2: Underlag för markanvändning av allmän platsmark från given detaljplan

Markanvändning	Area [m ²]
Hårdbelagd yta	8 550
Andel asfaltsbeläggning	5 130
Andel marktegel	3 420
Växtbädd	5 700
Total yta allmän platsmark	14 250

Tabell 3: Underlag för vattenledningar på allmän platsmark från given detaljplan

Ledning	Dimension [mm]	Längd [m]
Dricksvatten	160	1 133
Spillvatten	200	851
	250	100
	315	80
Total längd spillvattenrör		1031
Dagvatten	315	931
	450	100
Total längd dagvattenrör		1031

¹Felicia Frise, Tyréns, personlig kommunikation 2023-02-13.

²Erik Johannes, Tyréns, personlig kommunikation 2023-01-17.

Tabell 4: Övriga underlag för allmän platsmark från given detaljplan

Beståndsdel	Beskrivning
Schaktning av området	Hela ytan av allmän platsmark (14 250 m ²) schaktas med ett djup på 0,71 m.
Kantsten	Kantsten ska läggas längs alla hårdbelagda ytor
Belysningsstolpar	Belysningsstolpar och tillhörande betongfundament ska läggas utmed all hårdbelagd yta, med ett avstånd på 20 meter.
Drift av asfalt	Asfalten ersätts med ny beläggning efter 40 år.
Underbyggnad av hårdbelagd yta	Lager av geotextil Förstärkningslager, 0,51 m Obundet bärlager, 0,08 m
Asfaltsbeläggning	Bundet bärlager, 0,04 m Bindlager, 0,04 m Slitlager, 0,04 m
Rivning av asfalt	Eftersom vägar byggs innan byggnader i området är det troligt att en viss andel av beläggningen kommer att behöva rivras. Denna andel uppskattas till 20 %. Därtill tillkommer 20 % även för ny asfaltsbeläggning efter rivning.
Trädplantering	90 stycken träd ska planteras
Trädfundament	Installeras för hälften av de träd som planteras på allmän platsmark
Schakt och fyll	Schaktmassor som grävs upp transporteras bort (30 km, schablon i Klimatkalkyl). Jordfyllnad transporteras utifrån till byggarbetsplatsen (30 km, schablon i Klimatkalkyl).
Fjärrvärme & Fjärrkyla	Två rör som består av stål, plast samt isoleringsmaterial. Har samma längd som den längsta ledningen där det finns underlag (1 133 m). Fjärrkyla dras till hälften av byggnaderna, och halveras därför i jämförelse med fjärrvärme.
Elledning	Har 1,5 gånger längden av den längsta ledningen där det finns underlag (1 133 m), det vill säga 1 699,5 m.
Bredbandsledning	Har 1,5 gånger längden av den längsta ledningen där det finns underlag (1 133 m), det vill säga 1 699,5 m.
Schaktning ledningar	Gemensam schaktgrop för samtliga ledningar (dricksvatten, spillvatten, dagvatten, fjärrvärme, fjärrkyla och bredband). Schaktmängden utgår från en bredd på 4 m och ett djup på 2 m.
Brunn	Nedstigande brunn av betong och armeringsstål.

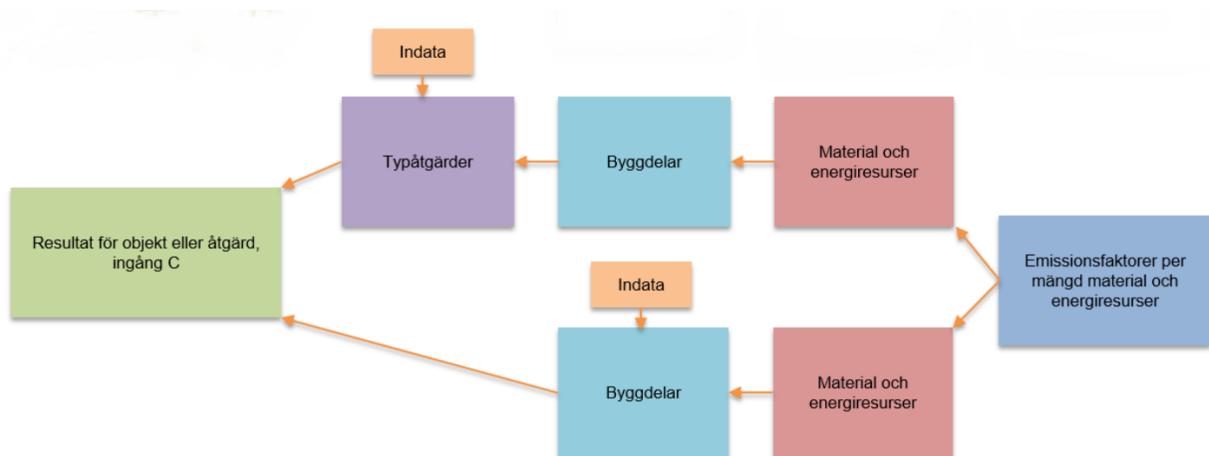
4.2 Livscykelanalys

I enlighet med standarden ISO 14040, se avsnitt 3.5.1, har livscykelanalysen genomförts i fyra steg. Trafikverkets Klimatkalkyl har använts som beräkningsverktyg. Den givna detaljplanen har delats upp och brutits ner till beståndsdelar för att kunna användas som indata i Klimatkalkylen.

4.2.1 Trafikverkets Klimatkalkyl 7.0

Trafikverkets Klimatkalkyl har som syfte att enkelt och systematiskt beräkna klimatpåverkan från infrastrukturprojekt ur ett livscykelperspektiv och beskrivs detaljerat av Toller (2020). Klimatpåverkan anges som CO₂-e, eftersom emissioner av olika typer av växthusgaser kan förekomma. Modellen har genomgått flera uppdateringar, och version 7.0 inkluderar nu även växthusgasutsläpp i samband med transporten mellan fabriken och bygganläggningen (modul A4, se tabell 1).

Toller (2020) anger vidare att Klimatkalkyl 7.0 består av en katalog med typåtgärder, byggdelar och underhållsåtgärder. För alla typåtgärder, byggdelar och underhållsåtgärder finns så kallade *resursschabloner*, vilket är information om användningen av olika resurser i och med genomförandet av en åtgärd eller användandet av en byggdel. Dessa resursschabloner är baserade på bland annat *miljövarudeklarationer* (EPD), produktblad, tidigare kalkyler och erfarenheter av sakkunniga. Klimatkalkylen bygger därmed på sambandet att användandet av en resurs, i och med genomförandet av en åtgärd eller framställning och implementering av en byggdel, resulterar i utsläpp av växthusgaser och/eller energianvändning (Trafikverket 2022b). Resultatet av klimatkalkylen presenteras därför som totala mängden växthusgasutsläpp och energianvändning (Toller 2020). En översiktlig bild över tillvägagångssättet visas i figur 6.



Figur 6: Tillvägagångssätt Klimatkalkyl 7.0, (Toller 2020).

När en typåtgärd, byggdel eller underhållsåtgärd läggs till i klimatkalkylen, ska mängden av respektive typåtgärd/byggdel/underhållsåtgärd även läggas till enligt Toller (2020). Dessa mängder multipliceras sedan med respektive *emissionsfaktor*, vilket är växthusgasutsläppet och energiförbrukningen som resursanvändningen resulterar i.

Toller (2020) fortsätter beskriva hur Trafikverkets Klimatkalkyl innefattar delar av standarden EN 15804 för byggdelar. Beskrivningen av dessa delar innefattar inte exakt vilka moduler som ingår, se tabell 1, utan de olika delarna i livscykeln som ingår i Klimatkalkyl 7.0 har beskrivits i ord. Dessa delar innefattar ”råvaruutvinning, förädling, transporter, byggande samt drift och underhåll”, varav underhåll beskrivs innehålla ”utbyte av komponenter” och ”kontinuerlig drift och underhåll av systemet”. Detta tolkas som modulerna A1-A5 och B2-B4, se tabell 5. Klimatkalkylen inkluderar inte effekter som fås från trafiken vid användning av väg eller järnväg, modul B1. Inte heller ingår

slutskedet i kalkylen, C1-C4, eftersom det sällan sker en total avveckling av transportinfrastruktur. Kompletterande information, förkortning D se tabell 5, utblir även den ur klimatkalkylen.

Tabell 5: Livscykelstadier enligt standarden EN 15804 för en byggprodukt. Grönmarkerade moduler är de livscykelstadier som ingår i Trafikverkets Klimatkalkyl 7.0.

Övergripande stadier	Förkortning	Informationsmodul
Byggskedet	A1	Råmaterialutvinning
	A2	Transport
	A3	Tillverkning
	A4	Transport
	A5	Konstruktions- och installationsprocess
Användningsskedet	B1	Användning
	B2	Underhåll
	B3	Reparation
	B4	Utbyte
	B5	Ombyggnad
	B6	Driftens energianvändning
	B7	Driftens vattenanvändning
Slutskedet	C1	Demontering, rivning
	C2	Transport
	C3	Restproduktsbehandling
	C4	Bortskaffning
Kompletterande information	D	Klimatpåverkan utanför systemgränserna

Under fliken ”Modell” i Trafikverkets Klimatkalkyl finns möjligheten att se ingående delar och parametrar för respektive byggdel eller åtgärd, det vill säga tillhörande resursschablon. Här redovisas de utsläpp av växthusgaser och energianvändning som ingår i de olika livscykelstadierna. Dessa ges benämningen *Produktionsskede* (modul A1-A3), *Materialtransporter till eller inom byggarbetsplatsen* (modul A4) samt *Arbetsmoment* (modul A5). Ett exempel kan ses i figur A1 i Appendix A.1, där detaljer för byggdelen ”Kabel, telekom” visas. En kort beskrivning av byggdelen, kända dataluckor, material byggdelen består av samt transportsträckor och transportmedel redovisas, med tillhörande utsläpp av CO₂-e och energianvändning för respektive del. Vid uppförandet av en klimatkalkyl ges också möjligheten att ändra vissa delar, exempelvis transportsträcka.

4.2.2 Livscykelanalys enligt ISO 14040

Steg 1: Mål och Omfattning

Målet med LCA-studien är att beräkna den totala mängden CO₂-e som släpps ut i och med utformningen av allmän platsmark i given detaljplan. Systemgränserna i LCA-studien kommer inkludera modulerna A1-A5 samt B2-B4 eftersom dessa ingår i Trafikverkets Klimatkalkyl, se avsnitt 4.2.1. Funktionell enhet kommer utgöras av den specifika allmänna platsmarken (14 250 m²).

Ingående beståndsdelar i klimatkalkylen har olika beräknade livslängder. Resultatet som presenteras i rapporten kommer i huvudsak att inte ta hänsyn till de olika livslängderna, utan redovisar endast klimatpåverkan vid implementeringen av utformningen. Men när hänsyn till de olika

beståndsdelarnas livslängder tas i hänsyn, krävs att klimatpåverkan från respektive beståndsdel beräknas om och fördelas över en och samma tidsperiod.

Varje beståndsdelens beräknade livslängd kan ses under respektive schablon som är angivet i Trafikverkets modellkatalog, se exempel i figur A2. I de fall när beståndsdel inte fanns i klimat-kalkylens katalog, i fallet för bland annat marktegel, användes den beräknade livslängden som angetts i EPD. Den kortaste livslängden som identifierats hos ingående byggdelar var 40 år, och klimatpåverkan från beståndsdelar med längre livstid än 40 år beräknas följaktligen om och fördelas över en 40-årsperiod. Vid fördelning av klimatpåverkan över 40 år där hänsyn togs till livslängden har varje beståndsdelens klimatpåverkan multiplicerats med en faktor. Denna faktor togs fram genom att 40 dividerats med respektive beståndsdelens livslängd. Till exempel när den beräknade livslängden var 80 år, som var fallet för bland annat geotextil, så har klimatpåverkan från denna multiplicerats med en faktor av 0,5, för att representera växthusgasutsläpp över en 40-årsperiod.

Flera av de ingående byggdelarna i den givna detaljplanens klimatkalkyl, exempelvis fjärrvärmeledningar, ingår i ett större sammanhang och kan därför inte enkelt ändras eller bytas ut. Även om de ingår i detaljplanens utformning, är det inte nödvändigtvis möjligt att tillämpa klimatbesparande åtgärder på dem. För att det ska kunna ske på exempelvis fjärrvärmeledningar kan det krävas att hela fjärrvärmesystemet byggs om eller uppdateras, vilket är omfattande projekt som inom given tidsram inte kan täckas i detta examensarbete. Utformningsalternativ som undersöks kommer därför att fokusera på vad som är möjligt tillämpbart inom området för denna detaljplan, och som inte kräver förändringar även utanför planområdet.

Steg 2: Inventeringsanalys (LCI)

I Klimatkalkylen används katalogerna ”Byggdelar” och ”Drift och Underhåll” för utsläppsberäkning av den givna detaljplanens beståndsdelar. Klimatkalkylens katalog av möjlig indata innehöll ej alla beståndsdelar från given detaljplan. I vissa fall har antaganden och omvandlingar gjorts för att kunna koppla respektive beståndsdel till en byggdel i Klimatkalkylens katalog. Samtliga omvandlingar och antaganden för given detaljplans implementering i Klimatkalkylen redovisas i tabell 6. Exempelvis fanns inte kantsten eller marktegel i Klimatkalkylens katalog, varav EPD:er för liknande beståndsdelar användes^{3 4}. Exakta beräkningar för omvandlingar kan ses i avsnitt A.2 i Appendix.

³EPD marktegel: https://www.wienerberger.co.uk/content/dam/wienerberger/united-kingdom/marketing/documents-magazines/sustainability/correct/Belgium_EP_D_Clay_Brick_Pavers_202704.pdf

⁴EPD kantsten: <https://www.environdec.com/library/epd4621>

Tabell 6: Antaganden och omvandlingar för beståndsdelar från given detaljplan

Beståndsdel	Antagande	Omvandling
Kantsten	Består av granitsten. Överensstämmer med data givet i EPD för naturstensprodukter av granit och kalksten.	Sträckan för vilken kantsten ska läggas fås genom att hårdbelagd yta (8 550 m) omvandlas till 8 m bred väg. Därefter dubblas sträckan eftersom kantsten läggs utmed båda sidorna av vägen.
Marktegel	Överensstämmer med data givet i EPD för keramiska tegelstenar. Har tjockleken 0,05 m.	Ytan marktegel (3 420 m ²) omvandlas till total vikt för mängden marktegel.
Trädfundament	Består av samma typ av betong som Klimatkalkylens byggdel "Betongmarkplattor (6.4)". Väger 620 kg styck.	Vikten för 45 st trädfundament omvandlas till den area av betongmarkplattor med samma vikt, med en tjocklek på 50 mm.
Schaktning	Schaktdjupet är densamma över hela arean för allmän platsmark	Schaktdjupet omvandlas till mängden schakt (m ³)
Underbyggnad av hårdbelagd yta	Förstärkningslager kan representeras av Klimatkalkylens byggdel "Berg, Fall B, Fyll (6.4)"	Tjockleken av förstärkningslagret och obundet bärlager omvandlas med arean för hårdbelagd yta (8 550 m ²) till total volym för respektive lager (m ³)
Asfaltsbeläggning	De tre lagren kan representeras av Klimatkalkylens byggdel "Bitumenbundna lager, 120 mm (6.3)"	
Rivning av asfalt	I och med att 20 % av asfalten antas rivas vid konstruktion av byggnader i området, kommer samma mängd asfalt läggas efter konstruktion	Asfaltsbeläggningens area adderas med ytterligare 20 %.
Fjärrvärme, Fjärrkyla	Kan representeras av Klimatkalkylens byggdelar "Ledning av plaströr, dränrör, dim 200 (6.4)", "Stål, konstruktion (6.3)" samt "Termisk isolering med isoleringsskivor (6.4)"	Isolering i rören omvandlas till m ² med antagande tjocklek på 70 mm. Stålrör omvandlas till vikten stål med antaganden kring vägg tjocklek.
Vattenledningar	Alla vattenledningar består av samma typ av material, plast av typen HDPE.	Dimensionstyperna omvandlas till plaströr med dimensionen 200 mm, med hjälp av antaganden kring rörens vägg tjocklek.

Vissa antaganden har även gjorts i och med drift och underhåll. Desto fler fordon som färdas på vägar desto mer slits dem, och därmed kan trafikmängden på hårdbelagd yta till stor del påverka hållbarheten. I den givna detaljplanen har antalet fordon per dygn satts till 912.

Klimatpåverkan från underhållsåtgärder presenteras i Klimatkalkylen som utsläpp av CO₂-e per år. Från det givna underlaget har endast en underhållsåtgärd ingått, drift av asfalt (se tabell

8). Asfalt har en beräknad livslängd på 40 år (se figur A2). För att få en helhetsbild över vilken klimatpåverkan denna underhållsåtgärd har över hela den beräknade livslängden för asfalt, har resultatet (uttryckt i CO₂-e per år) multiplicerats med 40. På detta sätt fås det totala utsläppsbidraget från drift och underhåll av beståndsdelen under hela den beräknade livslängden. Åtgärder som kan ingå i drift och underhåll är bland annat snöröjning, sandning och saltning. Frekvensen av dessa åtgärder kan variera beroende vart i landet denna är belägen. I Trafikverkets klimatkalkyl finns möjligheten att välja vilken del av landet som utformningen är planerad för. Eftersom denna klimatkalkyl är baserat på en detaljplan i Malmös kommun, har regionen Syd valts för regionstyp av drift och underhåll.

Steg 3: Miljöpåverkansbedömning (LCIA)

I denna rapport användes Trafikverkets Klimatkalkyl 7.0 för att bedöma vilken miljöpåverkan utformningen av allmän platsmark orsakar. Miljöpåverkan begränsades till endast klimatpåverkan, i form av GWP (se avsnitt 3.3.1), och angavs i enheten CO₂-e.

Steg 4: Resultattolkning

I LCA-studien av den givna detaljplanen kommer resultatet att tolkas utifrån de olika frågeställningarna 1a, 1b och 1c, genom exempelvis att vissa parametrar varieras för att kunna urskilja de olika livscykelstadiernas bidrag till den totala klimatpåverkan. Här kommer även de val och förenklingar som gjorts i inventeringsanalysen och miljöpåverkansbedömningen att analyseras utifrån det givna resultatet.

4.3 Indata för given detaljplans klimatkalkyl

Samtliga byggdelar som ingått i klimatkalkylen anges i tabell 7. Även mängder av respektive material samt benämning som har använts i Klimatkalkylen ses i tabell 7. Indata representerar de siffror som använts i klimatkalkylen. När dessa inte varit densamma som mängd för byggdelen (se kolumn *Mängd* i tabell 7), har omvandling gjorts för att möjliggöra att byggdelen inkluderas i klimatkalkylen. Samtliga antaganden och omvandlingar som gjorts redovisas i tabell 6, och beräkningar samt data som använts för omvandlingarna visas i avsnitt A.2 i Appendix.

Tabell 7: Givna byggdelar, mängd, benämning i klimatkalkylen samt med vilken indata byggdelen har förts in i klimatkalkylen

Byggdel	Mängd	Benämning i Klimatkalkyl	Indata
Kantsten	2,14 km	Annat material & övriga transporter (6.4)	69 ton
Marktegel	3 420 m ²	Annat material & övriga transporter (6.4)	269 ton
Skydds- /förstärkningslager	0,51 m	Berg Fal B, Fyll (6.4)	4 361 m ³
Trädfundament	45 st	Betong (7.1)	28 ton
Bundet bärlager	0,04 m	Bitumenbundna lager 120 mm (6.4)	5 130 m ²
Bindlager	0,04 m		
Slitlager	0,04 m		
Rivning av asfalt	20 %	Rivning, ospecificerad (6.4)	123 m ³
Brunn	28 st	Brunn, nedstigningsbrunn betong (DNB) (6.4)	28 st
Underbyggnad	0,08 m	Bärlager, obundet (6.4)	684 m ³
Schaktning	0,71 m	Jordschakt Fall B (6.4)	10 188 m ³
Ledningsschakt	1 133 m	Jordschakt Fall B (6.4)	9 064 m ³
Växtbädd	5 700 m ²	Jord Fall B, Fyll (6.4)	4 047 m ³
Elledning	1 699,5 m	Kabel, kraftförsörjning (1 ledare, 130kV) (7.2)	1 700 m
Bredbandsledning	1 699,5 m	Kabel, telekom (7.4)	1 700 m
Geotextil	8 550 m ²	Lager av geotextil (6.4)	8 550 m ²
Dricksvattenrör	1 133 m	Ledning av plaströr, dränrör, dim 200 (6.4)	373,3 m
Spillvattenrör	1 031 m	Ledning av plaströr, dränrör, dim 200 (6.4)	1 108,6 m
Dagvattenrör	1 031 m	Ledning av plaströr, dränrör, dim 200 (6.4)	1 449,0 m
Fjärrvärme, Fjärrkyla	3 399 m	Ledning av plaströr, dränrör, dim 200 (6.4)	3 399 m
	3 399 m	Stål, konstruktion (6.3)	155 ton
	3 399 m	Termisk isolering med isoleringsskivor (6.4)	2 135 m ²

Utöver byggdelar har indata även bestått av underhåll och drift, se tabell 8.

Tabell 8: Underhåll i klimatkalkylen

Moment	Mängd	Benämning i Klimatkalkyl	Indata
Drift av asfalt	5 130 m ²	Tvåfältsväg (8 m) (6.4)	0,641 km

4.4 Litteraturstudie

Med hjälp av litteraturstudie kommer frågeställning 2a och 2b att kunna besvaras, se figur 4. Sökning efter litteratur kommer främst att ske genom Uppsala Universitets söktjänst för att säkerställa att de källor som används är trovärdiga. Gällande frågeställning 2a; *Vilka möjliga utformningsalternativ kan reducera den allmänna platsmarkens totala klimatpåverkan?*, kommer främst lösningar som är tillämpbara i Sverige att utredas. Fokus kommer främst att vara på de utformningsalternativ som resulterar i att miljöindikatorn klimatpåverkan (CO₂e) minskar. Utgångspunkt kommer vara de beståndsdelar/arbetsmoment som orsakar störst klimatpåverkan i den givna detaljplanen, men även ytterligare delar och moment kan komma att utforskas när stora klimatbesparingar finns att uppnå. Alternativa utformningar kommer att begränsas till de

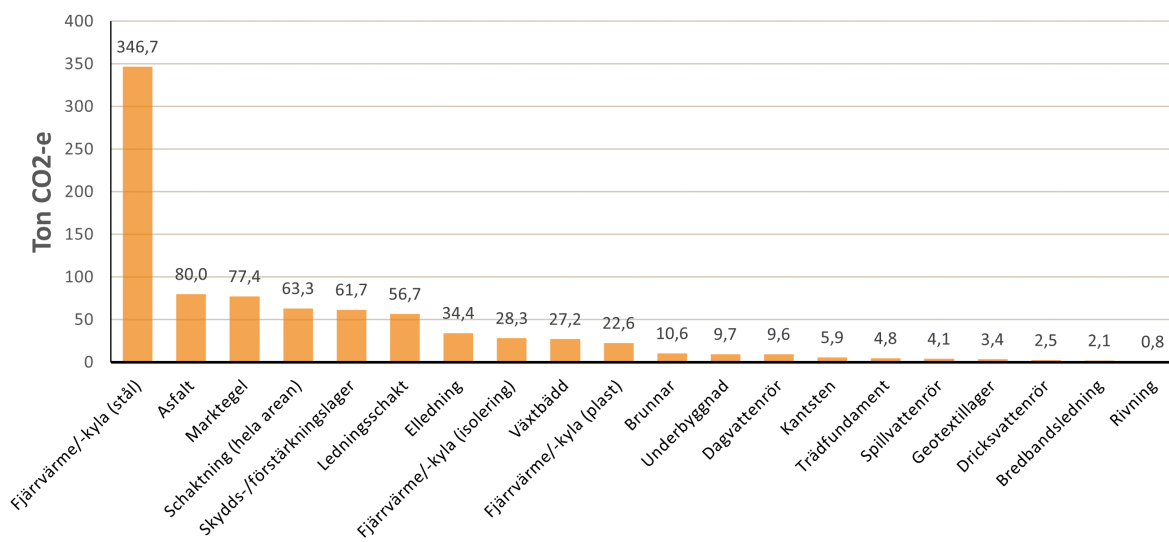
beståndsdelar vars utbredning kan begränsas av detaljplanens geografiska avgränsning, och som ej ingår i något större system utanför planområdet. Till följd av detta kommer bland annat ledningar för fjärrvärme och fjärrkyla inte att antas kunna ersättas med alternativ utformning, eftersom dessa ingår i större system som sträcker sig utanför detaljplanens geografiska område.

För frågeställning 2b; *Vilka övriga åtgärder kan tas av kommuner för att reducera den allmänna platsmarkens totala klimatpåverkan*, kommer fokus att ligga på åtgärder möjliga för svenska kommuner. Planläggningen av allmän platsmark är inte en separat process, utan ingår i detaljplaneprocessen som även kan innehålla planläggning av kvartersmark och vattenområde, se avsnitt 3.2.3. Åtgärder som endast resulterar i att exempelvis klimatpåverkan från allmän platsmark istället kategoriseras som klimatpåverkan från kvartersmark kommer inte att inkluderas.

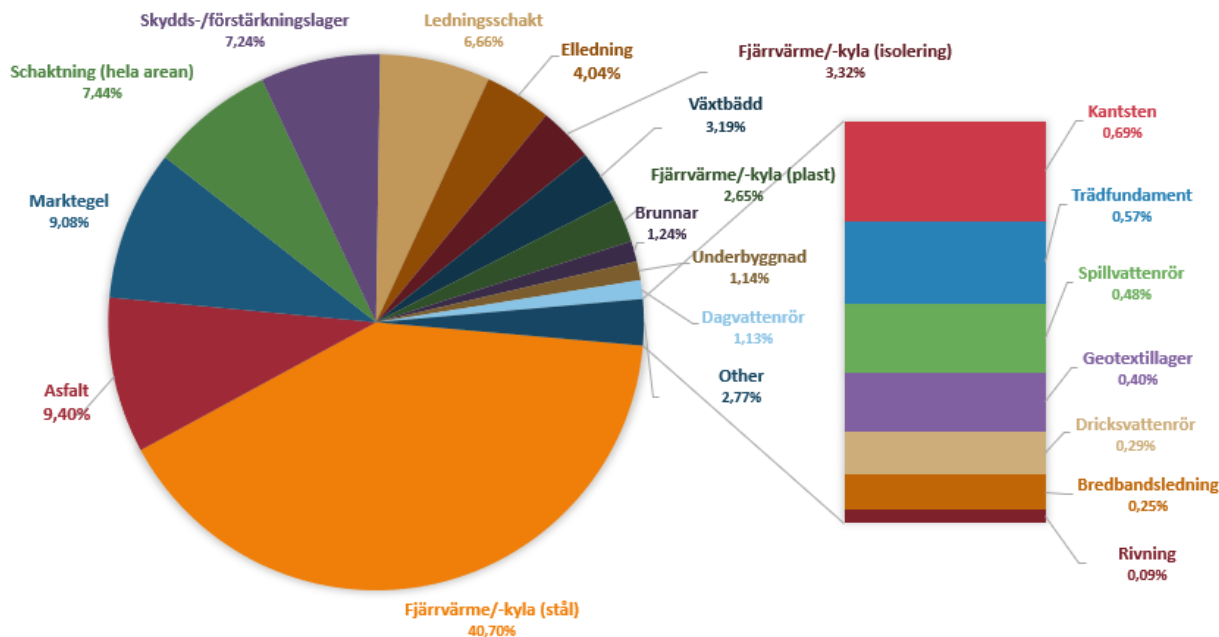
5 Resultat

5.1 Livscykelanalys av given detaljplan

Den givna detaljplanens klimatpåverkan beräknat med Trafikverkets Klimatkalkyl 7.0 ses i figur 7, där siffrorna är uttryckta i ton CO₂-e. Endast klimatpåverkan från implementeringen av de olika beståndsdelarna redovisas i figur 7, och hänsyn till de olika beståndsdelarnas beräknade livslängd har i denna figur inte tagits. I figur 8 är samma siffror representerade som procent av den totala klimatpåverkan. Uppdelningen av de olika byggdelarna har gjorts utifrån benämning i Trafikverkets Klimatkalkyl (se tabell 7), vilket resulterat i att fjärrvärme/-kyla är uppdelat i tre delar; stål, isolering och plast. Däremot har de tre väglagren bundet bärlager, bindlager samt slitlager, sammanslagits och representeras av kategorin asfalt. Denna uppdelning/sammanslagning kan ses i både figur 7 och 8. I avsnitt A.3 ses rådata som använts till figurerna, där det också framgår att de olika byggdelarna summerar till 852 ton CO₂-e.

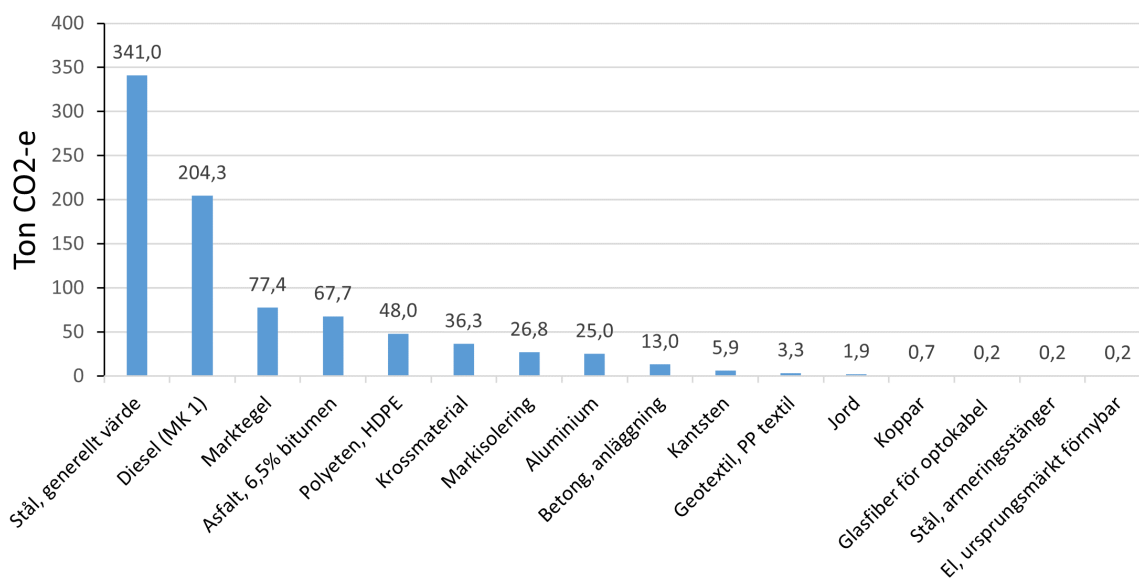


Figur 7: Klimatpåverkan från den givna detaljplanens olika beståndsdelar som ingår i planerad utformning av allmän platsmark.



Figur 8: Procentuell fördelning av beståndsdelarnas klimatpåverkan från given detaljplan.

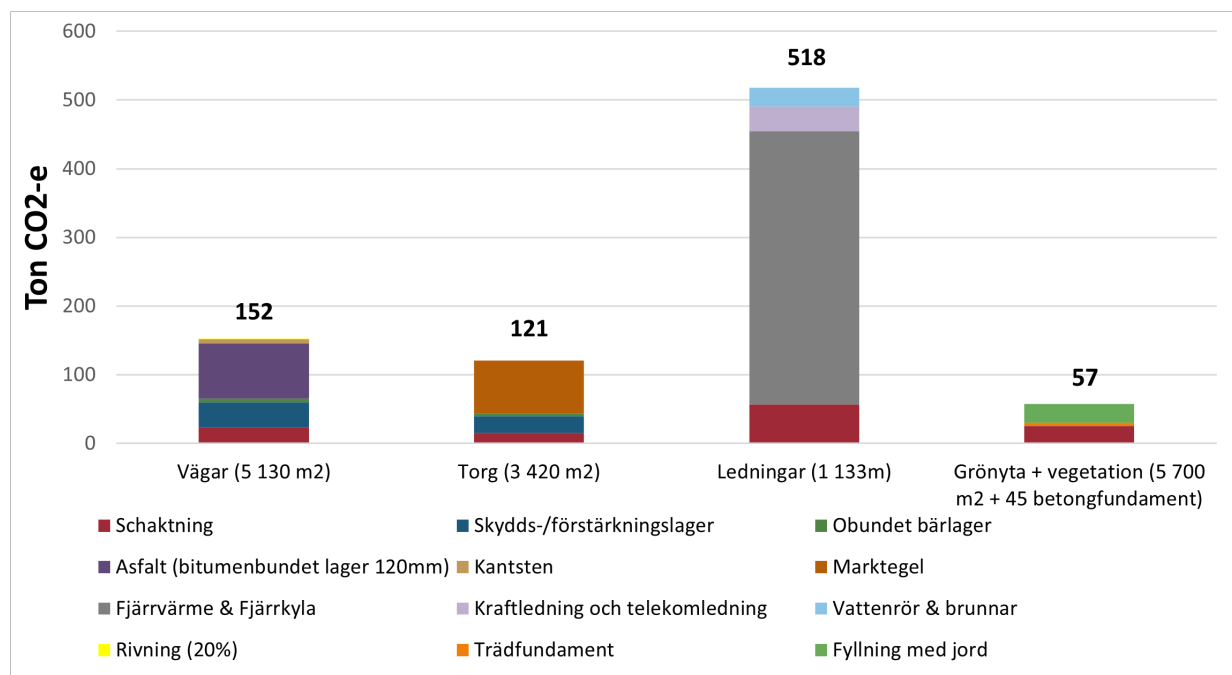
Utöver fjärrvärme som delades upp i de tre huvudsakliga ingående materialen i figur 7 och 8, ingår även andra byggdelar som består av flera olika sorters material. Vidare sker också en resursförbrukning vid exempelvis framställningen, transporten eller implementeringen av en byggdel, resurser som diesel och el. I figur 9 ses resultatet från given detaljplan uppdelat i material- och resurstyp. På samma sätt som i figur 7 och 8 så har resultatet som redovisas i figur 9 inte tagit hänsyn till beräknade livslängder för de olika beståndsdelarna, utan visar klimatpåverkan vid implementeringen av planerad utformning, oavsett livslängd.



Figur 9: Klimatpåverkan från den givna detaljplanen uppdelat i material- och resursanvändning.

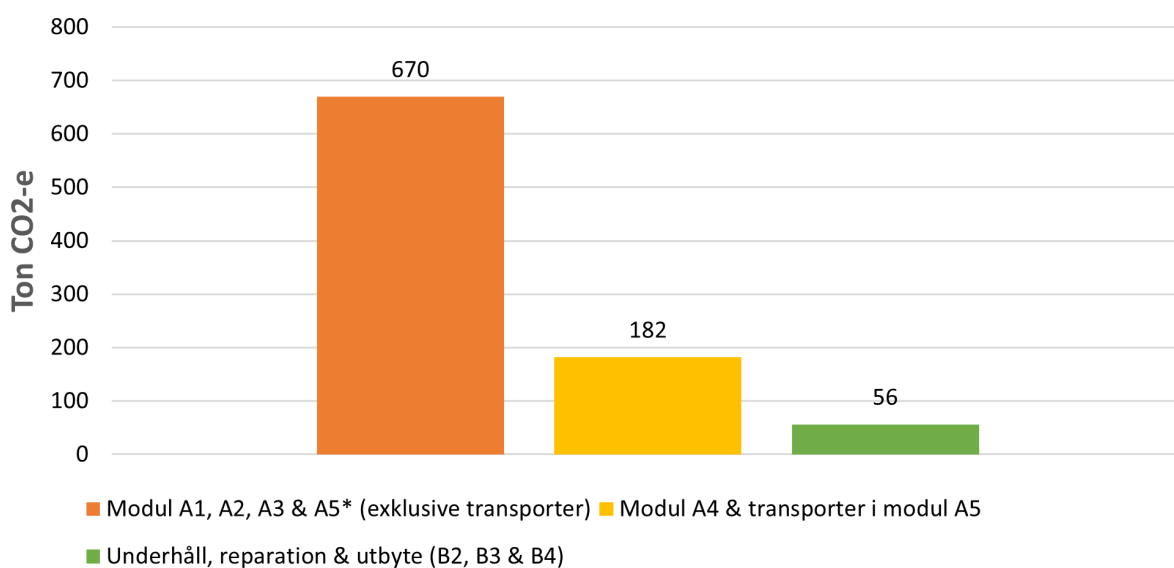
Uppdelning genom resurs- och materialanvändning (figur 9) visar att "Stål, generellt värde" bidrar

till störst andel klimatbelastning. Därefter följer ”Diesel (MK 1)”, ”Marktegel” och ”Asfalt, 6,5% bitumen”. Stål finns även med som ”Stål, armeringsstänger” som har en klimatpåverkan på cirka 0,2 ton CO₂-e. Eftersom många beståndsdelar i praktiken inte implementeras enskilt, har kategorier av utformningens olika byggdelar skapats. Resultatet för de olika kategoriernas klimatpåverkan ses i figur 10, där resultatet som presenteras visar klimatpåverkan vid implementeringen av beståndsdelarna, och därmed har inte hänsyn till beräknade livslängder tagits.



Figur 10: Klimatpåverkan från de olika delarna i den givna detaljplanen.

För att få en mer detaljerad bild över hur de olika livscykelstadiernas bidrag till den totala klimatpåverkan ser ut, kan transportavstånd i klimatkalkylen ändras. Dessa transporter representerar modul A4 (se tabell 5), det vill säga transporter till byggarbetsplatsen. Eftersom vissa ingående moment i klimatkalkylen berör redan befintligt material på byggarbetsplatsen som istället ska transporteras bort, exempelvis schaktning av massor, tillhör dessa modul A5 (Konstruktions- och installationsprocess). Men dessa transportsträckor ändras också, för att kunna urskilja hur stor andel just transporter utgör av den totala klimatpåverkan. I Trafikverkets Klimatkalkyl 7.0 ges dock inte möjlighet att ändra transportavstånd i modul A2. När alla möjliga transportavstånd i klimatkalkylen sätts till noll, kommer resterande klimatpåverkan att vara representativt för modul A1-A4 samt allt inom modul A5 förutom borttransport av massor, se figur 11. Resultatet som redovisas av vänster stolpe och mittenstolpen över klimatpåverkan har inte tagit i beaktning de olika livslängderna som beståndsdelarna förväntas ha, utan visar klimatpåverkan från implementeringen av beståndsdelarna oavsett livslängd.

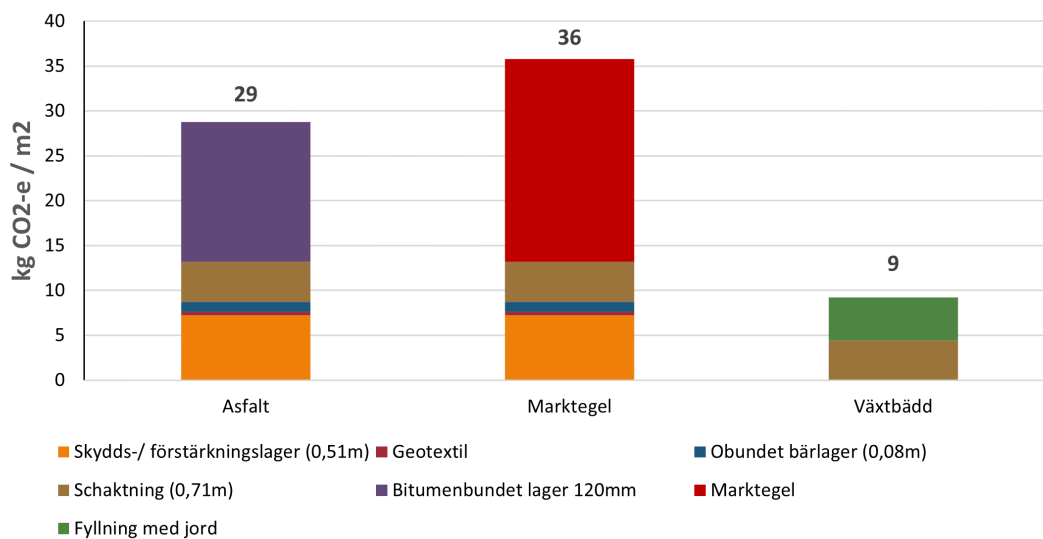


Figur 11: Klimatpåverkan från given detaljplan. Vänster stolpe är summan av klimatpåverkan från modul A1, A2, A3 samt A5* (konstruktionsprocessen men exklusive transporter som ingår vid konstruktionen). Mittenstolpe är summan av klimatpåverkan från modul A4 samt transporter som ingår i A5. Höger stolpe är klimatpåverkan från modul B2, B3 och B4 för en asfalterad tvåfältsväg över en 40-års period.

Vänster orange stolpe i figur 11 är summan av klimatpåverkan från modul A1 (råmaterialutvinning), A2 (transport till tillverkningsanläggning), A3 (tillverkning) samt A5* (konstruktionsprocessen med exklusive transporter som ingår vid konstruktionen). Den gula stolpen i mitten är summan av klimatpåverkan från modul A4 (transport till byggarbetsplatsen) samt transporter som ingår i A5 (konstruktionsprocessen). Grön stolpe till höger är klimatpåverkan från modul B2 (underhåll), B3 (reparation) och B4 (utbyte) för en asfalterad tvåfältsväg över en 40-års period.

5.1.1 Jämförelse av markbeläggning

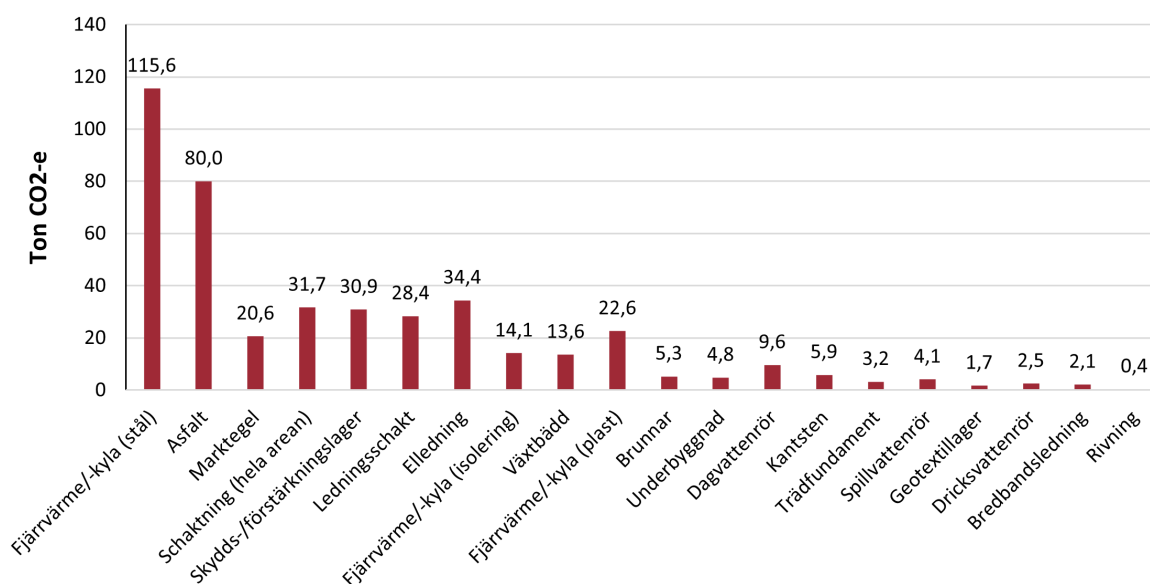
I given detaljplan ingår tre olika typer av markyta; hårdbelagd yta med antingen asfalt eller marktegel, och gröna ytor i form av växtbäddar. För att undersöka vilken klimatpåverkan de olika marktyperna bidrar med, har de olika ingående arbetsmomenten och materiallagren som ingår i de olika marktyperna summerats. Hänsyn till livslängd har inte tagits med i beräkningarna, utan resultatet redovisar vilken klimatpåverkan som fås vid implementeringen av de olika markbeläggningarna, oavsett livslängd. Resultatet per kvadratmeter ses i figur 12.



Figur 12: Klimatpåverkan från olika typer av markbeläggning per kvadratmeter.

5.1.2 Fördelade resultat över en 40-årsperiod

Resultatet för fördelade värden av klimatpåverkan för de ingående beståndsdelarna över en 40-årsperiod illustreras i figur 13. Detta resultat ska nogra skiljas åt från ovanstående resultat som presenterats (figur 7, 8, 9, 11 och 12) som inte har tagit hänsyn till beräknade livslängder för de olika beståndsdelarna. Den totala klimatpåverkan med detta beräkningssätt uppgick till 432 ton CO₂-e. Tillsammans med drift och underhåll av asfalt, som beräknades till 56 ton CO₂-e (se figur 11), blir klimatpåverkan fördelat över en 40-årsperiod, inklusive drift och underhåll av asfalt, 488 ton CO₂-e.



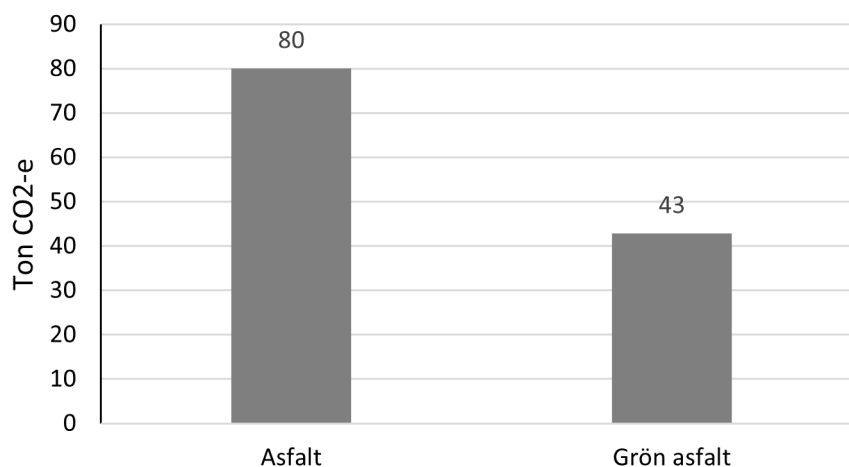
Figur 13: Klimatpåverkan från de olika beståndsdelarna och arbetsmoment fördelade över en 40-årsperiod.

5.2 Alternativa utformningar för minskad klimatpåverkan från allmän platsmark

I detta avsnitt presenteras tre olika alternativa utformningar som ansågs möjliga att tillämpa på den givna detaljplanen, och som resulterar i en minskad klimatpåverkan. Utifrån figur 11 ses att modulerna A1, A2, A3 och A5* (exklusive transporter som ingår i konstruktionsprocessen) bidrar med störst klimatpåverkan i den givna detaljplanen. Detta representerar materialproduktionen och byggskedet för utformningen. Som nämnt i avsnitt 5.1 ingår vissa beståndsdelar i ett större system som sträcker sig utanför planområdet. Dessa är fjärrvärme och fjärrkyla, vattenledningar och brunnar samt el- och telekablar. Alternativa utformningsalternativ kommer ej att undersökas för dessa beståndsdelar. Resultaten som presenteras i figur 14, 15 och 16 har inte tagit hänsyn till beräknade livslängder för de olika beståndsdelarna.

5.2.1 Alternativ utformning 1: Grön Asfalt

Av de beståndsdelar som inom planområdets gränser går att styra över är asfalt den del som har störst klimatbelastning, med 80 ton CO₂-e för 5 130 m² och 9,4 % av den totala klimatpåverkan (se figur 7 och figur 8). Alternativ utformning för asfalt finns i form av så kallad *grön asfalt*. Data från denna typ av asfalt har tagits från EPD⁵. I figur 14 ses den klimatpåverkan som beläggning med traditionell asfalt skulle medföra, samt klimatpåverkan om grön asfalt istället användes för samma yta (5 130 m²). Resultatet visar att om asfaltsbeläggning byts ut till grön asfalt kan klimatbelastningen från denna beståndsdel halveras.



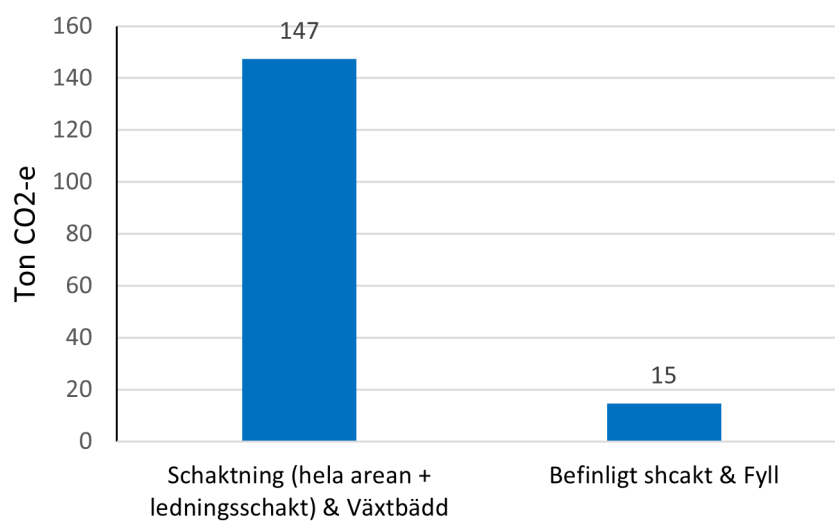
Figur 14: Jämförelse av klimatpåverkan från asfalt och så kallad grön asfalt på 5 130 m².

5.2.2 Alternativ utformning 2: Befintliga schakt- och fyllnadsmassor

I figur 9 ses att efter stål (som till stor del associeras med fjärrvärme) är diesel den resurs som ger upphov till störst klimatpåverkan. Samtliga transporttyper som ingår i byggdelarnas resursschabloner, förutom järnväg, använder diesel (MK 1) som drivmedel. För att kunna minska

⁵EPD Grön asfalt: <https://www.skanska.se/49d982/siteassets/vart-erbjudande/produkter-och-tjanster/asfalt/gron-asfalt-kampanj/epd-environmental-product-declaration-gron-asfalt-biozero-pdf-.pdf>

den totala klimatpåverkan, kan åtgärder rörande transporter vara aktuellt. I given detaljplan har antagandet gjorts att de schaktmassor som uppstår i och med utformningen kommer att transporteras bort. Detta gäller både för den schaktning som ska ske över hela området (10 188 m³) och för den så kallade ledningsschakten (9 064 m³), se tabell 7. Sträckan för borttransport har satts till 30 km. På liknande sätt antas det fyllnadsmaterial som används till växtbäddar att ha transporterats 30 km till byggplatsen. Om massorna från schaktningen istället återanvänds på plats kan båda transporterarna sättas till noll. Detta minskar även behovet av råmaterial för områdets utformning. Schaktmassor som uppkommer under byggnationsprocessen kan antas gå till fyllnadsmaterial till det ledningsschakt som grävs och till växtbäddar. Schaktmassor kan även användas till underbyggnad i vägkonstruktionen samt för korrigering av områdets höjdsättning ⁶. Resultatet för denna åtgärd ses i figur 15, och visar att denna åtgärd kan minska klimatbelastningen från detta arbetsmoment till en tiondel, från 147 till 15 ton CO₂-e.



Figur 15: Jämförelse av klimatpåverkan från schaktmassor (och fyllnadsmaterial) när dessa transporteras 30 km bort från byggplatsen (30 km till byggplatsen), och när transportsträckan för dessa arbetsmoment sätts till noll.

I resultatet av beräkningarna som ses i figur 15 har antagandet gjorts att alla schaktmassor från området går att återanvända utan bearbetning i anläggningsområdet, det vill säga att inga förorenade massor har schaktats. Samma mängd schakt som uppkommit från den ledningsschakt som grävts (9 064 m³), antas användas som fyllnadsmaterial till ledningsschakten för att täcka ledningar.

I tabell 7 ses att de beräknade massorna för schaktning av hela området (10 188 m³) överskrider de beräknade mängder jord som ska användas som fyllnadsmaterial för växtbäddar (4 047 m³). Huruvida växtbäddar kräver ytterligare schaktdjup (utöver 0,71 m) framgår ej i det underlag som tillhandahållits. Detta utgör en viss osäkerhet i resultatet. Om schaktade massor även används i underbyggnaden för områdets hårdbelagda ytor, närmare bestämt för förstärkningslager och obundet bärlager (se tabell 4), används ytterligare schaktmassor, närmare bestämt 5 045 m³.

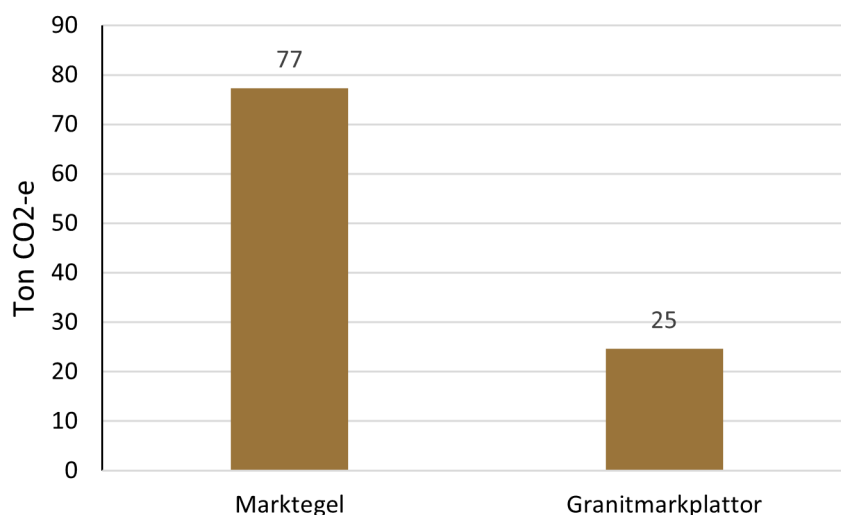
Massor av schaktning av hela området (10 188 m³) överskrider dock de beräknade mängder

⁶Erik Johannes, Tyréns, personlig kommunikation 2023-03-14

massor som kan användas till växtbäddar (4 047 m³) samt till väguppbyggnad (5 045 m³). Återstående mängd (1 096 m³) antas därför användas för utjämning av ytan samt korrigerig av höjdsättningen.

5.2.3 Alternativ utformning 3: Granitmarkplattor

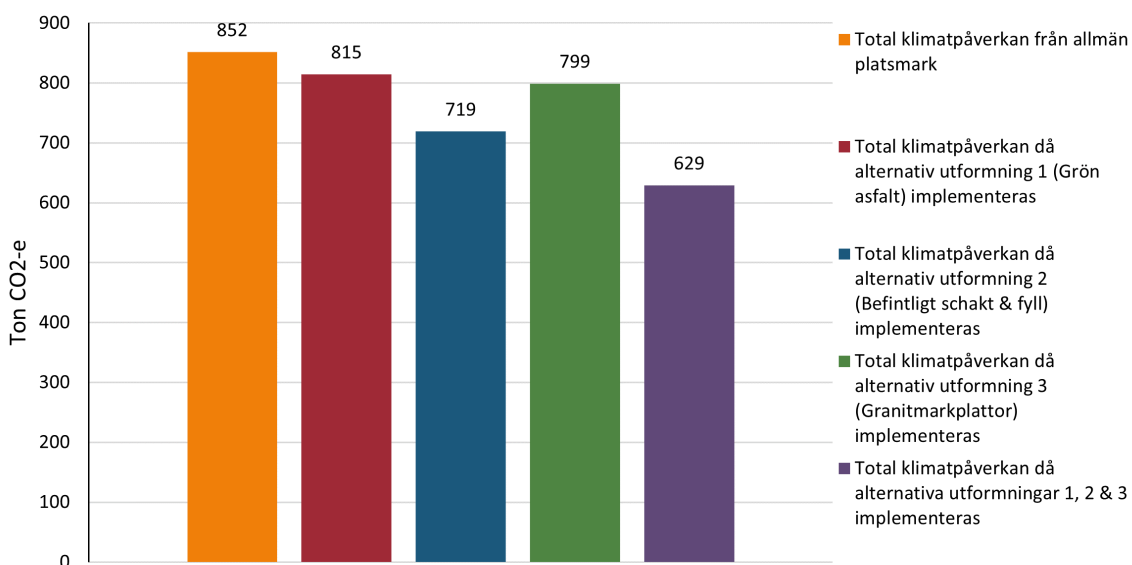
Vid jämförelsen av de olika vägbeläggningarnas klimatpåverkan per kvadratmeter i figur 12, ses att marktegel var den typ av markbeläggning som resulterade i störst klimatpåverkan per kvadratmeter. För att minska den allmänna platsmarkens totala klimatpåverkan kan alternativ utformning utgöras av en annan typ av hårdgjord yta. I avsnitt 3.7, där ett urval av tidigare studier kring ämnet presenterades, hade markblock av granit utgjort ett alternativ av hårdbelagd yta. Utformningsalternativ 3 är således att samma yta som i den givna detaljplanen planeras utgöras av marktegel (3 420 m²) istället beläggs med granitmarkplattor. Resultatet kan ses i figur 16, och visar att om granitmarkplattor istället används som beläggning blir klimatbelastningen en tredjedel än om marktegel används (jämför 77 ton CO₂-e och 25 ton CO₂-e). Detta med antagandet att alla typer av hårda markbeläggningar har samma underliggande lager av geotextil, obundet bärlager samt skydds-/ förstärkningslager.



Figur 16: Jämförelse av klimatpåverkan från marktegel och granitmarkplattor på 3 420 m².

5.2.4 Jämförelse av den givna detaljplanen och alternativa utformningar

För att få en uppfattning om hur de olika alternativa utformningarna påverkar den totala klimatpåverkan från givna detaljplan, visas en jämförelse i figur 17. Den totala klimatpåverkan som fås om alternativ 1, 2 respektive 3 implementeras, samt om alla tre alternativ används i utformningen.



Figur 17: Total klimatpåverkan från given detaljplan när respektive alternativa utformning implementeras. Total klimatpåverkan när alla tre alternativa utformningar implementeras ses också i figuren, och representeras av stapeln längst till höger.

5.3 Icke-tekniska åtgärder och tillvägagångssätt för minskad klimatpåverkan vid planläggning av allmän platsmark

I detta avsnitt presenteras de icke-tekniska åtgärder som identifierats kunna bidra till minskad klimatpåverkan från utformningen av allmän platsmark. Dessa åtgärder förknippas framförallt med kommuners planläggningsarbete, och med vilka metoder och synsätt som kan resultera i direkt och indirekt minskade utsläpp av växthusgaser.

5.3.1 Ökad integrering av klimataspekten i miljöbedömningar

För att kartlägga klimatpåverkan har Naturvårdsverket (2022d) ett antal utgångspunkter som kan bistå i den strategiska miljöbedömningen. Exempelvis kan en plan eller ett program leda till

”Förändrad växthusgasutsläpp på grund av ökad eller minskad energianvändning vid till exempel materialproduktion och transporter, både inför och under ett byggskede och när till exempel en verksamhet är i drift” (Naturvårdsverket 2022d)

men även

”Förlust eller skapande av miljöer som bidrar till kolsänka, exempelvis om skogsmark bebyggs eller om en våtmark restaureras” (Naturvårdsverket 2022d)

Att notera är dock att klimataspekten endast behöver kartläggas om denna aspekt har bedömts potentiellt kunna orsaka betydande miljöpåverkan. Miljöbedömningar för planer och program behöver således inte innehålla samtliga miljöaspekter, se avsnitt 3.2.4.

Rapporten *Guidance on Integrating Climate Change and Biodiversity into Strategic Environmental Assessment* (2013) från Europeiska Kommissionen är tänkt att stödja integreringen av klimataspekten (och biologisk mångfald) i strategiska miljöbedömningar för medlemsländerna. Just dessa två miljöaspekter, klimat och biologisk mångfald, har enligt Naturvårdsverket (2019) starka kopplingar och vars effekter påverkar varandra i hög grad. Guiden från Europeiska Kommissionen (2013) lyfter flera tillvägagångssätt för att i större utsträckning ta hänsyn till dessa två miljöaspekter och dess effekter, exempelvis

- Att tidigt i planprocessen inkludera aspekterna och att under arbetets gång följa upp och uppdatera statusen av dessa miljöaspekter, samt att inkludera alla parter och beslutsfattare vid miljöutredningar.
- Anpassa hur dessa aspekter implementeras i en miljöbedömning efter det enskilda fallets förutsättningar.
- Att kartlägga långsiktiga och kumulativa effekter av planen eller programmet, eftersom dessa två aspekter är starkt sammanflätade.

Den skotska regeringen presenterade 2010 en vägledning för att stödja arbetet kring klimataspekten i strategisk miljöbedömning (*Strategic Environmental Assessment*) vid planeringsarbetet (Environmental Assessment Team 2010). Bland annat råder vägledningen

- Att miljöbedömningen innehåller specifika målsättningar och policies, och undvika mer generella och övergripande ambitioner. Exempelvis bör ”minskning av utsläpp av växthusgaser” omformuleras till ”reducering av växthusgaser från Sektor X med Y % inom Z år”.
- Att indikatorer används för att utvärdera och konkretisera klimataspekten, exempelvis ”*Omfattning och egenskaper hos ekologiska nätverk som bidrar till anpassning*”, ”*Användning av hållbara material i nya projekt*” och ”*Antal eller % fastigheter med risk för översvämning i området*”.

IVL (2022) presenterar ett flertal råd och rekommendationer för att hantera kumulativa klimateffekter i miljöbedömningar:

- Scenarioanalyser är ett lämpligt verktyg för att hantera de osäkerheter som klimatförändringar innebär, där både extrema fall och mer moderata scenarier tillsammans kan skapa en helhetsbild och ta fasta på osäkerheterna.
- Sannolikheten av olika förändringar bör tas i beaktning, och vad som är realistiska konsekvenser av dessa förändringar.
- Klimateffekter ska inte behandlas som en separat miljöaspekt i bedömningen, utan istället som en ingående del i de andra miljöaspekterna, eftersom effekterna av ett förändrat klimat i hög grad påverkar de flesta andra miljökategorierna.

5.3.2 Egenskapsbestämmelser för allmän platsmark

På deras hemsida skriver Boverket (2021a) att kommuner kan med hjälp av egenskapsbestämmelser bestämma utformningen av den allmänna platsmarken. Jämfört med kvartersmark har kommuner större rådighet över allmän platsmark, men kan med bestämmelser över utformningen av allmän platsmark bestämma utformningen ännu mer detaljerat (ibid.). Kommunen har möjlighet att exempelvis reglera växtlighet i området, om ny vegetation ska planteras eller att befintlig vegetation ska bevaras och skyddas. Även åtgärder som kan kopplas till klimatanpassning kan styrkas med bestämmelser, såsom erosionsskydd och skydd mot extrema vattenflöden.

5.3.3 Övriga råd och lärdomar för kommuners arbete att minska klimatpåverkan inom ramen för detaljplanering

Boverkets rapport ”Verktyg för minskad klimatpåverkan vid planläggning” (2021g) lyfter möjligheter som utifrån en detaljplans rådighet kan minska klimatpåverkan. Exempelvis genom

- hur bebyggelse lokaliseras och gestaltas, vilket kan exempelvis göra det fördelaktigt för solceller på bebyggelse,
- exploateringsgraden, där bland annat bebyggelsehöjd och antalet parkeringsplatser kan bestämmas vilket kan både direkt och indirekt komma att minska kommunens klimatpåverkan.

Boverkets vägledning ”Minskad Klimatpåverkan i detaljplanering” (2018b) tar upp tre perspektiv som kommuner kan använda för att utveckla arbetet kring detaljplaners klimatpåverkan:

1. Bebyggelsens lokalisering kan utnyttjas för att främja hållbara transportval. Detta anses också vara den största möjligheten i detaljplaneprocessen att minska klimatpåverkan (och kan med fördel redan utnyttjas under översiktsplaneringen). Exempelvis genom att anlägga attraktiva och lättillgängliga gång- och cykelbanor samt kollektivtrafikförbindelser. I en detaljplan kan detta gestaltas med genomtänkta och trygga busshållplatser och cykelparkeringar.
2. Kommuners möjlighet att bevara och utnyttja befintliga bebyggelser samt anpassa nya anläggningar efter områdets landskap. Detta får bland annat följderna av att nytt byggmaterial inte måste produceras, samt att CO₂ lagrad i äldre byggnader inte släpps ut.
3. Driftskedets klimatpåverkan av byggnader, även om denna del ofta anses vara en begränsad del, har potential att minskas. Exempelvis genom att system för att ta tillvara på spillvärme anordnas, att energibehov tillgodoses med el från lokal produktion, och att de transportersträckor som är oundvikliga (för bland annat sophantering) koordineras och effektiviseras.

6 Diskussion

6.1 Osäkerheter i klimatkalkylen

En andel av de beståndsdelar som använts i klimatkalkylen utgjordes av data från schabloner där dataluckor angavs, exempelvis ”Kabel, telekom (7.4)” (se figur A.1 i Appendix). När dessa dataluckor finns uteblir en viss andel av beståndsdelens/arbetsmomentets totala klimatpåverkan, varpå den resulterade siffran av CO₂-e som anges kan antas vara lägre än det verkliga utsläppet från hela livscykel.

För att kunna inkludera alla byggdelar i Trafikverkets klimatkalkyl har flera antaganden och förenklingar gjorts, exempelvis när byggdelen inte fanns med i klimatkalkylens katalog. Bland annat var ledningar för fjärrvärme och fjärrkyla tvunget att läggas in som tre separata byggdelar (stål, isolering och plast), eftersom ledningar med dessa tre ”lager” inte fanns. Schablonerna för dessa tre byggdelar innehöll även olika transportsträckor och transporttyper, vilket kan utgöra en felkälla. Å ena sidan är det möjligt att de olika materialen (stål, isolering och plast) har transporterats olika sträckor till fabrik (modul A2) för tillverkning av fjärrvärmeledningar. Men å andra sidan bör transportsträckan från fabrik till byggarbetsplatsen (modul A4) för de olika ingående materialen vara densamma. Antaganden har även gjorts kring uppbyggnaden av ledningar för fjärrvärme och fjärrkyla, bland annat tjocklek av de olika materialen i rören, där ekvationer har använts för omvandlingar (se avsnitt A.2.1). Dessa antaganden och omvandlingar kan också utgöra en potentiell felkälla.

På liknande sätt som ledningar för fjärrvärme och fjärrkyla har även omvandlingar gjorts för vattenledningar. Utifrån underlag ska olika dimensioner av HDPE-rör användas för dricksvatten, spillvatten samt dagvatten. Men eftersom dessa olika typer av rör inte fanns i klimatkalkylens katalog har omvandlingar gjorts för att mängden plast som behövs för rören, oavsett dimension, ska bli densamma. Utöver ledningar är det också troligt att ytterligare beståndsdelar, exempelvis rörfogar, krävs för att kunna tillgodose områdets VA-behov.

Gällande alternativ utformning 2 (användning av befintliga schakt- och fyllnadsmassor), se avsnitt 5.2.2, har antagandet gjorts att samtliga mängder schaktmassor består av icke-förorenade material som utan bearbetning går att återanvända på plats. Dessa massor kan dels användas för att korrigera höjdsättningen i området, men en andel antas även kunna utgöra fyllnadsmaterial för de planerade växtbäddarna. Lagstiftningen gällande återanvändning av schaktade massor genomgår just nu förändringar för att enklare kunna appliceras i praktiken och främja resurseffektiv masshantering (Cullhed et al. 2022). Nuvarande lagstiftning bidrar till att återanvändning av massor inte prioriteras, vilket kan försvåra denna åtgärd. Vidare ska även massornas kvalitet tas i beaktning, och ifall de kan anses lämpliga som fyllnadsmaterial när olika växter ska planteras och bestå i området över en längre tid.

6.2 Positiv klimatpåverkan

En aspekt som inte inkluderats i beräkningar är så kallad positiv klimatpåverkan, det vill säga upptag av CO₂, som utformning av allmän platsmark kan bidra med. För den studerade detaljplanen är en andel av ytan tänkt att utgöras av växtbäddar (även om mer detaljerat underlag för detta

saknas) och ett flertalet träd är planerade att planteras i området. Dessa inslag i utformningen kan direkt och indirekt leda till att CO₂ tas upp från atmosfären. Förutom att växter kan ta upp och lagra kol i biomassa, kan till exempel användningen av energi för luftkonditionering minska när vegetation skapar skydd mot direkt solstrålning.

Hårdbelagda ytor av markplattor, exempelvis av granitsten och marktegel, kan till viss grad återanvändas efter en viss tidsperiod. Till detta kan dock bearbetningsprocesser tillkomma för att möjliggöra återanvändning, exempelvis i fallet för marktegel där materialet demonteras och krossas. Detta kan direkt leda till miljöbesparingar när jungfruligt material inte krävs, men där resurser såsom energi krävs vid krossning.

6.3 Utmaningar och begränsningar i kommuners planlägningsarbete för minskad klimatpåverkan

I Naturvårdsverkets rapport ”Klimataspekten i miljöbedömningar enligt 6 kap. miljöbalken” (2019) diskuteras de utmaningar och möjligheter gällande att klimataspekten i högre grad inkluderas i miljöbedömningar. I rapporten lyfts att till skillnad från många andra miljöaspekter som ska utvärderas i en miljöbedömning, är klimataspekten en mer diffus och abstrakt del. Idag finns inga riktlinjer för vilket framtida klimatscenario som en miljöbedömning ska utgå ifrån, utan ska väljas utifrån de enskilda fallen. Osäkerheterna i hur ett framtida klimat kan se ut växer också ju större tidsperspektiv som beaktas (ibid.). Rapporten nämner även hur det saknas praxis för hur klimatpåverkan (och klimatanpassning) i miljöbedömningar ska bedömas, med undantag för frågor gällande dagvattenhantering.

EU-direktivet 2001/41/EG om bedömning av vissa planers och programs miljöpåverkan (2001) redogör för vilka mål medlemsländerna ska uppnå, men hur dessa mål ska uppnås är inte specificerat (Naturvårdsverket 2022d). Både guiden från Europeiska Kommissionen (2013) och Naturvårdsverkets rapport (2019) nämner att klimataspekten medför komplexitet till bedömningen. Exempelvis genom att åtgärder som tas för att klimatanpassa en plan bidrar med ökade växthusgasutsläpp, och därmed ökad klimatbelastning. Eller tvärtom att de åtgärder som utförs och minskar klimatbelastning från planen, också leder till att planen är sämre anpassad inför ett förändrat klimat. Denna komplexitet kan försvåra planeringsarbetet för kommuner när prioriteringar behöver göras.

I en rapport från IVL kallad ”Miljöbedömningar av kumulativa effekter i infrastrukturprojekt” (2022) lyfter författarna vikten av att inkludera kumulativa effekter i miljöbedömningar, bland annat från klimatförändringar. Rapporten nämner hur dagens miljöbedömningar av infrastrukturprojekt, men även andra typer av miljöbedömningar, utelämnar effekter från ett förändrat klimat. Detta bedöms bero på en brist av klimatdata samt kunskap om hur en riskbedömning kring klimatförändringar ska hanteras. Enligt författarna är en av de stora svårigheterna med bedömning av klimatförändringar att denna aspekt också har sådan stor påverkan på andra miljöaspekter. Klimataspekten blir därmed en genomsyrande och viktig del när kumulativa effekter ska kartläggas i en miljöbedömning, men som försvårar miljöbedömningar av planer och program.

Rapporten ”Verktyg för minskad klimatpåverkan vid planläggning” (2021g) av Boverket är ett första förslag för hur ett sådant verktyg skulle kunna vara uppbyggt och vilken data som krävs.

Rapporten är framtagen på uppdrag av regeringen och har insamlat åsikter och synpunkter från en rad olika berörda myndigheter, regioner och kommuner. Utifrån PBL har möjligheter och hinder för minskad klimatpåverkan kartlagts för tre typer av planer; regionplaner, översiktsplaner samt detaljplaner. I rapporten beskrivs hur detaljplanen som instrument har en begränsad möjlighet att minska kommunens klimatpåverkan, bland annat eftersom detaljplaner ska utgå från de bestämmelser och förutsättningar som översiktsplanen redogör för. PBL som lagtext utgår från markexploatering, och kommuner kan därför inte styra i högre utsträckning än vad som är nödvändigt för verkställandet av planen. Detta bedöms också utgöra ett hinder i kommuners planeringsarbete för att minska klimatpåverkan från fysisk planering.

I en artikel av Trygg och Wenander (2022) undersöks hur institutionella förhållanden påverkar planarbetet i Sveriges kommuner. Även fast planläggare har motivationen att nå hållbarhetsmålen, saknas kunskap för att kunna applicera dessa mål i planlägningsarbetet. Artikeln lyfter hur ett ökat fokus på miljön har bedrivits de senaste åren inom planlägningsarbetet, men att samarbetet med beslutsfattande politiker måste förbättras. Artikeln drar slutsatsen att de verktyg som finns tillgängliga för kommuners planarbetare inte är tillräckliga för att kunna nå hållbarhetsmål, samt att stärkt politisk genomslagskraft och vägledning vid prioriteringsval krävs för att kunna förverkliga hållbar utveckling.

De metoder, synsätt, råd osv. som tas upp i avsnitt 5.3.1 bygger alla på att en miljöbedömning också genomförs. Men när en plan eller ett program inte kan antas medföra en betydande miljöpåverkan, som är fallet för den fallstudie som använts i rapporten, krävs inte heller någon strategisk miljöbedömning. Detta utesluter dock inte att kommunen på eget initiativ utför någon typ av miljöbedömning av planen, eller på annat sätt använder sig av de råd och rekommendationer i någon grad i sitt planarbete. I de efterföljande två avsnitten 5.3.2 samt 5.3.3 finns tillvägagångssätt och perspektiv som kan integrera klimataspekten i detaljplaneringen, såväl klimatpåverkan som klimatanpassning, oavsett om planen kan antas medföra betydande miljöpåverkan eller ej. En strategisk miljöbedömning förutsätter en betydande miljöpåverkan, varpå integreringen av miljöaspekter får mer juridiskt stöd. Men dessa miljöbedömningar kan även antas kräva tid och resurser, varpå effektiviteten av dessa bedömningar kan bli ett motargument till att alla planer och program borde genomgå en strategisk miljöbedömning.

Utifrån ovan nämnda studier och rapport framkommer att det kommunala planeringsarbetet som genomförs är en komplicerad process där en rad olika intressen och aspekter ska vägas samman. När också klimataspekten ska inkluderas i denna process, som i sig ställer höga kunskapskrav för att kunna konkretiseras, försvåras arbetet ytterligare för hållbar fysisk planering. Trots att hållbarhetsaspekten får alltmer utrymme i offentliga debatter och politik, så blir risken större att denna agenda inte prioriteras när planeringen blir alltmer detaljerad. Integreringen av klimataspekten har bedömts som bristande, men mycket av den vägledning som identifierats finns tillgänglig för kommuner har upplevts som otydlig och vag. För att kunna minska klimatpåverkan från fysisk planering i Sverige, kan vägledningar och riktlinjer behöva preciseras och styrkas. Även lagtexter som ska tillämpas vid fysisk planering, som PBL och MB, och som sätter gränser för vilka möjligheter som kommuner har vid planarbetet, kan behöva preciseras och styrkas.

I och med att allt fler människor väljer att bo i städer, kommer ytorna som utgörs av allmän platsmark inte att minska. Behovet av de beståndsdelar som ingick i denna studie, bland annat

hårdbelagd yta och ledningar för fjärrvärme samt fjärrkyla, kommer därför inte att minska. Vilken miljöpåverkan dessa beståndsdelar leder till, där klimatpåverkan utgör en miljöaspekt, är därför viktigt att kartlägga och ta i beaktning under planeringsprocessen. Beståndsdelarnas miljöpåverkan bör vidare även vägas mot den miljönytta som de kan medföra. Ledningar för fjärrvärme och fjärrkyla kan bidra med resurseffektiv el- och värmeanvändning. Hårdbelagda ytor på välplanerade gång- och cykelbanor kan främja hållbara resor och transporter.

6.4 Jämförelse med tidigare studier

När liknande studier eftersöktes för att kunna få förståelse för det nuvarande forskningsläget märktes snabbt att många studier hade undersökt olika sorters asfalt. Detta nämner även Inyim et al. (2016), samt hur många LCA-studier jämför hårdbelagda ytor av asfalt och betong men att ingen tydlig konsensus finns över vilken som är att föredra ut ett miljöperspektiv. Mendoza et al. (2012) nämner i en rapport att trots att natursten används till hårdbelagda ytor, finns begränsad information kring dess miljöpåverkan. Vidare betonar rapporten även att gemensamma utrymmen i städer sällan blir föremål för undersökningar och analyser gällande dess miljöpåverkan.

Av den information som hittades sågs att betong var en beståndsdel i hårdbelagda ytor som bidrog till stor klimatpåverkan. Framförallt den cement som ofta används som bindemedel i betong kunde utgöra en stor andel av betongens totala klimatbelastning, och att utfasningen av cementanvändningen begränsades främst av krav på hållfasthet. Vid jämförelse av betongmarkplattor och granitmarkplattor i en studie av Mendoza et al (2012), visade dock resultatet att granitmarkplattor hade en högre klimatpåverkan per kvadratmeter än betongmarkplattor. Men de olika typerna av plattor hade inte samma tjocklek. För granit var plattorna 7 cm tjocka, medan för betongplattor var de 4 cm. I figur 12 ses den resulterade klimatpåverkan från olika typer av beläggningar, uttryckt i per kvadratmeter. I denna LCA-studie antogs andra tjocklekar för granitmarkplattor (4 cm) och betongmarkplattor (5 cm). Resultatet i denna studie visade sig skilja från andra studier, eftersom betongmarkplattor bidrog till en större klimatbelastning än granitmarkplattor. Även fast tjockleken på de olika typerna av markplattor skiljde sig åt med 1 cm, bidrog betongmarkplattorna i sig med cirka dubbel så stor klimatpåverkan som granitmarkplattorna (se Appendix figur A6 för detaljerad data). En förklaring till varför denna studies resultat skiljer sig från tidigare LCA-studier, skulle kunna vara den energikälla som används vid framställning av markplattor av granit. Produktionen av granitmarkplattor kräver stora mängder energi, med när energikällan är till stor del fossilfri, leder detta till en betydande minskning av klimatpåverkan från framställningen.

Till skillnad från studien av Marcelino-Sadaba et al. (2017) resulterade denna LCA i att marktegel gav upphov till en större klimatpåverkan per kvadratmeter än beläggning av betong, se figur 12. Av de lerbaserade produkterna som undersöktes av Marcelino-Sadaba et al. (2017), innehöll två typer en viss mängd cement som bindemedel, och hade följaktligen högre klimatpåverkan än de med ett alternativt bindemedel. Detta stämmer överens med tidigare argument om att beståndsdelan cement kan bidra till en stor klimatbelastning, oavsett typ av hårdbelagd yta.

Materialproduktionen och konstruktionen (modul A1, A2, A3 och A5) av allmän platsmark sågs utgöra den största andelen av utformningens totala klimatpåverkan, se figur 11. Detta stämmer överens med tidigare studier av Liu et al. (2022) och Mendoza et al. (2012). Trafikverkets klimat-kalkyl är dock begränsad som LCA-verktyg, eftersom de olika modulerna i materialproduktionen

inte går att redovisas separat. Mer detaljerad information kring hur de olika stadierna A1, A2, A3 och A5 individuellt bidrar till utsläpp av klimatpåverkan är önskvärd.

De markarbeten som har ingått i denna LCA är schaktning av marken. Men eftersom underlag från den givna detaljplanen beskriver hur området idag till stor del av åkermark, finns även risken att det biogena kol som finns lagrat i vegetationen i området istället frigörs som CO₂. Detta bidrar till ytterligare klimatpåverkan från områdets konstruktion, vars storlek kan vara svår att precisera, men som enligt studier av IVA & Sveriges Byggindustrier (2014) samt Liu et al. (2022) kan vara omfattande.

6.5 Jämförelse av resultat med fördelade resultat över en 40-årsperiod

Vid jämförelse av klimatpåverkan från detaljplanens utformning (figur 7) och resultatet från när klimatpåverkan fördelades över en 40-årsperiod (figur 13), så kan vissa skillnader identifieras. Beståndsdelen "Fjärrvärme/-kyla (stål)" visar ett lägre klimatavtryck efter fördelning, tidigare 346,7 ton CO₂-e har efter fördelning över en 40-årsperiod minskat till 115,6 CO₂-e. Denna minskning beror på att stål antogs ha en livslängd på 120 år, och klimatpåverkan fördelat över en 40-årsperiod blir därför en tredjedel. För de byggdelar som fick samma resultat, exempelvis asfalt (80 ton CO₂-e), har det inneburit att deras beräknade livslängd var satt till 40 år.

De fördelade värdena över klimatpåverkan kan ge en bild över vilken klimatpåverkan som blir för att upprätthålla utformningen. För denna detaljplan blev denna siffra 488 ton CO₂-e för varje 40 år som utformningen ska upprätthållas, inklusive drift och underhåll av asfalt. Detaljerad data över beräkningar ses i figur A7. Detta förutsätter att samtliga beståndsdelar består under sin fulla beräknade livstid, som för exempelvis marktegel innebär 150 år. Sannolikheten i att utformningen som bebyggs idag också förblir densamma under följande 150 år går dock att diskutera. Sett utifrån vilken klimatpåverkan som den initiala bebyggelsen av utformningen bidrar med, ger det icke-fördelade resultatet en mer korrekt representation.

6.6 Fallstudiens representativitet

Utifrån Boverkets information om allmän platsmark, har fallstudien som använts i denna studie bedömts vara representativ. Denna bedömning har gjorts i kommunikation med handledare för detta examensarbete, och som har erfarenhet inom området. En aspekt som skulle kunna utgöra vissa skillnader mellan olika detaljplaner, är detaljplanens geografiska placering. Mer exakt hur de lokala vädermönster påverkar den drift och underhåll som krävs för att upprätthålla den allmänna platsens utformning. I Trafikverkets klimatkalkyl valdes region Syd, eftersom detaljplanen var belägen i Malmö kommun. Drift och underhåll av området, exempelvis snöröjning, kan därför bidra med en annorlunda klimatpåverkan om detaljplanen istället var belägen i en annan del av Sverige.

6.7 Förbättringar och framtida studier

Det beräkningsverktyg som använts i denna studie, Trafikverkets Klimatkalkyl 7.0, redovisar inte resultatet uppdelat i samtliga inkluderade livscykelstadier. Istället redovisades resultatet i tre kategorier, se figur 11. Exempelvis ingick modul A1, A2, A3 och A5* (exklusive transporter

som ingick i konstruktionsprocessen) i samma kategori. Detta förhindrar en mer detaljerad insyn av exakta växthusgasutsläpp från de olika stadierna, och därmed även var fokus bör riktas för att minska de mest bidragande utsläppskällorna.

Antaganden och förenklingar användes för att praktiskt kunna genomföra studien. Bland annat för de rör och ledningar som ingick i underlaget för den givna detaljplanen. Dricksvatten-, spillvatten- och dagvattenrör har alla antagits använda samma typ av ledningsrör där endast dimensionen varierade, se tabell A3 för dimensioner och tabell 7 för benämning i Klimatkalkylen. I verkligheten kan dock dessa rör skilja sig åt mer än i endast vägg tjocklek. Införandet av olika typer av ledningsrör för vatten och avlopp i LCA, tillsammans med tillhörande beståndsdelar som bland annat fogar och skarvar, kan ytterligare precisera den beräknade klimatpåverkan från VA-ledningar.

Ledningar för fjärrvärme och fjärrkyla ingick inte i klimatkalkylens katalog, varför antaganden och beräkningar var tvungna att genomföras för att kunna implementera dessa i LCA-studien. Emissionsfaktorer för de tre beståndsdelarna (stål, isolering och plast) togs från befintliga byggdelar i klimatkalkylens katalog, se tabell 7 för exakta benämningar i klimatkalkylen. De verkliga utsläpp som en sammansatt ledning av de tre beståndsdelarna, jämfört med resultatet från denna studie där de tre materialen i fjärrvärme-/ fjärrkyleledningar beräknades separat, kan därför vara olika och en framtida studie kan med fördel undersöka detta. Eftersom stål resulterade i störst klimatbelastning, se resultatet i figur 7 och 9, kan avvikelser från emissionsfaktorer som används i denna LCA bidra med stor påverkan på den totala klimatpåverkan från utformningen. Likt avgränsningar för VA-ledningar uteblev också tillhörande komponenter till ledningar för fjärrvärme och fjärrkyla. Även detta kan inkluderas för att förbättra kvalitén av denna typ av LCA-studie.

7 Slutsatser

Den totala klimatpåverkan från den givna detaljplanens implementering (när beräknade livslängd för de olika beståndsdelarna inte vägdes in) beräknades till cirka 852 ton CO₂-e. Mer detaljerat blev fördelningen av detta resultat som följer:

- De komponenter med störst bidrag till utformningens totala klimatpåverkan var stål (41 %), asfalt (9 %) och marktegel (9 %).
- Det livscykelstadie med störst klimatpåverkan var materialproduktionen (modul A1-A3) tillsammans med konstruktionsstadiet (modul A5, exklusive eventuella transporter i A5).
- Den material- och resursanvändning som bidrog till störst klimatpåverkan var stål (341 ton CO₂-e), följt av dieselanvändning (204 ton CO₂-e) och marktegel (77 ton CO₂-e).

Drift och underhåll av asfalterad yta beräknades bidra med cirka 1,4 ton CO₂-e per år. När resultatet fördelades över en 40-års period (vilket var den minsta estimerade livstiden för de ingående beståndsdelarna), blev den totala klimatpåverkan från given detaljplan 488 ton CO₂-e.

Kommuner har vid planering och utformning av allmän platsmark flera möjligheter att minska klimatpåverkan. I denna rapport visades resultatet av tre olika typer av alternativa utformningar som ansågs applicerbara på den givna detaljplanen; grön asfalt, granitmarkplattor samt att befintliga schaktmassor återanvändas på plats i anläggningsområdet. Alla tre alternativ visades kunna reducera klimatpåverkan från utformningen.

Lokalisering anses vara det planeringsverktyg som ger kommuner störst möjlighet att minska växthusgasutsläpp, till exempel genom att bebyggelse utformas efter kollektivtrafik samt gång- och cykelbanor. Detta förutsätter dock att mer övergripande planering i kommuner och regioner, exempelvis översiktsplaner, ger goda förhållanden för att i detaljplaner verkställa lokaliseringsval. Detaljplanen som planeringsverktyg är därför begränsad. Klimataspekten, till skillnad från andra miljöpåverkanskategorier, bedöms vara en mer komplex och diffus aspekt, vilket i många fall försvårar att potentiella åtgärder som kan minska klimatpåverkan genomförs. Eftersom allmän platsmark ofta ingår som delområden i en detaljplans totala markområde, finns det vid planeringen flera olika aktörer och intressenter vars åsikter ska vägas samman. Detta utöver de flertalet lagar, direktiv, riktlinjer och allmänna råd som vid fysisk planering också ska beaktas.

I och med de stora omställningarna som krävs för att minimera klimatpåverkan och samtidigt anpassa samhället inför ett förändrat klimat, krävs påtaglig styrning mot hållbara val och prioriteringar för att övergripande politiska strategier ska genomsyras ned till fysiskt verkställande. Tekniska lösningar med mindre klimatbelastning finns tillgängliga för kommuners utformning av allmän platsmark, där även ytterligare negativa miljöeffekter kan lindras. Behovet av de beståndsdelar som denna studie har undersökt, exempelvis vägbeläggning och ledningar för vatten, bredband samt fjärrvärme/-kyla, bedöms inte komma att avta den närmaste tiden. Tvärtom finns belägg för att dessa behov förblir densamma eller ökar. Speciellt kan behovet av hållbara hårdbelagda ytor komma att växa, eftersom främjandet av alternativ till bilresor förutsätter pålitliga och effektiva gång- och cykelbanor i städer. Planering och utformning av allmän platsmark utgör därmed ett viktigt verktyg för att säkerställa hållbar utveckling.

Referenser

- Ahlsell (2023). *Sömlösa tryckkärlsrör enligt EN 10216-2, länder i 5-7 meter*. Tillgänglig: <https://www.ahlsell.se/products/varme--sanitet/stalror-och-delar/stalror/tryckkarlsror/somlosa/1356245/> [2023-01-17].
- Ali, B., Ouni, M. H. E. & Kurda, R. (1 nov. 2022). Life cycle assessment (LCA) of precast concrete blocks utilizing ground granulated blast furnace slag. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29 (55), ss. 83580–83595. DOI: [10.1007/s11356-022-21570-7](https://doi.org/10.1007/s11356-022-21570-7). Tillgänglig: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21570-7> [2023-02-27].
- Alvem, B.-M. & Grönjörd, R. (2017). *Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok 2017*. 3:e. Stockholm Stad. Tillgänglig: https://leverantor.stockholm/globalassets/foretag-och-organisationer/leverantor-och-utforare/entreprenad-i-stockholms-stads-offentliga-rum/vaxtbaddshandboken/vaxtbaddar_i_stockholm_2017.pdf [2022-11-30].
- Balaguera, A., Carvajal, G. I., Albertí, J. & Fullana-i-Palmer, P. (1 maj 2018). Life cycle assessment of road construction alternative materials: A literature review. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 132, ss. 37–48. DOI: [10.1016/j.resconrec.2018.01.003](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.003). Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134491830003X> [2023-01-31].
- Balfors, B., Wallström, J., Lundberg, K., Söderqvist, T., Hörnberg, C. & Högström, J. (1 nov. 2018a). Strategic environmental assessment in Swedish municipal planning. Trends and challenges. *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 73, ss. 152–163. DOI: [10.1016/j.eiar.2018.07.003](https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.07.003). Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925518300556> [2022-11-28].
- Balfors, B., Antonson, H., Faith-Ell, C., Finnveden, G., Gunnarsson-Östling, U., Hörnberg, C., Isaksson, K., Lundberg, K., Pädam, S., Söderqvist, T. & Wärnbäck, A. (2018b). *Strategisk miljöbedömning för hållbar samhällsplanering : Slutrapport från forskningsprogrammet SPEAK*. Tillgänglig: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-8631> [2022-11-28].
- Belgian Brick Association (21 april 2022). *B-EPD Belgian Brick Association Ceramic facing bricks and pavers*. Tillgänglig: https://www.wienerberger.co.uk/content/dam/wienerberger/united-kingdom/marketing/documents-magazines/sustainability/correct/Belgium_EPD_Clay_Brick_Pavers_202704.pdf [2023-01-17].
- Boverket (mars 2006). *Miljöbedömningar för planer enligt plan- och bygglagen - en vägledning*. Tillgänglig: http://www.xn--fiskebckskil-lcb.se/wp-content/uploads/2014/06/miljobedomningar_for_planer_enligt_plan-och_bygglagen.pdf [2023-03-11].
- Boverket (15 juli 2016). *Andra aktörer*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/roller-och-ansvar/andra-aktorer/> [2022-11-02].
- Boverket (31 aug. 2018a). *Detaljplanens lokalisering*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lamplighetsbedomning/klimatpaverkan/lokalisering/> [2022-11-03].
- Boverket (31 aug. 2018b). *Minskad klimatpåverkan i detaljplanering*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lamplighetsbedomning/klimatpaverkan/> [2023-03-10].
- Boverket (20 febr. 2019). *Introduktion till livscykelanalys (LCA)*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/>.
- Boverket (2 sept. 2020a). *Kommunal fysisk planering*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/kommunal-planering/> [2022-11-02].
- Boverket (14 febr. 2020b). *Godstransporter i planeringsprocessen*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/godstransporter-i-fysisk-planering/godstransporter-i-planeringsprocessen/> [2022-11-01].
- Boverket (4 nov. 2020c). *Översiktsplanering för minskad klimatpåverkan*. Tillgänglig: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmanna-intressen/hansyn/miljo_klimat/klimatpaverkan/ [2022-11-03].
- Boverket (29 dec. 2020d). *Regional fysisk planering*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/regionplan/> [2022-11-02].
- Boverket (2020e). *Användning av vattenområde*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/planbestammelser/anvandning-av-vattenomrade/> [2022-10-21].
- Boverket (23 juni 2021a). *Utformning av allmän plats*. Tillgänglig: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/planbestammelser/egenskapsbestammelser_utformning-allman/ [2023-01-04].
- Boverket (28 jan. 2021b). *Så planeras Sverige*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/> [2022-11-01].

Boverket (8 sept. 2021c). *En regional och kommunövergripande klimatsmart struktur*. Tillgänglig: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmanna-intressen/hansyn/miljo_klimat/klimatpaverkan/strukturer/regional/ [2022-11-03].

Boverket (28 jan. 2021d). *Nationell planering*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/nationell-planering/> [2022-11-02].

Boverket (1 aug. 2021e). *Planhandlingar för detaljplaner*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/handlingar/> [2022-11-01].

Boverket (2 aug. 2021f). *Samordnat förfarande*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/detaljplaneprocessen/samordnat-forfarande/>

Boverket (2021g). *Verktyg för minskad klimatpåverkan vid planläggning*. 11. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2021/verktyg-for-minskad-klimatpaverkan-vid-planlaggning.pdf> [2022-12-12].

Boverket (juli 2021h). *Hårdgjorda ytor*. sv. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/> [2022-11-09].

Boverket (20 dec. 2021i). *Miljöindikatorer – aktuell status*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/> [2022-10-10].

Boverket (28 jan. 2021j). *Internationell påverkan*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/internationell-paverkan/>

Boverket (24 mars 2022a). *Användning av kvartersmark*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/planbestammelser/anvandning-av-kvartersmark/> [2022-10-11].

Boverket (18 mars 2022b). *Användning av allmän plats*. Boverket. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/planbestammelser/anvandning-av-allman-plats/> [2022-10-04].

Boverket (mars 2022c). *Ramverk för nationell planering - Förslag till utvecklad nationell planering i Sverige*. 2022:05. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2022/ramverk-for-nationell-planering---slutrapport.pdf>

Boverket (22 juni 2022d). *Översiktsplanering - för en långsiktigt bra helhet*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/kommunal-planering/oversiktsplanering/> [2022-11-02].

Boverket (18 febr. 2022e). *Vad är en detaljplan*. Boverket. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/detaljplaneinstrumentet/vad-ar-detaljplan/> [2022-10-04].

Boverket (4 mars 2022f). *Att reglera med detaljplan*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/planbestammelser/> [2022-10-11].

Boverket (15 aug. 2022g). *Detaljplaneprocesserna*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/detaljplaneprocessen/>

Boverket (15 aug. 2022h). *Val av förfarande*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/detaljplaneprocessen/val-av-forfarande/> [2022-11-03].

Boverket (15 aug. 2022i). *Utökat förfarande*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/detaljplaneprocessen/utokat-forfarande/> [2022-11-03].

Boverket (15 aug. 2022j). *Standardförfarande*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/detaljplaneprocessen/standardforfarande/> [2022-11-03].

Boverket (15 aug. 2022k). *Samråd vid standard och utökat förfarande*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/detaljplaneprocessen/samrad/> [2022-11-03].

Boverket (15 aug. 2022l). *Granskning*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/detaljplaneprocessen/granskning/> [2022-11-03].

Boverket (15 aug. 2022m). *Underrättelse*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/detaljplaneprocessen/underrattelse/> [2022-11-03].

Boverket (15 aug. 2022n). *Beslut att anta detaljplanen*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/detaljplaneprocessen/antagande/> [2022-11-03].

Boverket (3 juni 2022o). *Miljöbedömningar*. Boverket. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/miljobedomningar/> [2022-10-04].

Boverket (21 febr. 2022p). *Miljöbedömning översiktsplan - ett processverktyg*. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/processen-for-oversiktsplanering/miljobedomning/> [2023-03-09].

Boverket (9 jan. 2023). *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*. Boverket. Tillgänglig: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/> [2023-04-03].

- Cao, Q., Liu, Y., Georgescu, M. & Wu, J. (1 juni 2020). Impacts of landscape changes on local and regional climate: a systematic review. *Landscape Ecology*, vol. 35 (6), ss. 1269–1290. DOI: [10.1007/s10980-020-01015-7](https://doi.org/10.1007/s10980-020-01015-7). Tillgänglig: <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01015-7> [2022-11-27].
- Cullhed, L., Eriksson, M., Jansson, S., Nyström, K., Odenvång, S., Persson, Y., Styffe, S. & Tomczak, L. (2022). *Juridisk tolkning och tillämpning av lagstiftning för masshantering*. Tillgänglig: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:trafikverket:diva-5285> [2023-03-16].
- Directorate-General for Environment (European Commission), Collingwood Environmental Planning Ltd, Integra Consulting Ltd & Ltd, M. (2013). *Guidance on integrating climate change and biodiversity into strategic environmental assessment*. LU: Publications Office of the European Union. Tillgänglig: <https://data.europa.eu/doi/10.2779/11869> [2022-11-25].
- Ekonomifakta (19 april 2022). *Elproduktionen med fossila bränslen- internationellt*. Tillgänglig: <https://www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Energibalans-internationellt/Elproduktion-med-fossila-branslen/> [2023-02-28].
- Elmfors, E. (29 april 2014). *Grågröna systemlösningar för hållbara städer : Dagvattenrening i mark och dränerande hårdgjorda system*. Tillgänglig: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:ri:diva-2301> [2022-12-12].
- Environmental Assessment Team (19 mars 2010). *Consideration of climatic factors within Strategic Environmental Assessment (SEA)*. The Scottish Government. Tillgänglig: <http://www.gov.scot/publications/consideration-climatic-factors-within-strategic-environmental-assessment-sea/> [2023-03-03].
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2001/42/EG (27 juni 2001). *om bedömning av vissa planers och programs miljöpåverkan*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/vagledning/miljobalken/miljobedomningar/dokument-miljobedomningar/smb-direktivet.pdf>
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2001/42/EG (27 juni 2001). *Europaparlamentets och rådets direktiv 2001/42/EG av den 27 juni 2001 om bedömning av vissa planers och programs miljöpåverkan*. collaborator Europeiska unionens publikationsbyrå. Tillgänglig: <http://data.europa.eu/eli/dir/2001/42/oj/swe> [2022-11-25].
- European Commission, Joint Research Centre, Cristobal-Garcia, J., Pant, R., Reale, F. & Sala, S. (2017). *Life cycle assessment for the impact assessment of policies*. Publications Office of the European Union. DOI: [doi/10.2788/318544](https://doi.org/10.2788/318544).
- F. Mendoza, J.-M., Oliver-Solà, J., Gabarrell, X., Josa, A. & Rieradevall, J. (1 juni 2012). Life cycle assessment of granite application in sidewalks. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 17 (5), ss. 580–592. DOI: [10.1007/s11367-012-0391-1](https://doi.org/10.1007/s11367-012-0391-1). Tillgänglig: <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0391-1> [2023-02-27].
- Friedman, A. (2021). *Fundamentals of Sustainable Urban Design*. 1. utg. Springer Cham. Tillgänglig: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-60865-1> [2022-11-16].
- Fröling, M., Holmgren, C. & Svanström, M. (1 mars 2004). Life cycle assessment of the district heat distribution system. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 9 (2), ss. 130–136. DOI: [10.1007/BF02978572](https://doi.org/10.1007/BF02978572). Tillgänglig: <https://doi.org/10.1007/BF02978572> [2022-12-07].
- Granhage, L. (2009). *Kompendium i vägbyggnad*. Chalmers Tekniska Högskola. Tillgänglig: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1452855/FULLTEXT02.pdf> [2022-11-18].
- Huang, L., Krigsvoll, G., Johansen, F., Liu, Y. & Zhang, X. (1 jan. 2018). Carbon emission of global construction sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, ss. 1906–1916. DOI: [10.1016/j.rser.2017.06.001](https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.001). Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117309413> [2022-11-25].
- Inyim, P., Pereyra, J., Bienvenu, M. & Mostafavi, A. (1 juli 2016). Environmental assessment of pavement infrastructure: A systematic review. *Journal of Environmental Management*, vol. 176, ss. 128–138. DOI: [10.1016/j.jenvman.2016.03.042](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.03.042). Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716301475> [2023-01-27].
- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Vol. In Press. Cambridge, United Kingdom och New York, NY, USA: Cambridge University Press. DOI: [10.1017/9781009157896](https://doi.org/10.1017/9781009157896).
- IVA & Sveriges Byggindustrier (2014). *Klimatpåvarkan från byggprocessen*. Tillgänglig: <https://www.iva.se/globalassets/rapporter/ett-energieffektivt-samhalle/201406-iva-energieffektivisering-rapport9-i1.pdf> [2022-12-14].
- Khan, J., Hildingsson, R. & Klintman, M. (2011). Vägval 2050: Styrningsutmaningar och förändringsstrategier för en omställning till ett kolsnålt samhälle. *LETS-rapport*. Tillgänglig: <http://lup.lub.lu.se/record/2276982> [2023-01-18].
- Klimatdeklarationer för byggnader 2020/21:144* (23 mars 2021). Tillgänglig: <https://www.regeringen.se/4955e9/contentassets/8012373f173e44b19b96d9c7c314ffd9/klimatdeklaration-for-byggnader-prop.-202021144.pdf> [2022-11-25].

- Larsson, M., Erlandsson, M., Malmqvist, T. & Kellner, J. (juni 2016). *Byggnaders Klimatpåverkan - Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat flerbostadshus med massiv stomme av trä*. B 2260. Svenska Miljöinstitutet. Tillgänglig: <https://www.ivl.se/download/18.34244ba71728fcb3f3f8c2/1591705068406/B2260.pdf> [2022-09-23].
- Liu, N., Wang, Y., Bai, Q., Liu, Y., Wang, P. (, Xue, S., Yu, Q. & Li, Q. (aug. 2022). Road life-cycle carbon dioxide emissions and emission reduction technologies: A review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, vol. 9 (4), ss. 532–555. DOI: [10.1016/j.jtte.2022.06.001](https://doi.org/10.1016/j.jtte.2022.06.001). Tillgänglig: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2095756422000587> [2023-01-20].
- Malm, A., Horstmark, A., Larsson, G., Uusijärvi, J., Meyer, A. & Jansson, E. (2011). *Rörmaterial i svenska VA-ledningar – egenskaper och livslängd*. Tekn. rapport 2011-14 (2:a revidering). Svenskt Vatten Utveckling. Tillgänglig: https://slussen.blob.core.windows.net/newspdf/I_466_NewsPdf_26481.pdf#:~:text=2%20R%C3%B6rmaterial%20%E2%80%93%20vatten%20och%20avlopp%20De%20vanligaste,Gjutj%C3%A4rn%20%C3%A4r%20ett%20samlingsnamn%20f%C3%B6r%20gr%C3%A5j%C3%A4rn%20och%20segj%C3%A4rn.
- Malmaeus, M., Hellsten, S. & Lindblom, E. (jan. 2022). *Miljöbedömning av kumulativ effekter i infrastrukturprojekt*. C 645. IVL Svenska Miljöinstitutet. Tillgänglig: <https://www.ivl.se/download/18.749e7d0817e4de594416908/1642844802596/FULLTEXT01.pdf>.
- Marcelino-Sadaba, S., Kinuthia, J., Oti, J. & Seco Meneses, A. (1 aug. 2017). Challenges in Life Cycle Assessment (LCA) of stabilised clay-based construction materials. *Applied Clay Science*, vol. 144, ss. 121–130. DOI: [10.1016/j.clay.2017.05.012](https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.05.012). Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131717302089> [2023-02-06].
- Mendoza, J.-M. F., Oliver-Solà, J., Gabarrell, X., Rieradevall, J. & Josa, A. (1 aug. 2012). Planning strategies for promoting environmentally suitable pedestrian pavements in cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 17 (6), ss. 442–450. DOI: [10.1016/j.trd.2012.05.008](https://doi.org/10.1016/j.trd.2012.05.008). Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920912000533> [2023-02-28].
- Miljödepartementet (12 juni 2017). *Det klimatpolitiska ramverket*. Tillgänglig: <https://www.regeringen.se/artiklar/2017/06/det-klimatpolitiska-ramverket/> [2022-10-26].
- Modell - Klimatkalkyl (u.å.). Tillgänglig: <https://klimatkalkyl-pub.ea.trafikverket.se/Klimatkalkyl/Modell> [2023-03-15].
- Mårtensson, H., Malm, A., Sederholm, B., Sällström, J.-H. & Trägårdh, J. (2018). *Framtidens hållbara VA-ledningssystem*. 10. Svenskt Vatten. Tillgänglig: https://www.svenskvatten.se/contentassets/0dfc8061928d4757a81816f66486b31e/svur_18-10a.pdf [2022-12-14].
- Nationalencyklopedin (u.å.[a]). *bredbandskommunikation*. Tillgänglig: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/bredbandskommunikation> [2022-12-05].
- Nationalencyklopedin (u.å.[b]). *starkströmskabel*. Tillgänglig: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/starkstr%C3%B6mskabel> [2022-12-27].
- Naturstenskompaniet (27 sept. 2021). *Natural stone products of granite and limestone*. Tillgänglig: <https://www.environdec.com/library/epd4621> [2023-01-17].
- Naturstenskompaniet (u.å.). *Kantsten Granit*. Tillgänglig: <https://www.naturstenskompaniet.se/assets/KANTSTEN.pdf> [2022-12-26].
- Naturvårdsverket (20 sept. 2019). *Klimataspekten i miljöbedömningar enligt 6 kap. miljöbalken - Klimatpåverkan, klimatanpassning och energihushållning*. Naturvårdsverket. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/vagledning/miljobalken/miljobedomningar/dokument-miljobedomningar/klimataspekter-miljobedomning2019.pdf> [2022-10-06].
- Naturvårdsverket (29 mars 2021a). *Territoriella utsläpp och upptag av växthusgaser*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-territoriella-utslapp-och-upptag/> [2022-11-02].
- Naturvårdsverket (29 mars 2021b). *Klimatet och bygg- och fastighetssektorn*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-bygg--och-fastighetssektorn/> [2022-11-02].
- Naturvårdsverket (29 mars 2021c). *Klimatet i framtiden*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/klimatet-i-framtiden/> [2022-10-10].
- Naturvårdsverket (29 mars 2021d). *Strategisk miljöbedömning – miljöbedömning för planer och program*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/miljobalken/miljobedomningar/strategisk-miljobedomning/> [2022-11-03].
- Naturvårdsverket (29 mars 2021e). *Biologisk mångfald inom specifik miljöbedömning*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/miljobalken/miljobedomningar/specifik-miljobedomning/biologisk-mangfald-i-miljobedomning/> [2022-10-17].

- Naturvårdsverket (29 mars 2021f). *Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/annesomraden/klimatomställningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/> [2022-10-26].
- Naturvårdsverket (29 mars 2021g). *Om miljöbalken*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/lagar-och-regler/om-miljobalken/#:~:text=Naturv%C3%A5rdsverket%20arbetar%20p%C3%A5%20flera%20olika%20s%C3%A4tt%20med%20milj%C3%B6balken,milj%C3%B6balken%2C%20som%20ges%20ut%20i%20Naturv%C3%A5rdsverkets%20f%C3%B6rfattningssamling%2C%20NFS> [2022-11-28].
- Naturvårdsverket (29 mars 2021h). *Nettoutsläpp och nettoupptag av växthusgaser från markanvändning (LULUCF)*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/data-och-statistik/klimat/vaxthusgaser-nettoutslipp-och-nettoupptag-fran-markanvandning/> [2023-01-20].
- Naturvårdsverket (1 dec. 2022a). *Sveriges miljömål - Sveriges miljömål*. Tillgänglig: <https://sverigesmiljomal.se/miljomalen/> [2022-09-23].
- Naturvårdsverket (15 dec. 2022b). *Generationsmålet*. ISBN: 978-91-620-7090-8. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/om-oss/publikationer/7000/978-91-620-7090-8/> [2023-01-11].
- Naturvårdsverket (31 maj 2022c). *Hantering av schaktmassor och annat naturligt förekommande material som kan användas för anläggningsändamål*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/49c5a7/contentassets/510ee48eff174af79e11cad4e8cecf8/skrivelse-uppdrag-om-hantering-av-schaktmassor-m2021-00191.pdf> [2023-03-14].
- Naturvårdsverket (15 febr. 2022d). *Klimat i strategisk miljöbedömning*. Tillgänglig: <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/miljobalken/miljobedomningar/strategisk-miljobedomning/klimat-i-miljobedomningar/> [2023-03-08].
- Oliver-Solà, J., Josa, A., Arena, A. P., Gabarrell, X. & Rieradevall, J. (1 juni 2011). The GWP-Chart: An environmental tool for guiding urban planning processes. Application to concrete sidewalks. *Cities*, vol. 28 (3), ss. 245–250. DOI: [10.1016/j.cities.2011.01.003](https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.01.003). Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275111000163> [2023-02-27].
- PEH Tryckrör, 160mm (2023). Ahlsell. Tillgänglig: <https://www.ahsell.se/products/va--mark/tryckror/peh-tryckror/peh-tryckror-profuse-rc/sdr17/2514230/> [2023-01-17].
- PEH Tryckrör, 200mm (2023). Ahlsell. Tillgänglig: <https://www.ahsell.se/products/va--mark/tryckror/peh-tryckror/peh-tryckror-profuse-rc/sdr17/2514231/#> [2023-01-17].
- PEH Tryckrör, 250mm (2023). Ahlsell. Tillgänglig: <https://www.ahsell.se/products/va--mark/tryckror/peh-tryckror/peh-tryckror-profuse-rc/sdr17/2514274v/> [2023-01-17].
- PEH Tryckrör, 315mm (2023). Ahlsell. Tillgänglig: <https://www.ahsell.se/products/va--mark/tryckror/peh-tryckror/peh-tryckror-profuse-rc/sdr17/2514232v/> [2023-01-17].
- PEH Tryckrör, 450 mm (2023). Ahlsell. Tillgänglig: <https://www.ahsell.se/products/va--mark/tryckror/peh-tryckror/peh-tryckror-rc/sdr17/2514194/> [2023-02-09].
- Persson, C. (1 sept. 2013). Deliberation or doctrine? Land use and spatial planning for sustainable development in Sweden. *Land Use Policy*, vol. 34, ss. 301–313. DOI: [10.1016/j.landusepol.2013.04.007](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.04.007). Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837713000707> [2022-11-28].
- Qin, Y., He, Y., Hiller, J. E. & Mei, G. (20 okt. 2018). A new water-retaining paver block for reducing runoff and cooling pavement. *Journal of Cleaner Production*, vol. 199, ss. 948–956. DOI: [10.1016/j.jclepro.2018.07.250](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.250). Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261832239X> [2023-01-31].
- Regeringskansliet (11 jan. 2016). *Att förändra vår värld: Agenda 2030 för hållbar utveckling*. Tillgänglig: https://www.regeringen.se/49c2e4/globalassets/regeringen/dokument/finansdepartementet/agenda-2030/att-forandra-var-varld_agenda-2030-for-en-hallbar-utveckling.png.pdf [2023-01-05].
- SGI (11 jan. 2019). *Jordförstärkning*. Tillgänglig: <https://www.sgi.se/sv/vagledning-i-arbetet/grundlaggning-och-forstarkning/jordforstarkning/> [2022-12-26].
- SMHI (17 april 2021). *Klimatförändringar orsakade av människan*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatpaverkan/klimatforandringar-orsakade-av-manniskan-1.3833> [2022-10-10].
- Sollentuna Kommun (15 sept. 2022). *Länshållningsvatten*. Tillgänglig: <https://www.sollentuna.se/jobb--foretagande/tillstand-regler-och-tillsyn/lanshallningsvatten/> [2022-12-23].
- Produktspecifika regler SS-EN 15804 (5 nov. 2019). *Standard - Hållbarhet hos byggnadsverk - Miljödeklarationer - Produktspecifika regler SS-EN 15804:2012+A2:2019*. 1. Svenska Institutet för Standarder. Tillgänglig: <https://www.sis.se/produkter/byggnadsmaterial-och-byggnader/byggnadsindustrin/ovriga-aspekter/ss-en-158042012a22019/> [2022-12-08].
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., Vries, W. de, Wit, C. A. de, Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V.,

- Reyers, B. & Sörlin, S. (13 febr. 2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, vol. 347 (6223), s. 1259855. DOI: [10.1126/science.1259855](https://doi.org/10.1126/science.1259855). Tillgänglig: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855> [2022-11-21].
- Tataranni, P. & Sangiorgi, C. (sept. 2019). Synthetic Aggregates for the Production of Innovative Low Impact Porous Layers for Urban Pavements. *Infrastructures*, vol. 4 (3), s. 48. DOI: [10.3390/infrastructures4030048](https://doi.org/10.3390/infrastructures4030048). Tillgänglig: <https://www.mdpi.com/2412-3811/4/3/48> [2023-02-27].
- Thom, N. (2014). *Principles of Pavement Engineering*. 2. utg. ICE Publishing. Tillgänglig: https://app-knovel-com.ezproxy.its.uu.se/web/view/khtml/show.v/rcid:kpPPEE0011/cid:kt00C783E4/viewerType:khtml/root_slug:principles-pavement-engineering/url_slug:materials-pavement-construction?&b-toc-cid=kpPPEE0011&b-toc-root_slug=principles-pavement-engineering&b-toc-title=Principles%20of%20Pavement%20Engineering%20%282nd%20Edition%29&b-toc-url_slug=introduction&kpromoter=federation&view=collapsed&zoom=1&page=2 [2023-03-22].
- Toller, S. (30 juni 2020). *Klimatkalkyl – Beräkning av infrastrukturens klimatpåverkan och energianvändning i ett livscykelerspektiv Modellversion 7.0*. Trafikverket. Tillgänglig: <https://bransch.trafikverket.se/contentassets/eb8e472550374d7b91a4032918687069/klimatkalkyl-rapport-v-7.0.pdf> [2022-11-07].
- Trafikverket (2011). *Trafikverkets tekniska krav Vägkonstruktion*. TRV 2011:072. Tillgänglig: <https://kulturskolan.upplandsvasby.se/download/18.59ded50b17dbbf5ad55d10/1641810720059/TDOK%202011;264.pdf> [2022-12-22].
- Trafikverket (2016). *Gröna koncept inom asfaltbeläggningar : kunskapsöversikt*. 2015:276. Trafikverket. Tillgänglig: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:trafikverket:diva-2402> [2022-12-22].
- Trafikverket (1 april 2022a). *Överbyggnad väg, Dimensionering och utformning*. TRVINFRA-00224, 3.0. Tillgänglig: <https://puben.trafikverket.se/dpub/visa-dokument/8b1ea63f-c1e2-4939-9060-98aec6675749> [2022-11-16].
- Trafikverket (1 april 2022b). *Effektkataloger, Kapitel 7, bilaga 1*. Tillgänglig: https://bransch.trafikverket.se/contentassets/0ebc841761f74f56b31c6eba59511bca/bygg-om/effektkataloger-220818_2.pdf [2022-12-22].
- Trafikverket (2023). *Modell. Klimatkalkyl*. Tillgänglig: <https://klimatkalkyl-pub.ea.trafikverket.se/Klimatkalkyl/Modell> [2023-01-17].
- Trygg, K. & Wenander, H. (3 okt. 2022). Strategic spatial planning for sustainable development – Swedish planners' institutional capacity. *European Planning Studies*, vol. 30 (10), ss. 1985–2001. DOI: [10.1080/09654313.2021.2001792](https://doi.org/10.1080/09654313.2021.2001792). Tillgänglig: <https://doi.org/10.1080/09654313.2021.2001792> [2023-03-16].
- Trädgropsfundament 1500x1500x600* (2023). Stenbolaget. Tillgänglig: <https://stenbolaget.se/products/tradgropsfundament-1500x1500x600> [2023-01-17].
- United Nations (2016). *TRANSFORMING OUR WORLD: THE 2030 AGENDA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*. A/RES/70/1. Tillgänglig: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf> [2022-10-31].
- US Department of Commerce, N. (5 nov. 2022). *Global Monitoring Laboratory - Carbon Cycle Greenhouse Gases*. Tillgänglig: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html#global> [2022-11-21].
- Widås, S. (2019). *Riksarkitekt - ett nytt ämbetes födelse*. Föreningen för Samhällsplanering. Tillgänglig: <https://www.planering.org/plan-blog/2019/5/20/riksarkitekt-ett-nytt-ambetes-fdelse> [2022-11-03].
- Wirsenius, P., Remgård, M., Johansson, R. & Linderholm, L. (2021). *VGU-GUIDEN Vägars och gators utformning, Utformningsprocess*. 107. Trafikverket, Sveriges Kommuner och Regioner. Tillgänglig: <http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1587448/FULLTEXT01.pdf> [2022-11-15].

A Appendix

A.1 Exempel på resursschabloner från Klimatkalkylens katalog

I figur A1 ses en översikt över den resursschablon kallad ”Kabel, telekom (7.4)”.

Kabel, telekom (7.4) ▾

Resultat		Beskrivning			
	Klimat	Enhet	Energi	Enhet	
Produktionsskede	1,22	kg CO ₂ e/m	21,21	MJ/m	Avser kabel för telekom.
Materialtransporter till eller inom byggarbetsplats	0,04	kg CO ₂ e/m	0,58	MJ/m	
Arbetsmoment byggarbetsplats	0	kg CO ₂ e/m	0	MJ/m	
Total:	1,26	kg CO₂e/m	21,79	MJ/m	

Kända dataluckor

Data för eventuell transport av material till fabrik och bearbetning vid produktion eller montering av byggdelen saknas. Transport till byggarbetsplatsen approximeras med transport av ingående material. Ytterligare dataluckor redovisas i förekommande fall under respektive rubrik nedan.

Produktionsskede

Material	Mängd	Enhet	Emissionsfaktor	Klimat	Enhet	Energi	Enhet
Polyeten, HDPE	0,52	kg/m	Polyeten, HDPE	0,94	kg CO ₂ e/m	16,86	MJ/m
Optokabel	0,08	kg/m	Glasfiber för optokabel	0,12	kg CO ₂ e/m	2,25	MJ/m
Koppar	0,08	kg/m	Koppar	0,16	kg CO ₂ e/m	2,1	MJ/m
Total:				1,22	kg CO₂e/m	21,21	MJ/m

Materialtransporter till eller inom byggarbetsplats

Byggdel	Material	Transporttyp	Avstånd	Enhet	Emissionsfaktor	Klimat	Enhet	Energi	Enhet	Transportparameter
Kabel, telekom (7.4)	Polyeten, HDPE	☺ Flera deltransporter finns				0,02	kg CO ₂ e/m	0,38	MJ/m	-
	Optokabel	Lastbil landsvägtransport	1000	km	Diesel (MK 1)	0,01	kg CO ₂ e/m	0,1	MJ/m	-
	Koppar	Lastbil landsvägtransport	1000	km	Diesel (MK 1)	0,01	kg CO ₂ e/m	0,1	MJ/m	-
Total:						0,04	kg CO₂e/m	0,58	MJ/m	

Arbetsmoment byggarbetsplats

Arbetsmoment saknas

Figur A1: Resursschablon över byggdelen ”Kabel, telekom” från Trafikverkets Klimatkalkyl.

Detaljer för byggdel

Kategori: Vägöverbyggnad

Namn: Bitumenbundna lager, 120 mm (6.4)

Tillhandhållet material: Tillhandhållet material särredovisas i Klimatkalkylverket (version 7.0 och framåt). Det som särredovisas är materialproduktion och transporter (A1-A4) för byggdelar. Arbetsmoment på byggarbetsplatsen (A5) särredovisas inte.

Beskrivning: Avser en asfaltstjocklek på 120 mm. Omräkning från m2 till kg är baserad på en densitet 2243 kg/m3 och en asfaltstjocklek på 120 mm.
"Utläggning, asfalt" omfattar arbete med utläggare, vält, sopning,

Enhet: m2

Livslängd: 40 År

Kända dataluckor

Modellversion: Version 7.0

Uppdaterad: 2020-05-14 12:28:01, Eilbin Andersson John, PRssö Extern

Skapad: 2020-02-18 09:37:26, Eilbin Andersson John, PRssö Extern

Stäng

Klimat	Enhet	Energi	Enhet
13,19	kg CO ₂ e/m ²	818,25	MJ/m ²
13,19	kg CO ₂ e/m ²	818,25	MJ/m ²

onsfaktor	Klimat	Enhet	Energi	Enhet	Transportparameter
1,6	kg CO ₂ e/m ²	24,75	MJ/m ²	Asfalt	
1,6	kg CO ₂ e/m ²	24,75	MJ/m ²		

Figur A2: Resursschablon över byggdelen "Bitumenbundna lager, 120 mm (6.4)" från Trafikverkets Klimatkalkyl.

A.2 Beräkningar för omvandlingar

Tabell 4 och 8 innehåller de beståndsdelar och arbetsmoment som har ingått i klimatkalkylen för given detaljplan. För att kunna implementera underlaget har vissa omvandlingar varit nödvändigt, exempelvis när en byggdel i Klimatkalkylens katalog inte haft samma enhet som i givet underlag. Vid dessa omvandlingar har data krävts för de olika byggdelarna, exempelvis materialets densitet. Även vissa antaganden och förenklingar har genomförts för att kunna möjliggöra klimatkalkylen. De ekvationer som har använts vid omvandlingar redovisas i avsnitt A.2.1, och numeriska värden samt dess referenskälla ses i tabell A1. För densiteten av marktegel har ett medelvärde tagits av det densitetsintervall som listats i EPD (Belgian Brick Association 2022).

Tabell A1: Numeriska värden för vissa beståndsdelar samt dess källa.

Beståndsdel	Numeriskt värde	Källa
Kantsten	Bredd: 300mm Tjocklek: 40mm Densitet: 2 700 kg/m ³	Naturstenskompaniet 2021 Naturstenskompaniet 2021 Naturstenskompaniet 2021
Marktegel	Tjocklek: 0,05m Densitet: 1570 kg/m ³	Belgian Brick Association 2022 Belgian Brick Association 2022
Trädfundament	Vikt: 620 kg/st	Trädgropsfundament 1500x1500x600 2023
Bundet bärlager, bindlager och slitlager	6,5 % bitumen	Trafikverket 2023
Fjärrvärme /-kyla	Stålvikt: 45,6 kg/m Dimension: 200mm	Ahlsell 2023
PEH Tryckrör 200mm	Vägg tjocklek: 11,9 mm	PEH Tryckrör, 200mm 2023
PEH Tryckrör 250mm	Vägg tjocklek: 14,8 mm	PEH Tryckrör, 250mm 2023
PEH Tryckrör 315mm	Vägg tjocklek: 18,7 mm	PEH Tryckrör, 315mm 2023
PEH Tryckrör 450mm	Vägg tjocklek: 26,7 mm	PEH Tryckrör, 450 mm 2023
PEH Tryckrör 160mm	Vägg tjocklek: 9,5 mm	PEH Tryckrör, 160mm 2023
Granitmarkplattor	Tjocklek: 40 mm	Naturstenskompaniet 2021
Betongmarkplattor	Tjocklekt: 50 mm	Modell - Klimatkalkyl u.å., ”Betongmarkplattor (6.4)”

Samma typ av plaströr har antagits användas för alla typer av vattenledningar, såväl för dricksvatten, dagvatten samt spillvatten.

A.2.1 Ekvationer

Vid implementeringen av beståndsdelar och arbetsmoment i Trafikverkets Klimatkalkyl 7.0 har vissa omvandlingar varit nödvändiga. Vid dessa omvandlingar har ett flertal ekvationer använts, och som redovisas nedan. Mantelarea för cylinder beräknas med ekvation 1, där r är rörets radie, d är rörets diameter samt l är rörets längd.

$$A_1 = 2\pi r l = \pi d l \quad (1)$$

Tvårsnittsarean av rörväggen beräknas med ekvation 2, där d är rörets ytterdiameter och t är tjockleken på rörväggen.

$$A_2 = ((d \div 2)^2 \pi) - (((d - 2t) / 2)^2 \pi) \quad (2)$$

Tabell A2: Givna detaljplanens beståndsdelar som krävt omvandling, givna mängder samt utskrivna beräkningar för respektive omvandling

Beståndsdel	Givet underlag	Beräkning för omvandling
Kantsten	Längs all hårdbelagd yta Densitet: 2 700 kg/m ³ Bredd och tjocklek: 300 mm och 40 mm	Sträcka (8m bred väg): $8\,550\text{ m}^2 \div 8\text{ m} = 1\,068,75\text{ m}$ Vikt kantsten per meter: $2\,700\text{ kg/m}^3 \times (0,3\text{ m} \times 0,04\text{ m}) = 32,4\text{ kg/m}$ Total vikt kantsten: $32,4\text{ kg/m} \times 1\,068,75\text{ m} \times 2 = 69\,255\text{ kg}$
Marktegel	Yta marktegel: 3 420 m ² Tjocklek: 0,05 m Densitet: 1 570 kg/m ³	Volym marktegel: $3\,420\text{ m}^2 \times 0,05\text{ m} = 171\text{ m}^3$ Vikt: $171\text{ m}^3 \times 1\,570\text{ kg/m}^3 = 268\,470\text{ kg}$ Total vikt marktegel: 268,47 ton
Skydds-/ förstärkningslager	Tjocklek: 0,51 m Area: 8 550 m ² Består av bergkross	Volym: $0,51\text{ m} \times 8\,550\text{ m}^2 = 4\,360,5\text{ m}^3$
Trädfundament	Betongfundament: 45 st Vikt per fundament: 620 kg	Vikt betongfundament: $45 \times 620 = 27\,900\text{ kg}$ Totalvikt betong: 27,9 ton
Bundet bärlager, bindlager och slitlager	De tre olika lagren har samma tjocklek: 0,04m Består av asfaltsbeläggning med 6,5% bitumen	Bitumenbundna lager tjocklek: $0,4 + 0,4 + 0,4 = 0,12\text{ m}$ Total area: 5 130 m ²
Rivning av asfalt	20 % av asfaltsbeläggningen antas rivas	Volym rivning av asfalt: $5\,130\text{ m}^2 \times 0,12 \times 0,2 = 123\text{ m}^3$
Underbyggnad	Tjocklek: 0,08 m Area: 8 550 m ³	Volym obundet bärlager: $0,08\text{ m} \times 8\,550\text{ m}^2 = 684\text{ m}^3$
Schaktning	Area: 14 250 m ² Schaktdjup: 0,71 m	Total volym schaktning: $14\,250\text{ m}^2 \times 0,71\text{ m} = 10\,117,5\text{ m}^3$
Ledningsschakt	Längd: 1 133m Bredd: 4m, djup: 2m	$4 \times 2 \times 1\,133\text{ m} = 9\,064\text{ m}^3$
Växtbädd	Area: 5 700 m ²	Volym jord: $5\,700 \times 0,71 = 4\,047\text{ m}^3$
Fjärrvärme, fjärrkyla (stål)	Längd fjärrvärmerör: $2 \times 1133 = 2266\text{ m}$ Längd fjärrkylerör: $2 \times 1133 \div 2 = 1133\text{ m}$ Stålvikt: 45,6 kg/m	Total längd rör: $2\,266 + 1\,133 = 3\,399\text{ m}$ Total vikt stål: $3\,399 \times 45,6 = 154\,994,4\text{ kg}$ Ton stål: 154,99 ton
Fjärrvärme, fjärrkyla (isolering)	Total längd rör: 3 399 m Dimension: 200 mm	Mantelarea: $0,2 \times \pi \times 3399 = 2\,134,5\text{ m}^2$
Drift av asfalt	Asfaltsbeläggning: 5 130 m ²	Sträcka (8m bred väg): $5130 \div 8 = 641,25\text{ m}$
Schaktmassor till förstärkningslager och obundet bärlager	Förstärkningslager: 0,51 m Obundet bärlager: 0,08 m Yta hårdbelagd yta: 8 550 m ³	Total höjd: $0,08 + 0,51 = 0,59\text{ m}$ Volym: $0,59\text{ m} \times 8\,550\text{ m}^2 = 5\,044,5\text{ m}^3$ Volym schaktmassor till växtbäddar, förstärkningslager samt obundet bärlager: $4\,047 + 5\,045 = 9\,092\text{ m}^3$

Samma typ av rör antogs användas för vattendistributionen för området, men med olika dimensioner. För att göra klimatkalkylen mer representativ omvandlades de olika rörlängderna till den längd rör med dimension 200 mm som innehåller samma mängd plast. I omvandlingarna användes tjocklekar på rörväggar tagna från Ahlsell, se tabell A1.

Tabell A3: Omvandling av de olika rörtyperna till rör med dimension 200mm. Väggtjocklek har hämtats från Ahlsell, se tabell A1

Beståndsdel	Givet underlag	Beräkning för omvandling
Spillvattenrör 200mm	Dimension: 200 mm Längd: 851 m Väggtjocklek: 11,9 mm	Tvårsnittetsarea rörvägg: $((200 \div 2)^2 \pi) - ((200 - (2 \times 11,9) \div 2)^2 \pi) = 7032,1 \text{ mm}^2$
Spillvattenrör 250mm	Dimension: 250 mm Längd: 100 m Väggtjocklek: 14,8 mm	Tvårsnittetsarea rörvägg: $(250 \div 2)^2 \pi - (250 - (2 \times 14,8) \div 2)^2 \pi = 10\,935,8 \text{ mm}^2$ Längd vid dim. 200mm: $10\,935,8 \text{ mm}^2 \times 100 \text{ m} \div 7032,1 \text{ mm}^2 = 155,5 \text{ m}$
Spillvattenrör 315mm	Dimension: 315 mm Längd: 80 m Väggtjocklek: 18,7 mm	Tvårsnittetsarea rörvägg: $(315 \div 2)^2 \pi - (315 - (2 \times 18,7) \div 2)^2 \pi = 8\,978,1 \text{ mm}^2$ Längd vid dim. 200mm: $8\,978,1 \text{ mm}^2 \times 80 \text{ m} \div 7032,1 \text{ mm}^2 = 102,1 \text{ m}$
Total längd spillvattenrör:	(vid dim. 200mm)	$851 + 155,5 + 102,1 = \mathbf{1\,108,6 \text{ m}}$
Dagvattenrör 315mm	Dimension: 315 mm Längd: 931 m Väggtjocklek: 18,7 mm	Tvårsnittetsarea rörvägg: $(315 \div 2)^2 \pi - (315 - (2 \times 18,7) \div 2)^2 \pi = 8\,978,1 \text{ mm}^2$ Längd vid dim. 200mm: $8\,978,1 \text{ mm}^2 \times 931 \text{ m} \div 7032,1 \text{ mm}^2 = 1\,188,6 \text{ m}$
Dagvattenrör 450mm	Dimension: 450 mm Längd: 100 m Väggtjocklek: 26,7 mm	Tvårsnittetsarea rörvägg: $(450 \div 2)^2 \pi - (450 - (2 \times 26,7) \div 2)^2 \pi = 8\,978,1 \text{ mm}^2$ Längd vid dim. 200mm: $8\,978,1 \text{ mm}^2 \times 100 \text{ m} \div 7032,1 \text{ mm}^2 = 260,4 \text{ m}$
Total längd dagvattenrör:	(vid dim. 200mm)	$1\,188,6 + 260,4 = \mathbf{1\,449,0 \text{ m}}$
Dricksvattenrör 160mm	Dimension: 160 mm Längd: 1 133 m Väggtjocklek: 9,5 mm	Tvårsnittetsarea rörvägg: $(160 \div 2)^2 \pi - (160 - (2 \times 9,5) \div 2)^2 \pi = 2\,316,7 \text{ mm}^2$ Längd vid dim. 200mm: $2\,316,7 \text{ mm}^2 \times 1133 \text{ m} \div 7032,1 \text{ mm}^2 = \mathbf{373,3 \text{ m}}$

A.3 Rådata av klimatkalkyler

Byggdelar	Mängd Enhet	ton CO2-e	ton CO2-e/år
Annat material & övriga transporter (6.4) Kantsten	69 ton	5,87	0,07
Annat material & övriga transporter (6.4) Marktegel	269 ton	77,36	0,97
Berg Fall B, Fyll (6.4) Skydds-/förstär	4361 m3	61,71	0,77
Betong (7.1) Trädfundament	27,9 ton	4,83	0,08
Bitumenbundna lager, 120 mm (6.4) Asfalt	5130 m2	80,03	2,00
Brunn, nedstigningsbrunn betong (DNB) (6.4)	28 st	10,55	0,13
Bärlager, obundet (6.4) Underbyggnad	684 m3	9,68	0,12
Jord Fall B, Fyll (6.4) Växtbädd	4047 m3	27,18	0,34
Jordschakt Fall B (6.4) hela arean	10118 m3	63,33	0,79
Jordschakt Fall B (6.4) Ledningsschakt	9064 m3	56,73	0,71
Kabel, kraftförsörjning (1 ledare, 130 kV) (7.2)	1700 m	34,38	0,86
Kabel, telekom (7.4)	1700 m	2,14	0,05
Lager av geotextil (6.4) Underbyggnad	8550 m2	3,44	0,04
Ledning av plaströr, dränrör dim 200 (6.4) Dricksvatten	373,3 m	2,48	0,06
Ledning av plaströr, dränrör dim 200 (6.4) Spillvatten	1108,6 m	4,10	0,10
Ledning av plaströr, dränrör dim 200 (6.4) Dagvatten	1449,1 m	9,64	0,24
Ledning av plaströr, dränrör dim 200 (6.4) Fjärrvärme/kyla	3399 m	22,61	0,57
Rivning, ospecificerad (6.4) 20% asfaltsytan	123 m3	0,77	0,01
Stål, konstruktion (6.3) Fjärrvärme/kyla	154,99 ton	346,67	2,89
Termisk isolering med isolerskivor (6.4) Fjärrvärme/kyla	2134,57 m2	28,27	0,35
Drift & Underhåll			ton CO2-e/år
Tvåfältsväg (8m) (6.4)	0,641 km		1,41
Total Klimatpåverkan [ton CO2-e]:		851,77	
Drift och Underhåll [ton CO2-e/år]:		1,41	

Figur A3: Klimatpåverkan från detaljplanens olika beståndsdelar.

I figur A4 ses även en kolumn med enheten ton CO₂-e / år. Denna är baserad på de angivna livslängderna för respektive byggdel som ingått i kalkylen.

Bidrag från Material och Arbetsmoment		
	ton CO2-e	ton CO2-e/år
Stål, generellt värde	340,98	2,84
Diesel (MK 1)	204,33	2,70
Marktegel	77,36	0,97
Asfalt, 6,5% bitumen	67,66	1,69
Polyeten, HDPE	48,03	1,20
Krossmaterial	36,32	0,45
Markisolering	26,78	0,33
Aluminium	25,03	0,63
Betong, anläggning	13,00	0,18
Kantsten	5,87	0,07
Geotextil, PP textil	3,26	0,04
Jord	1,94	0,02
Koppar	0,66	0,02
Glasfiber för optokabel	0,21	0,01
Stål, armeringsstänger	0,18	0,00
EI, ursprungsmärkt förnybar (inköpt av Trafikverket)	0,16	0,00
Massor	0,00	0,00
Salt (NaCl), inklusive transport	0,00	0,00
Bitumen	0,00	0,00
Total klimatpåverkan [ton CO2-e]:	851,77	

Figur A4: Klimatpåverkan från detaljplanens utformning uppdelat i material- och resursanvändning.

		Enhet
7	Alternativa Utformningar	
8	Asfalt	80,03 ton Co2-e
9	Grön asfalt	42,82 ton Co2-e
0	Skillnad	37,21 ton Co2-e
1		
2	Schaktning (hela arean + ledningsschakt) & Växtbädd	147,24 ton CO2-e
3	Befinligt schakt & Fyll	14,5 ton CO2-e
4	Skillnad	132,74 ton CO2-e
5		
6	Marktegel	77,36 ton CO2-e
7	Granitmarkplattor	24,67 ton CO2-e
8	Skillnad	52,69 ton CO2-e
9		
0	Given detaljplan	852 ton CO2-e
1	Inkl. alt. 1	815 ton CO2-e
2	Inkl. alt. 2	719 ton CO2-e
3	Inkl. alt. 3	799 ton CO2-e
4	Inkl. alt. 1 + 2 + 3	629 ton CO2-e
5		

Figur A5: Klimatpåverkan för den givna detaljplanens beståndsdelar/arbetsmoment; asfalt, schaktning av hela arean samt marktegel. Beståndsdelens/arbetsmomentets klimatpåverkan när den ersätts med alternativ utformning ses under respektive beståndsdel/arbetsmoment, samt skillnaden. Slutligen även den totala klimatpåverkan för den allmänna platsmarken klimatpåverkan, och när alternativ utformning 1, 2, 3 och slutligen när samtliga alternativ implementeras.

	Skydds-/ förstärknings- lager (0.51m)	Geotextil	Obundet bärlager (0.08m)	Schaktning (0.71m)	Bitumenbundet lager 120mm	Marktegel	Granitsten	Betong	Fyllning med jord	TOTALT kg CO2-e /m2
Asfalt	7,22	0,4	1,13	4,44	15,6	0	0	0	0	28,80
Marktegel	7,22	0,4	1,13	4,44	0	22,58	0	0	0	35,77
Granitmarkplattor	7,22	0,4	1,13	4,44	0	0	9,2	0	0	22,38
Betongmarkplattor	7,22	0,4	1,13	4,44	0	0	0	20,8	0	33,95
Växtbädd	0	0	0	4,44	0	0	0	0	4,77	9,21

Figur A6: Klimatpåverkan från olika typer av hårdbelagd yta uttryckt i kg CO₂-e/m².

