



Nr B 2393
September 2020

Livscykelanalys av ledningsstolpar

Cecilia Johannesson, Kristin Johansson, Fredrik Tegstedt



I samarbete med Energiforsk AB

Författare: Cecilia Johannesson, Kristin Johansson, Fredrik Tegstedt

Medel från: Energiforsk, Stiftelsen IVL

Rapportnummer B 2393

ISBN 978-91-7883-215-6

Upplaga Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2020**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Förord

Detta forskningsprojekt har genomförts av IVL Svenska Miljöinstitutet med finansiering från Energiforsk och Stiftelsen Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning (SIVL). Det är ett samfinansierat projekt där resultaten publiceras av de båda finansiärerna.

Projektiden bygger på en tidigare livscykelanalys (LCA) som utfördes av IVL under 2011 på uppdrag av ett flertal finansiärer i energibranschen och där olika stolpmaterial för ledningsstolpar jämfördes utifrån ett miljöpåverkansperspektiv längs livscykeln. Men eftersom stolpmarknaden utvecklats under senare år, delvis genom att nya stolpmaterial introducerats, anses den tidigare studien och dess resultat inte lika aktuella och behöver uppdateras.

Projektet är uppdelat i två delar. Den ena delen omfattar en LCA av ledningsstolpar och resultatet presenteras i den här rapporten. I den andra delen beräknas stolparnas direkta toxicitetspotential längs livscykeln genom att använda metoden ProScale. Resultatet från den andra delen är inte inkluderat i den här rapporten, utan finns istället dokumenterat i rapporten "B2392 - ProScale assessment within LCA on utility poles" som går att ladda ner på IVL:s hemsida. Rapporterna finns även publicerade på Energiforsk.se (rapport 2020:693 och 2020:694).

Arbetet har gjorts genom att i ett första steg revidera och uppdatera listan över de stolpmaterial som anses vara aktuella alternativ för den svensk stolpmarknaden och sedan beräkna de olika stolpmaterialens potentiella miljö- och toxicitetspåverkan genom LCA. Ett flertal stolpleverantörer deltar i projektet genom att dela med sig av information som är nödvändig för att göra en LCA. Vi vill tacka Eddie Freij & Erik Karlsson (Rundvirke), Dzenan Basic (ScanPole), Lars Nyborg (Koppers), Thomas Lindblad och Vemund Gudbrandsgard (WOPAS), Anders Holmberg (ABB Power Grids Sweden), Tom Bryant-Meisner och Anders Gripemo (Jerol) samt Galen Fecht och Kaji Löwhagen (RS/Melbye) för deras medverkan i projektet.

Kontaktperson hos Energiforsk och SIVL:

- Lennart Kjellman, Energiforsk
- Carin Ström, SIVL

Projektgrupp hos IVL:

- Fredrik Tegstedt, Projektledare (LCA)
fredrik.tegstedt@ivl.se
- Kristin Johansson, Projektmedarbetare (LCA)
kristin.johansson@ivl.se
- Cecilia Johannesson, Projektmedarbetare (LCA)
cecilia.johannesson@ivl.se
- Diego Peñaloza, Granskare (LCA)
diego.penaloz@ivl.se

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	6
Summary	8
Ordlista.....	10
1 Introduktion	11
1.1 Bakgrund	11
1.2 Livscykelanalys	12
2 Mål, syfte och omfattning	13
2.1 Syfte och omfattning.....	13
2.2 Mål.....	14
2.3 Studerade produktsystem.....	14
2.3.1 Studerade typer av kraftledningsstolpar	14
2.3.2 Funktionell enhet.....	15
2.3.3 Typ av LCA.....	15
2.4 Systemgränser	15
2.4.1 Avgränsningar mot natursystem.....	16
2.4.2 Geografiska avgränsningar.....	17
2.5 Miljöpåverkanskategorier	17
3 Livscykelinventering	18
3.1 Inkluderade trästolpar.....	18
3.2 Inkluderade kompositstolpar	19
3.3 Tillverkning av råmaterial (A1)	19
3.4 Tillverkning (A3).....	20
3.5 Användning (B1)	20
3.6 Transporter (A2, A4, C2).....	20
3.7 Avfallshantering (C3)	21
3.8 Återvinning (D)	21
4 Resultat	22
4.1 Klimatpåverkan.....	22
4.2 Försurning	23
4.3 Övergödning.....	24
4.4 Marknära ozon	25
4.5 Humantoxicitet.....	26
4.6 Ekotoxicitet.....	29
4.7 Primärenergi.....	30
4.8 Känslighetsanalys	31
4.8.1 Alternativa avfallsscenarier.....	32
4.8.2 Betydelsen av stolpens livslängd	33
4.8.3 Miljöpåverkan från elproduktion.....	35

5	Diskussion och slutsatser	38
5.1	Jämförelse med liknande studier	38
5.2	Tolkning av resultat	38
5.3	Begränsningar.....	40
5.4	Förslag på framtida studier	40
5.5	Slutsatser	41
6	Referenser.....	43
	Appendix A: Primärenergi.....	45
	Appendix B: Använda datakällor.....	46
	Appendix C: Resultat.....	47

Sammanfattning

Den här rapporten är ett resultat av forskningsprojektet "LCA av ledningsstolpar" som har samfinansierats av Energiforsk och Stiftelsen IVL under 2019 och 2020.

Bakgrunden till projektet är bland annat att IVL tidigare har utfört en LCA, där miljöpåverkan av olika ledningsstolpmaterial redovisades (Erlandsson, 2011). Nu några år senare har nya stolpmaterial introducerats på marknaden och resultaten från studien anses inaktuell och i behov av uppdatering.

Orsaken till att nya stolpmaterial utvecklats är huvudsakligen att det finns en osäkerhet om träskyddsmedlet kreosot kommer få fortsätta användas. Träskyddsmedlet innehåller ämnen med hälsofarliga egenskaper och är godkänt för begränsad användning för bland annat ledningsstolpar. För att minska användningen av kreosot och förbereda energibranschen på ett eventuellt förbud efterfrågar ledningsägare och energibolag nya alternativ.

Syftet med LCA:n är att ta fram miljöpåverkansdata för olika stolpmaterial och att resultaten skall kunna användas som underlag av ledningsägare och producenter vid tillståndsärenden och upphandlingar. Vidare syftar projektet till att informera ledningsägare, stolpproducenter och andra aktörer inom berörda marknader om den miljöpåverkan som valet av olika stolpmaterial kan medföra.

Studien omfattar den svenska marknaden och användning av stolpar under svenska förhållanden. Fyra material utvärderas med hjälp av LCA: trästolpe med kreosot, trästolpe med kopparbaserad impregnering, trästolpe klädd i polyeten och stolpe i komposit. Dessa material antas finnas tillgängliga inom närtid för den svenska marknaden (1–3 år).

Målet med LCA:n är att

1. Beräkna miljöpåverkan av de utvalda stolpmaterialen ur ett livscykelperspektiv genom att använda LCA,
2. Identifiera de delar av stolparnas livscykel som har en stor påverkan på resultatet, samt att
3. Jämföra de olika stolpmaterialens miljöpåverkan.

Resultatet av LCA:n visar att miljöpåverkan för de studerade stolpmaterialen uppkommer på olika ställen längs deras livscykel och skiljer sig åt beroende på vilket material och vilken miljöpåverkanskategori som studeras. En stor del av stolparnas totala miljöpåverkan uppkommer vid utvinning och tillverkningen av råmaterial. Men även läckage av metaller och organiska föreningar under bruksfasen samt hur stolparna hanteras efter livslängdens slut har stor påverkan på resultatet.

PE-klädd trästolpe är den stolpe som resulterar i lägst miljöpåverkan av de studerade stolparna och det gäller för alla de miljöpåverkanskategorier som omfattas av projektet, förutom för påverkanskategorin marknära ozon där kopparimpregnerade trästolpar är marginellt bättre. En bidragande anledningen till resultatet är att stolpen tillverkas av förnyelsebar träråvara och delvis återvunnen polyeten. Stolpen är även designad för att både trä- och plastråvara skall återanvändas, vilket ger en lägre påverkan vid livslängdens slut jämfört med om stolpen förbränts efter användning. Stolpen har också en låg påverkan under bruksfasen då den, relativt sett de impregnerade trästolparna, inte emitterar metaller eller organiska föreningar.

Kompositstolpen är den typ som har högst miljöpåverkan i samtliga studerade miljöpåverkanskategorier förutom övergödning och ekotoxicitet där impregnerade trästolpar har en högre påverkan. Hög påverkan från råmaterialen för kompositstolparna ger en högre total påverkan jämfört med impregnerade trästolpar och PE-klädd trästolpe. Fördelen med kompositstolpen är att den relativt sett de impregnerade trästolpen inte läcker metaller eller organiska föroreningar till omkringliggande miljö under användningsfasen.

För trästolpar som impregneras med antingen kreosot eller kopparbaserade impregneringsmedel bidrar främst impregneringsprodukterna till dess miljöpåverkan. Delvis bidrar framställningen av impregneringsprodukterna till resultatet, men även läckage under användningen och utsläpp vid avfallshantering påverkar.

Resultatet av känslighetsanalysen, där stolparnas förväntade livslängd och dess vinster efter återvinning inkluderas i analysen, visar att PE-klädd trästolpe har lägst klimatpåverkan även här och att kompositstolpen resulterar i högst.

Summary

This report is a result of the research project "LCA of utility poles" which has been co-financed by Energiforsk and the Foundation for IVL Swedish Environmental Research Institute (SIVL) in 2019 and 2020.

The background of the project is that IVL Swedish Environmental Research Institute has previously carried out an LCA, where the environmental impact of various pole materials was reported (Erlandsson, 2011). Now, a few years later, new materials for utility poles have been introduced to the market and the results of the previous study are considered outdated and in need of an update.

The reason for developing new pole materials are mainly because there is an uncertainty as to whether the wood preservative creosote will continue to be used. Creosote contains substances with hazardous properties and is approved for restricted use for, among other things, utility poles. In order to reduce the use of creosote and to prepare the energy industry for a possible ban, grid owners and energy companies are demanding new alternatives.

The purpose of the LCA is to generate environmental impact data for different pylon materials but also that the results can be used by grid owners and pole producers in permit matters and public procurement. Furthermore, the project aims to inform pylon owners, pole producers and other actors in the affected markets about the environmental impact that the choice of different pole materials can bring.

The study covers the Swedish market and the use of poles for Swedish conditions. Four materials are evaluated using LCA: wooden pole impregnated with creosote, wooden pole with copper-based impregnation, wooden pole covered in polyethylene and composite poles. These materials are believed to be available in the short term for the Swedish market (1-3 years).

The goal of the LCA is to

1. Calculate the environmental impact of the selected pole materials from a life cycle perspective using LCA,
2. Identify the parts of the utility poles' life cycle which have a major impact on the result, and to
3. Compare the environmental impact of the different pole materials.

The results of the LCA show that the environmental impact of the studied pole materials arise in different places along their life cycle and differs depending on the material and the environmental impact category being studied. A large part of the poles' environmental impact arises from the extraction and production of raw materials. Also, the emission of metals and organic pollutants during the use phase as well as how the poles are handled after the end of life has a major impact on the total result.

The PE-clad wooden pole results in the lowest environmental impact of the studied utility pole materials, and this applies to all the environmental impact categories covered in the project, except for ozone creation potential (ground level ozone) where wooden pole with copper-based impregnation scores slightly better. One of the contributing reasons for the lower impact of a PE-clad wooden pole is that it is made from a renewable raw material (wood) and a large proportion of recycled polyethylene. The utility pole is also designed for recycling of both wood

and plastic raw material, which gives a lower overall impact at the end-of-life stage compared to incineration. The utility pole also has a low impact during the use phase as, in relation to the impregnated wooden posts, it does not emit metals or organic pollutants.

The composite poles have the highest environmental impact in all studied environmental impact categories except for eutrophication and ecotoxicity where impregnated wooden posts have a higher impact. High impact from the raw materials for the composite posts gives a higher total impact compared to impregnated wooden poles and the PE-clad wooden pole. The advantage of composite poles is that, in relation to impregnated wooden poles, it does not emit metals or organic pollutants into the surrounding environment during the use phase.

For wooden poles that are impregnated with either creosote or a copper-based impregnating agent, it is the impregnation products which mainly contributes to its environmental impact. It is the production of the impregnation products that contributes to the overall results, but also emissions during the use phase as well as emissions during waste management.

The results of the sensitivity analysis, where the expected lifespan of the poles and their environmental gains after recovery are included in the analysis, show that the PE-clad wooden pole has the lowest impact considering climate change and that the composite pole result in the highest.

Ordlista

I ordlistan nedan beskrivs begrepp som används i den här studien och en förklaring med vad som avses.

Ord	Förklaring
Funktionell enhet	Beräkningsbasen för studien som är den enhet som resultatet relaterar till.
Känslighetsanalys	Analys av osäkra parametrar såsom antaganden och indata för att utvärdera deras påverkan på resultatet.
Livscykelanalys (LCA)	Sammanställning och utvärdering av relevanta inflöden och utflöden från en produkt, process eller system samt utvärdering av de potentiella miljöeffekterna över hela dess livscykel (ISO 14040:2006 och 14044:2006).

1 Introduktion

Detta introduktionskapitel syftar till att ge dig som läsare en introduktion till bakgrunden till forskningsprojektet, vem som kan tänkas vara intresserade av resultaten och hur det skulle kunna användas inom exempelvis branschen. Vidare beskrivs kort de metoder som används för att beräkna miljöpåverkan av ledningsstolparna och deras toxicitetspotential.

1.1 Bakgrund

Som vi redan nämnde i rapportens förord så utförde IVL Svenska Miljöinstitutet, på uppdrag av ett flertal anslagsgivare inom ledningsbranschen, en LCA där miljöpåverkan av olika ledningsstolpmaterial redovisades (Erlandsson, 2011). Utöver miljöpåverkan beräknades även produkternas potentiella human- och ekotoxicitet. Nu några år senare har nya stolpmaterial introducerats på stolpmarknaden och resultaten från studien från 2011 anses oaktuell och är i behov av uppdatering.

Som svar på det har Energiforsk och SIVL finansierat ett projekt utfört av IVL med syfte att göra en ny LCA, där listan över de stolpmaterial som utvärderingen omfattar har aktualiserats för att reflektera dagens marknad i Sverige. I studien 2011 inkluderades fyra olika stolpmaterial, men några av dessa anses inte längre relevant för den svenska marknaden. Vidare har helt nya stolpmaterial introducerats på marknaden. Dessa har tidigare inte utvärderats ur ett miljöpåverkansperspektiv och intresset av att bättre förstå den efterfrågas av bland annat ledningsägare och energibolag. Resultaten är också avsedda för att användas som underlag i samband med tillståndsprövningar och i kommunikation med myndigheter så som länsstyrelsen och kommuner.

Bakgrunden till att nya stolpmaterial utvecklas är bland annat att det finns en osäkerhet om huruvida träskyddsmedlet kreosot kommer att få fortsätta användas eller inte. För tillfället är användningen begränsad men kreosot är godkänd för impregnering av järnvägs-sliprar och ledningsstolpar. Anledningen till den begränsade användningen är att Kreosot innehåller flera olika ämnen som har hälsofarliga egenskaper (Kemikalieinspektionen, 2020). För att minska användningen av kreosot och förbereda energibranschen på ett eventuellt förbud efterfrågar ledningsägare och energibolag nya alternativ. Dessa alternativ innefattar till exempel trästolpar med andra typer av impregneringar och kompositstolpar.

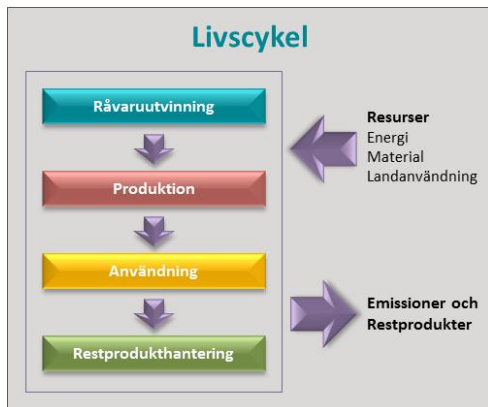
Utöver utvärderingen av miljöpåverkan har ytterligare en metod inkluderats i projektet. Den kallas ProScale och används för att beräkna produkters potentiella toxiska risk ur ett arbetsmiljöperspektiv och längs deras livscykel. Metoden är under utveckling och detta forskningsprojektet ingår i en rad av andra projekt där ProScale testas ur ett användar- och resultatperspektiv. Resultaten från projektets ProScale-bedömning presenteras separat i rapporten "B2392 - ProScale assessment within LCA on utility poles" som finns att ladda ner på IVL:s hemsida.

Bolag som står bakom projektidén är Vattenfall Eldistribution AB, Skellefteå Kraft AB, EON, Kraftringen AB, och Telia Company.

1.2 Livscykelanalys

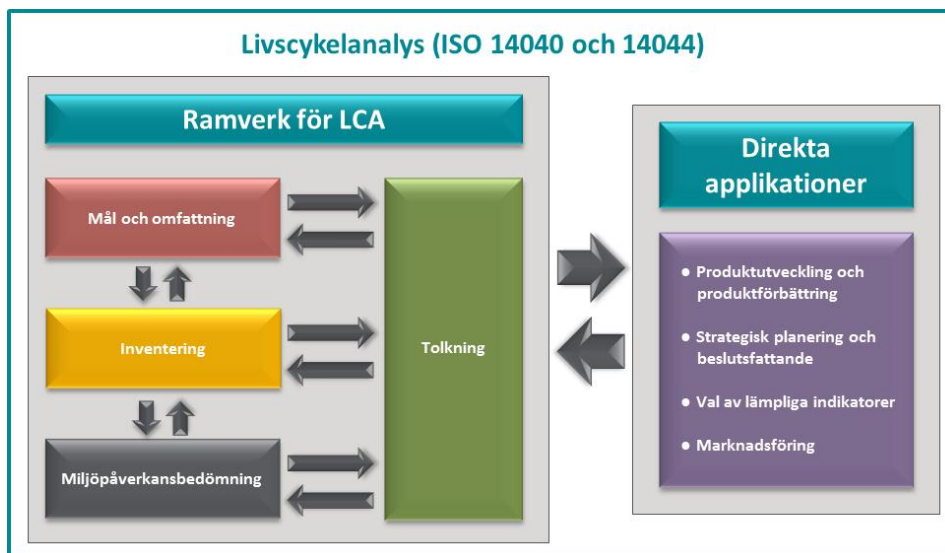
Livscykelanalys (LCA) är en sammanställning och utvärdering av relevanta inflöden och utflöden från ett produktsystem samt utvärdering av de potentiella miljöeffekterna hos produktsystemet över hela dess livscykel (ISO 14040:2006 och 14044:2006). Med inflöden och utflöden avses användning av naturresurser respektive generering av emissioner och restprodukter som är knutna till systemet.

Livscykeln består av processer och transporter i alla stadier från uttag av naturresurser till och med slutligt omhändertagande av produkten samt kvittblivning av restprodukter (avfallshantering och återvinning) (Figur 1).



Figur 1. Illustration av ett LCA system.

En livscykelanalys består av fyra faser, vilka enligt ISO-standarderna benämns; definition av målsättning och omfattning, inventeringsanalys, miljöpåverkansbedömning och tolkning av resultaten (Figur 2).



Figur 2. LCA-studiens olika faser.

2 Mål, syfte och omfattning

I det här kapitlet sammanfattas projektets mål, syfte och omfattning. Här tydliggörs även i viss utsträckning vad projektets begränsningar är och vad det inte syftar till att bidra med.

2.1 Syfte och omfattning

Projektet syftar till att ta fram underlag om miljöpåverkan för kraftledningsstolpar tillverkade i olika material. Dessa material antas finnas tillgängliga inom närtid för den svenska marknaden. Även stolpmaterial som är under utveckling och som inom en 1–3-årsperiod kan anses bli aktuella för den svenska marknaden omfattas av studien.

Syftet med att ta fram miljöpåverkansdata för olika stolpmaterial är att resultaten skall kunna användas som underlag av ledningsägare och producenter vid tillståndsprövningar och upphandlingar. Vidare syftar projektet till att informera ledningsägare, stolpproducenter och andra aktörer inom berörda marknader om den miljöpåverkan som valet av olika stolpmaterial kan medföra.

Studien omfattar den svenska marknaden och användning av stolpar under svenska förhållanden. I vissa fall levererar internationella producenter stolpar till den svenska marknaden och i dessa fall återspeglar LCA:n de faktiska geografiska förutsättningarna, som till exempel produktion och transporter. Projektet omfattar inte stolpmaterial som är under utveckling och kan komma att bli aktuella för den svenska marknaden inom ett mellan till långt tidsperspektiv. Syftet med projektet är alltså att generera information som i närtid kan användas inom branschen.

Livslängden för de olika stolpmaterialen kan vara en avgörande faktor för produkternas påverkan på miljön. Men osäkerheten kring vad som gäller är stor. Därför har vi i projektet gjort en kompromiss där stolpmaterialens livslängd delvis tas med i projektet och testas i en scenarioanalys. I den antas livslängden vara i linje med det antal år som stolpproducenter och leverantörer anger som riktvärde för Sverige och svenska förhållanden. I den övergripande jämförelsen tar vi inte hänsyn till skillnader i livslängder mellan de olika stolpmaterialen. Det antas att de utvärderade stolparna levererar en livslängd som är tillräckligt lång för att ledningsägarna skall överväga att bygga sina ledningsbanor med de valda stolpmaterialen.

Utöver att testa livslängdens inverkan på resultaten testas även alternativa avfallshanteringsscenarier. Vissa av stolpmaterialen antas kunna materialåtervinnas, medan andra förbränns i kraftvärmeverk.

Egenskaperna hos de olika stolpmaterial som studerats skiljer sig åt. Förutom livslängden varierar även stolpmaterialens förmåga att bära last, vilket skulle kunna resultera i att behovet av antalet stolpar för en viss ledningsbana varierar mellan de olika stolpmaterialen. Men då syftet med LCA:n är att jämföra olika stolpmaterials påverkan över livscykeln har dessa variationer inte inkluderats i resultaten, men diskuteras i rapporten. Men resultatet (miljöpåverkan av olika stolpmaterial) kan användas för att beräkna en total miljöpåverkan från en viss typ av stolpar för en unik ledningssträckning. Det går även att använda resultaten för att utvärdera olika stolpmaterials totala påverkan för en ledningsgata. Det görs genom att multiplicera resultatet för en stolptyp med antalet stolpar som krävs för en ledning.

2.2 Mål

Målen med projektet är att:

1. Beräkna miljöpåverkan av olika stolpmaterial ur ett livscykelperspektiv genom att använda LCA,
2. Identifiera de delar av stolparnas livscykel som har en stor påverkan på resultatet, samt att
3. Jämföra de olika stolpmaterialens miljöpåverkan.

2.3 Studerade produktsystem

Nedan beskrivs vilka typer av ledningsstolpar som är inkluderade i studien samt de stolpleverantörer som bidragit med data för respektive stolpmaterial. I kapitlet beskrivs även den funktionella enheten som har används som beräkningsreferens i studien.

2.3.1 Studerade typer av kraftledningsstolpar

De ledningsstolpar som har inkluderats i studien består av olika typer av material och tillverkas av olika leverantörer. Jämfört med den tidigare studien (Erlandsson, 2011) inkluderas inte ledningsstolpe av betong eller stål. Trästolpe med impregnering av kreosot är referens för studien. De stolpmaterial som jämförs i studien är alltså impregnerat trä, PE-klädd trästolpe samt kompositstolpe. I Tabell 1 presenteras vilka ledningsstolpar som är inkluderade i studien samt vilka avfallshanteringsalternativ som valts i studien för respektive stolpe. I kapitel 3.7 går det att läsa mer om avfallsscenarierna. Dessa antaganden testas också i en känslighetsanalys.

Tabell 1. Studerade ledningsstolpar.

Nr	Typ av stolpe	Leverantör	Avfallshantering
1	Trästolpe - Kreosot	Rundvirke	Förbränning
2	Trästolpe - Koppar	Rundvirke	Förbränning
3	Trästolpe - Koppar + RVP repellent	Rundvirke	Förbränning
4	Trästolpe - PoleProtect	ScanPole + Koppers	Förbränning
5	Trästolpe - PE-mantel	WOPAS	Materialåtervinning
6	Kompositstolpe - epoxi	ABB Power Grids Sweden	Deponi
7	Kompositstolpe - polyester	Jerol	Deponi
8	Kompositstolpe - polyuretan	Melbye	Deponi

Ett av syftet med denna rapport är att jämföra miljöpåverkan av olika stolpmaterial snarare än stolpleverantörer. Därför har stolpar av samma typ eller material aggregerats ihop och resultatet visar ett medelvärde av miljöpåverkan. Medelvärdet har beräknats genom att summera ihop miljöpåverkan för stolpar av samma material och sedan dividera med antalet stolpar. Stolpmaterialen presenteras i resultatdelen som:

- Kreosot (stolpe nr 1 i Tabell 1 ovan),
- Kopparimpregnerade trästolpar (stolpe nr 2, 3 och 4),
- PE-klädd stolpe (stolpe nr 5) samt
- Kompositstolpar (stolpe nr 6, 7 och 8).

2.3.2 Funktionell enhet

Den funktionella enheten fungerar som beräkningsbas för studien och är den enhet som resultatet refererar till. Som funktionell enhet valdes en 12 meters kraftledningsstolpe (N12).

Livslängden för stolparna varierar beroende på bland annat stolpmaterial och impregnering. I huvudresultat för denna studie har ingen hänsyn tagits till stolparnas varierande livslängd. För att analysera livslängdens påverkan på resultatet har en känslighetsanalys med avseende på livslängden genomförts som presenteras i avsnitt 4.8.

2.3.3 Typ av LCA

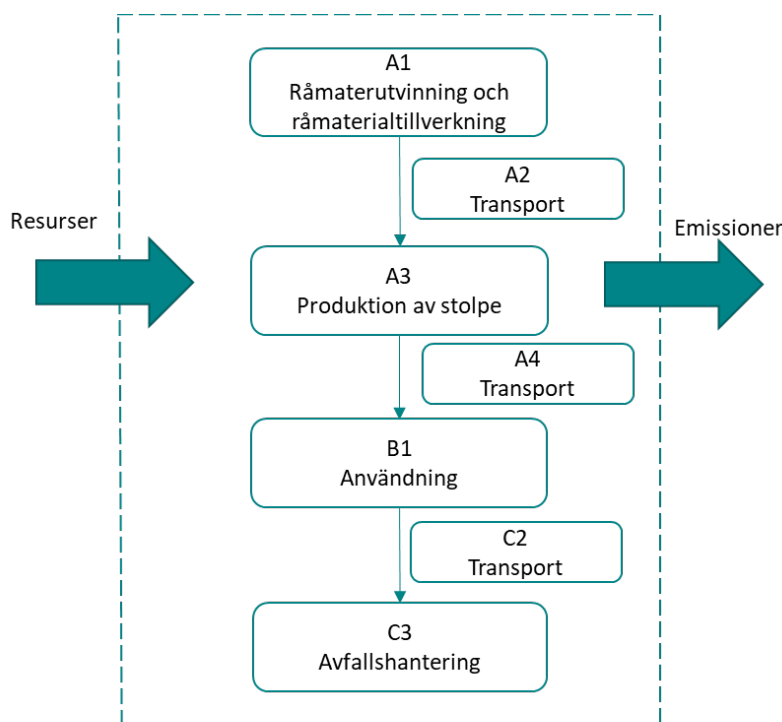
Det finns två olika typer av LCA-studier som skiljer sig åt genom att de svarar på olika frågor. En LCA-studie kan antingen vara en bokförings-LCA eller en konsekvens-LCA. En bokförings-LCA fokuserar på att undersöka miljöpåverkan från ett system medan en konsekvens-LCA undersöker miljökonsekvenserna av övergång från ett system till ett annat.

Denna studie är en bokförings-LCA och fokuserar på att undersöka miljöpåverkan för respektive stolpmaterial.

2.4 Systemgränser

I det här avsnittet beskrivs LCA-modellernas systemgränser samt vilka processer som är inkluderade respektive exkluderade för samtliga studerade produktsystem och för känslighetsanalysen. Med känslighetsanalys avses analys av osäkra parameter som kan vara avseende indata eller antaganden som har gjorts i studien. Påverkan på resultat från analysen utvärderas och presenteras separat efter huvudresultatet för studien.

I Figur 3 nedan visas flödesschema för ledningsstolparna. Flödesschemat visar vilka processer som är inkluderade respektive exkluderade. Installation samt nedmontering och underhåll inkluderas inte i studien. Studien tar endast hänsyn till ledningsstolpen och inte ledningen eller fästnanordning. El samt förluster ingår inte i studien.



Figur 3. Flödesschema för ledningsstolparna.

Figuren ovan är baserad på moduler definierade i standarden EN15804. De moduler som är exkluderade kan ses i Tabell 2 nedan.

Tabell 2. Inkluderade och exkluderade livscykelstadium (moduler) definierade enligt EN15804. Modul D är inkluderat i en känslighetsanalys.

	Produktfas			Konstruktionsfas		Användningsfas							End-of-life				D
	Råmaterialutvinning	Transport	Tillverkning	Transport	Installation	Användning	Underhåll	Reparation	Ersättning	Renovering	Energi under användning	Vatten under användning	Nedmontering	Transport	Avfallshantering	Kvittblivning	Vinster efter End-of-life
Modul	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Inkl.	X	X	X	X		X								X	X		

2.4.1 Avgränsningar mot natursystem

Detta är en vaggas till grav studie vilket innebär att hela livscykeln har inkluderats från produktion av bränslen, elektricitet och råvaror ända från vaggan där naturresurserna utvinns till graven, dvs avfallshandlingen av ledningsstolparna. LCA-studien inkluderar alla relevanta transporter.

2.4.2 Geografiska avgränsningar

Studien reflekterar installation och användning av ledningsstolparna i Sverige. Detta betyder att avfallshanteringen av ledningsstolparna grundar sig i svenska förhållanden. Tillverkningen av ledningsstolparna sker i olika länder och bygger på information från leverantörer. Produktion av energi för tillverkningen av ledningsstolparna har antagits representera det land där respektive stolpe produceras, dvs el som används för produktionen för en ledningsstolpe i Sverige baseras på data som avser svensk genomsnittlig elmix.

Data för produktion av råvaror bygger på aggregerade data som främst baseras på data från EU. I de fall då EU-baserade data inte varit tillgänglig har data från andra länder eller regioner använts.

2.5 Miljöpåverkanskategorier

Resultatet från studien presenteras för flera miljöpåverkanskategorier. De miljöpåverkanskategorier som inkluderats i studien, samt vilken metod som använts, presenteras i Tabell 3 nedan. Val av miljöpåverkanskategorier samt metoder baseras på krav från EN15804:2012+A2:2019 (CEN, 2019).

Tabell 3. Miljöpåverkanskategorier inkluderade i studien.

Miljöpåverkanskategori	Indikator	Enhet	Metod
Klimatpåverkan, fossil	GWP-fossil	kg CO ₂ -ekv.	IPCC 2013
Förurening	AP	mol H ⁺ -ekv.	Accumulated Exceedance
Övergödning	EP-freshwater	kg P-ekv.	ReCiPe 2008
Ekotoxicitet	ETP-freshwater	CTUe ¹	USETox
Humantoxicitet, cancer	HTP-c	CTUh ²	USETox
Humantoxicitet, non-cancer	HTP-nc	CTUh ²	USETox
Marknära ozon	POCP	kg NMVOC-ekv. ³	ReCiPe 2008

I Tabell 4 nedan presenteras de LCI-indikatorer som inkluderats i studien.

Tabell 4. LCI-indikatorer.

Parameter	Indikator	Enhet
Primärenergianvändning, förnybara	PERT	MJ
Primärenergianvändning, icke förnybara	PENRT	MJ

¹ Comparative Toxic Unit (Ecotoxicity potential).

² Comparative Toxic Unit (Human toxicity potential).

³ Non-Methane Volatile Organic Compounds.

3 Livscykelinventering

I detta kapitel presenteras de olika stolptyperna som har inkluderats och de data som har samlats in för respektive stolptyp. Livscykelinventeringen genomfördes dels för att få en förståelse för de olika stegen i livscykeln för stolparna och för i nästa steg kunna samla in data för att genomföra beräkningarna för studien.

Eftersom data för tillverkningen av stolparna är konfidentiell (tillhör de olika tillverkarna) så presenteras de inte i rapporten. Tillverkningsprocessen för respektive stolpe beskrivs därför på ett överskådligt plan utan detaljerade data med mängder eller specifikt vilka råmaterial som ingår. I detta avsnitt kommer även viktiga antaganden för studien presenteras. I Bilaga B: Använda datakällor redovisas de datakällor och de processer som används i LCA programvaran GaBi för att beräkna miljöpåverkan för stolptyperna. Datakällor presenteras endast för de material och resurser som inte är konfidentiella.

Data och information som används som underlag för studien har samlats in från olika källor såsom:

- Tillverkare och leverantörer av kraftledningsstolpar (Tabell 1)
- Litteratur
- Personlig kommunikation
- LCA databaser t ex LCA-programvaran GaBi databas (Thinkstep AG, 2018) eller data publicerad av branschorganisationer (PlasticsEurope)

3.1 Inkluderade trästolpar

I studien ingår fem trästolpar med olika impregneringar eller mantlar och tre kompositstolpar. En kort beskrivning över respektive leverantör och stolpe presenteras nedan.

Rundvirke

Rundvirke Poles AB tillverkar impregnerade trästolpar som används som telefon och elledningsstolpar. Företaget har två tillverkningsanläggningar i Sverige, Ludvika och Kälarna. Stolparna tillverkas av svensk skog och Rundvirke tillverkar stolpar med olika impregnering. Rundvirke har tillverkat impregnerade trästolpar i 121 år (Rundvirke Poles, 2020).

Tre av Rundvirkes trästolpar ingår i denna studie. Referensen för studien är trästolpe med kreosotimpregnering. Utöver det ingår trästolpe som impregnerats med en kopparsaltsimpregnering samt en stolpe som impregnerats med koppar följt av en oljebaserad impregnering (RVP Repellent).

Kreosotstolpen har en ungefärlig livslängd på ca 55 år, den kopparsaltimpregnerade stolpen har en livslängd på ca 35 år och den oljebehandlade kopparsaltimpregnerade stolpen en livslängd på ca 45 år (Freij, 2020).

ScanPole

ScanPole tillverkar trästolpar för bland annat kraftledning och belysning. Företaget har produktionsanläggningar i Norge, Finland och Storbritannien och har tillverkat stolpar i ca 70 år. De tillhandahåller flera olika impregneringssorter för trästolparna (t.ex. kreosot och

kopparsaltimpregnering), men fokus i denna LCA har varit på en kopparoljeimpregnering som kallas PoleProtect och som finns på marknaden från år 2020 (ScanPole, 2020).

ScanPoles stolpe med PoleProtect uppskattas enligt tester ha en livslängd på över 40 år (Basic, 2020).

WOPAS

WOPAS AS tillverkar oimpregnerade trästolpar med PE-beklädnad och företaget etablerades 2016. Träråvaran är svensk eller norsk gran eller furu som svarvas till rätt mått och torkas till lämplig fuktkvot. Plastråvaran motsvarar ca 25% av stolpens totala vikt och består till hälften av återvunnen och till hälften jungfrulig polyeten. Livslängden för stolpen bedöms vara omkring 80 år (WOPAS, 2020).

3.2 Inkluderade kompositstolpar

Tre olika glasfiberkompositstolpar ingår i studien. Nedan följer en kort beskrivning av respektive stolpe.

ABB Power Grids Sweden

ABB Power Grids Sweden utvecklar kompositstolpar som ska kunna användas som alternativ till trästolpar. Kompositstolpens stomme är uppbyggd av glasfiber och epoxiplast och har ett ytterhölje av termoplast. Den är underhållsfri och har en förväntad livslängd på 80 år (ABB, 2020).

Jerol

Jerol Industri AB tillverkar kompositstolpar för användning som bland annat kraftledningsstolpar. De tillverkar stolpar i sin fabrik i Tierp utanför Uppsala i Sverige sedan år 2001. Stolpen består av en kärna av glasfiberarmerad polyester och ett skal av polyeten. Livslängden för Jerol-stolpen bedöms vara 80 år eller längre (Jerol, 2018).

Melbye

Melbye Skandinavia tillhandahåller lösningar för infrastruktur inom el- och fibernät. Melbye levererar bland annat kompositstolpar som produceras av RS. Kompositstolpen består av glasfiber och polyuretan (PU) och den har en uppskattad livslängd på 100 år i svenska väderförhållanden (Fecht, 2020).

3.3 Tillverkning av råmaterial (A1)

Data med avseende på vilka råmaterial samt mängder per tillverkad stolptyp samlades in i samarbete med leverantörerna. För trästolparna har både data gällande träråvara samt impregneringsmedel inkluderats. För kompositstolparna är både huvudråmaterial och eventuella kemikalier och additiv som behövs för produktionen inkluderade. Material för lock och botten är inkluderat för samtliga kompositstolpar.

Den data som har använts för att beräkna påverkan för produktionen av material och resurser är hämtad från generiska data från Thinkstep AG (2018).

3.4 Tillverkning (A3)

Data för tillverkningen av stolparna har samlats in från leverantörerna. Rapporterad energi vid tillverkningen är främst elektricitet. För uppströmsdata för elproduktionen har generiska data för landspecifik genomsnittlig elproduktion använts baserat på vart produktionen äger rum. Interna transporter för tillverkningen har inkluderats i studien.

Information gällande avfall och direkta emissioner från produktionen är bristfälligt och är därför endast inkluderats till viss mån och baseras på de data som producenterna angivit.

3.5 Användning (B1)

Inget underhållsarbete under stolparnas användningsfas har inkluderats samt eventuell miljöpåverkan som uppkommer vid installation och nedmontering. Vid användningen av trästolparna uppstår läckage av impregnering vilket har inkluderats i studien. Information gällande läckage bygger på information från litteratur samt dataunderlag från leverantörerna.

3.6 Transporter (A2, A4, C2)

Information om transportavstånd och transportslag för råmaterial som används till stolparna har inhämtats från stolpproducenterna. Dessa presenteras inte i rapporten på grund av sekretess. Miljöpåverkan från dessa transporter redovisas i modul A2 som beskrivits i Figur 3 ovan.

Denna studie omfattar användning av kraftledningsstolpar på den svenska marknaden och därför har genomsnittliga transporter av färdiga stolpar antagits ske inom eller till Sverige om stolparna producerats utomlands. I Tabell 5 nedan presenteras vilka transportavstånd till en genomsnittlig kund i Sverige som använts i studien (modul A4) samt vilka avstånd som använts för transport från uppställningsplats till förbränningsanläggning eller deponi (modul C2).

Tabell 5. Transportavstånd.

Typ av stolpe	Avstånd till kund	Avstånd till avfallshantering
Trästolpe – Kreosot	200 km	100 km
Trästolpe – Koppar	200 km	100 km
Trästolpe – Koppar + RVP repellent	200 km	100 km
Trästolpe – PoleProtect	600 km	100 km
Trästolpe – PE-mantel	600 km	100 km
Kompositstolpe – Epoxy	200 km	100 km
Kompositstolpe – Polyester	200 km	100 km
Kompositstolpe – Polyuretan	5 000 km + 200 km ⁴	100 km

⁴ Avståndet 5 000 km avser transport med båt och avståndet 200 km avser transport med lastbil.

3.7 Avfallshantering (C3)

Studien inkluderar "vagga till grav" och avfallshanteringen är därför inkluderad i studien. För trästolparna har avfallshantering modellerats utifrån förbränning av trä och i ett fall polyeten. Ingen kredit för tillverkad energi i form av el och värme är inkluderad.

För kompositstolpar finns flera alternativ för avfallshantering. Stolpen kan deponeras, användas som fyllnadsmaterial och i framtiden antas stolpen kunna materialåtervinnas. I denna studie har avfallshanteringen för kompositstolpar beräknats utifrån deponi. Stolparna kan inte förbrännas eftersom de till stor del innehåller glasfiber. Data för förbränning och deponering bygger på generiska data från Thinkstep AG (2018).

3.8 Återvinning (D)

I känslighetsanalysen har påverkan från eventuell återvinning utvärderats för de olika stolptyperna. För de impregnerade trästolparna är energiåtervinning medräknat och där en genomsnittlig svensk el- och fjärrvärmemix antas ersättas vid förbränningen. Stolparna förväntas kunna förbrännas i konventionella kraftvärmeverk tillsammans med hushållsavfall där fördelningen mellan genererad el och värme är modellerat som 10% el och 90% värme.

För kompositstolpar antas PE-manteln kunna ersätta nytillverkad PE och kompositen kunna användas som fyllnadsmaterial och därmed ersätta krossat berg. Den PE-klädda trästolpen antas också kunna ersätta nytillverkad PE och träkärnan ersätta spånskiva.

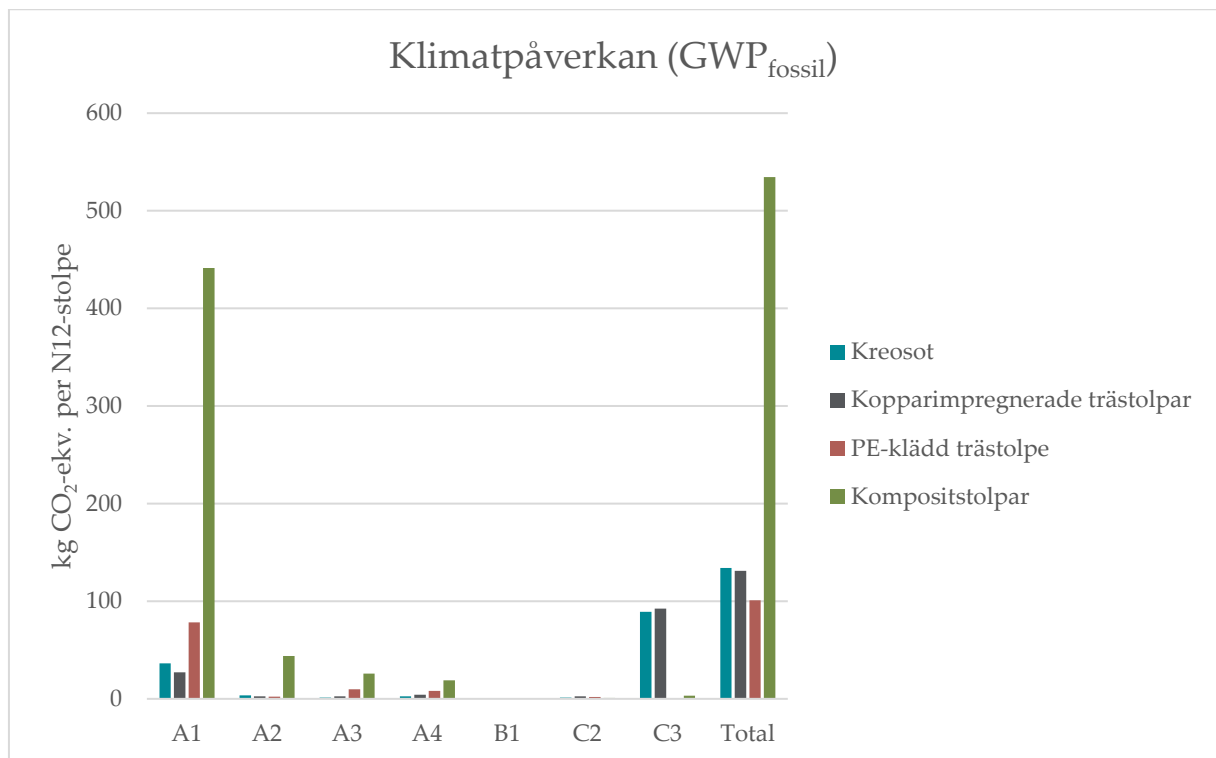
4 Resultat

I det här kapitlet presenteras och beskrivs resultatet av LCA:n. Det inkluderar fyra olika kategorier av stolpmaterial för stolptypen N12. Resultaten för trästolpar med kopparbaserad impregnering visas som ett medelvärde av de stolpar som impregneras med annat än kreosot, det vill säga koppar, koppar/RVP repellent och PoleProtect. På samma sätt visas resultaten för de tre studerade kompositstolparna (epoxi, polyester och polyuretan).

De miljöpåverkanskategorier som presenteras är listade i Tabell 3 och påverkan visas som total påverkan men är också uppdelad längs livsrykeln enligt Tabell 4, vilket är ett urval av moduler beskrivna i EN15804. Resultaten återfinns även i tabellform i Appendix C.

4.1 Klimatpåverkan

Klimatpåverkan för de olika stolpmaterialen presenteras i Figur 4 och visar den påverkan som huvudsakligen uppkommer från koldioxid av fossilt ursprung. Det biogena nettobidraget av klimatpåverkan från förnyelsebara råmaterial antas över 100 år vara noll (upptag under odling och utsläpp vid avfallshantering) då produkternas livslängd är kortare än en hundraårsperiod.



Figur 4. Klimatpåverkan för respektive stolpmaterial uttryckt i kg CO₂-ekv per stolpe.

Det stolpmaterial som bidrar till störst klimatpåverkan över sin livslängd är kompositstolpar. Den huvudsakliga påverkan uppstår när resurser utvinns och stolpmaterialen (främst glasfiber och polymerer) produceras (A1). Påverkan från produktionen av stolparna (A3) och transporterna av stolpmaterial (A2) och färdigproducerad stolpe (A4) är relativt sett påverkan från råmaterialen ganska liten. Detta trots att en av de tre studerade kompositstolparna produceras i Nordamerika.

Avfallshanteringen (C3) har relativt nästan ingen påverkan då stolpen antas läggas på deponi efter användning vilket resulterar i begränsade utsläpp av växthusgaser.

PE-klädd trästolpe är den typ som bidrar till den lägsta klimatpåverkan över sin livscykel av de stolpmaterial som studerats. Påverkan uppstår främst vid utvinning och produktion av råmaterial som används. Men då hälften av plastråvaran (PE) produceras av återvunnet material bidrar det till en lägre påverkan i jämförelse med om den istället tillverkats från jungfruligt material. Avfallshanteringen har i det närmaste ingen klimatpåverkan eftersom både trä- och plastråvara återvinns och används för att producera nya produkter.

Klimatpåverkan för trästolpar som impregneras med kreosot och kopparbaserade impregneringar bidrar till något högre klimatpåverkan än PE-klädd trästolpe. Dess huvudsakliga påverkan uppstår då stolparna förbränns under avfallshanteringen, men viss påverkan uppstår även under utvinning och tillverkning av råmaterialen. Även för dessa stolpmaterial bidrar inte förbränning av träråvara till resultaten i C3 eftersom den är förnyelsebar.

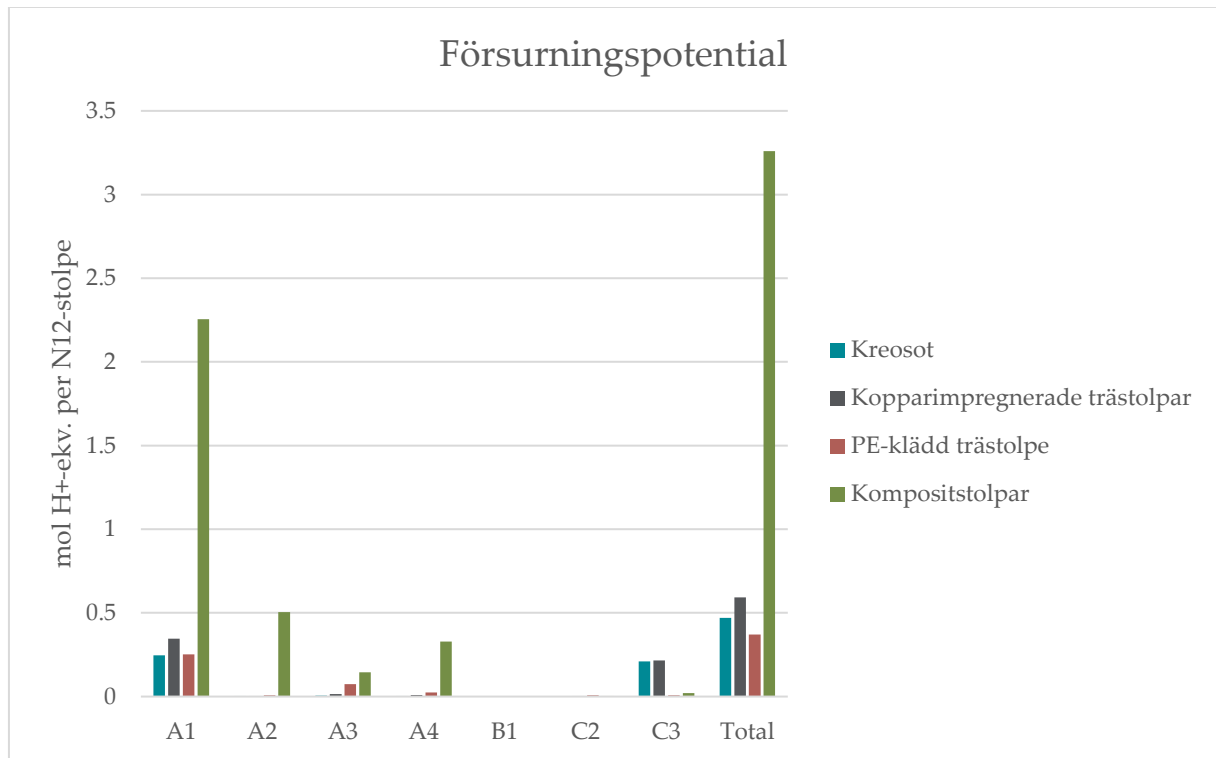
Generellt visar resultaten att tillverkning och transporter av stolpar har relativt liten klimatpåverkan, medan den största påverkan kommer från valet av stolpmaterial (råmaterial och avfallshandling). Anledningen till att påverkan från transporter för kompositstolpar är något högre i jämförelse med de andra stolparna är att råmaterialen köps in av globala aktörer och då transporteras betydligt längre (A2).

4.2 Förurning

I Figur 5 nedan visas stolpmaterialens potentiella påverkan på förurning. Det visar att stolpar som tillverkas i kompositmaterial bidrar till störst påverkan, medan stolpar tillverkade av behandlat eller PE-klätt trä har en betydligt lägre total påverkan.

På liknade vis som för klimatpåverkan bidrar utvinning och tillverkning av råmaterial för kompositstolpar mest. Även påverkan för transporter har en betydelse och beror till stor del på att råmaterialen skickas betydligt längre än för de studerade trästolparna (A2), samt att en av tillverkarna producerar stolpar i Nordamerika i stället för i Norden (A4).

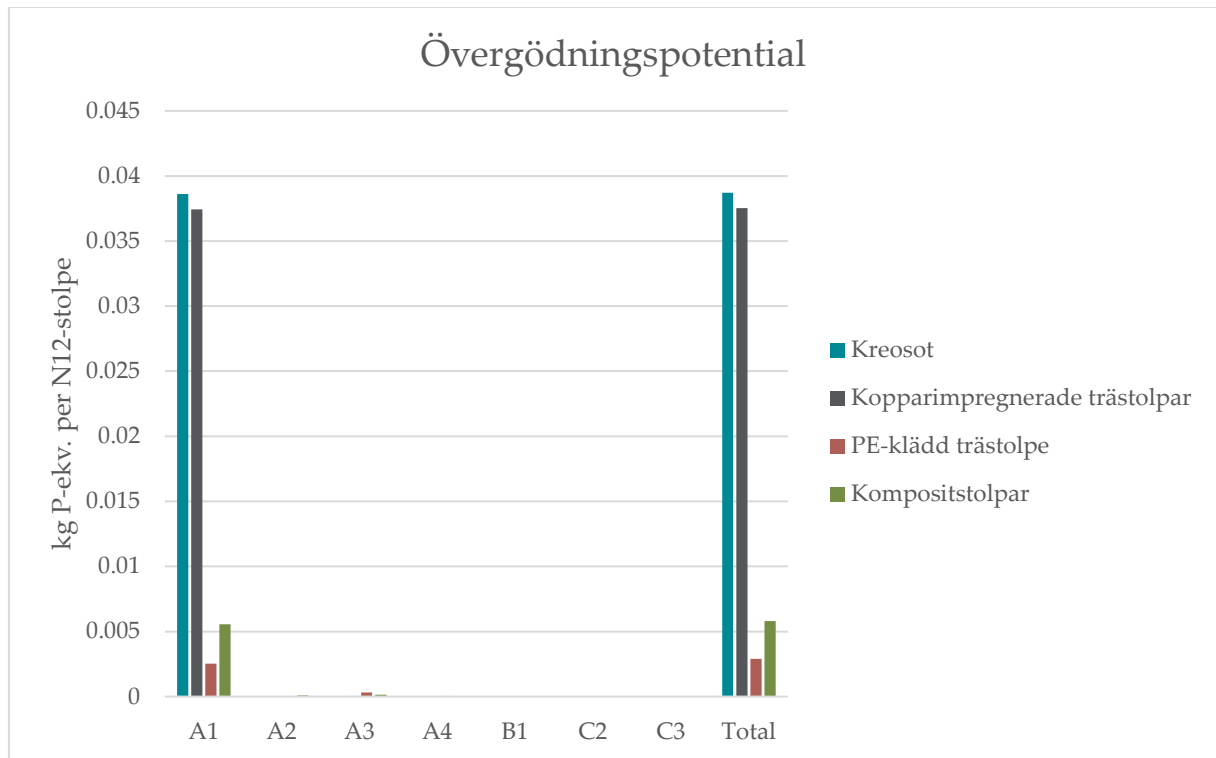
För trästolpar impregnerade med kreosot och kopparbaserade impregnering är det framförallt tillverkningen av impregneringsprodukter som bidrar till dess förurningspotential i A1. För PE-klädd trästolpe är det polyeten som bidrar mest. Påverkan i C3 uppkommer då de impregnerade trästolparna förbränns under avfallshandling.



Figur 5. Försurningspotential för respektive stolpmaterial uttryckt i mol H+ per stolptyp.

4.3 Övergödning

I Figur 6 visas de studerade stolparnas påverkan på övergödning. Stolpar impregnerade med kreosot och kopparbaserade impregneringsmedel har betydligt större total påverkan än PE-klädd trästolpe och kompositstolpar. Den huvudsakliga påverkan uppstår vid utvinning och tillverkning av råmaterial och för både trästolpar impregnerade med kreosot och kopparbaserade produkter är det impregneringsprodukterna som bidrar till resultatet. Påverkan från de andra livscykel faserna kan antas försumbara i förhållande till de från produktionen av råmaterial.



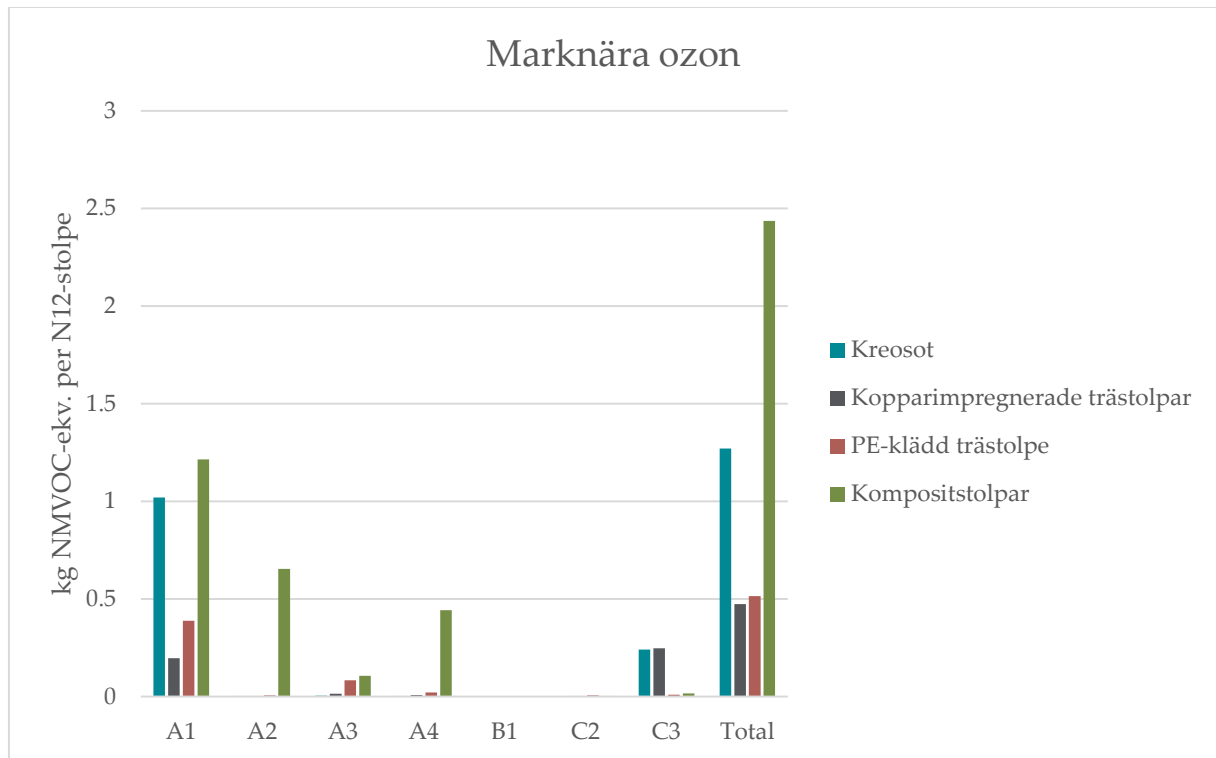
Figur 6. Övergödningspotential för respektive stolpmaterial uttryckt i kg P-ekv per stolptyp.

4.4 Marknära ozon

I Figur 7 visas stolpmaterialens påverkan på bildandet av marknära ozon. Av de studerade stolparna bidrar kompositstolpar med störst påverkan, och det är framförallt tillverkningen av råmaterial (A1) och transporter som påverkar. Även för den här påverkanskategorin har transporter en betydande påverkan och då främst transporter av råmaterial.

Trästolpen med kreosotimpregnering visar sig ha en högre påverkan på formationen av marknära ozon än de stolpar som impregneras med olika typer av kopparbaserade impregneringsmedel. Anledningen till det är b.l.a. att lättflyktiga ämnen används i formuleringen av kreosotimpregnering, medan de kopparbaserade impregneringsmedlen till större del är vattenbaserade.

Trästolpe med kopparbaserad impregnering och PE-klädd trästolpe är det alternativ som bidrar till lägst formation av marknära ozon över deras livscykel.



Figur 7. Marknära ozon för respektive stolpmaterial uttryckt i kg NMVOC-ekv. per N12-stolpe.

4.5 Humantoxicitet

Påverkan på humantoxicitet delas i resultatet upp mellan påverkan från cancerogena- och icke cancerogena ämnen och anges i enheten CTUh (Comparative Toxic Unit (Human)) och redovisas för de studerade stolparna i Tabell 7, Figur 8 och Figur 9. Summan av de båda bidragen anger den totala humantoxiciteten för de studerade stolparna över deras livscykel.

Resultatet av LCA:n visar att det är kompositstolpar som bidrar till störst total potentiell påverkan på humantoxicitet över sin livscykel, och det är främst påverkan från icke cancerogena ämnen som bidrar till resultatet (Tabell 6). Trästolpar som impregneras med kreosot är den stolpe som bidrar till störst påverkan på humantoxicitet som berör cancerogena ämnen (Figur 8), medan kompositstolpar har högst påverkan då icke-cancerogena ämnen studeras (Figur 9). PE-klädd trästolpe är den stolptyp som har minst total påverkan på humantoxicitet över sin livscykel, det gäller både från påverkan av cancerogena och icke cancerogena ämnen.

Resultatet från LCA:n visar vidare att Trästolpe med kopparbaserade impregnering, PE-klädd trästolpe och kompositstolpe ger främst upphov till humantoxicitet från icke cancerogena ämnen (mer än 95% av påverkan). Trästolpe med kreosot bidrar däremot genom utsläpp av både cancerogena- och icke cancerogena ämnen.

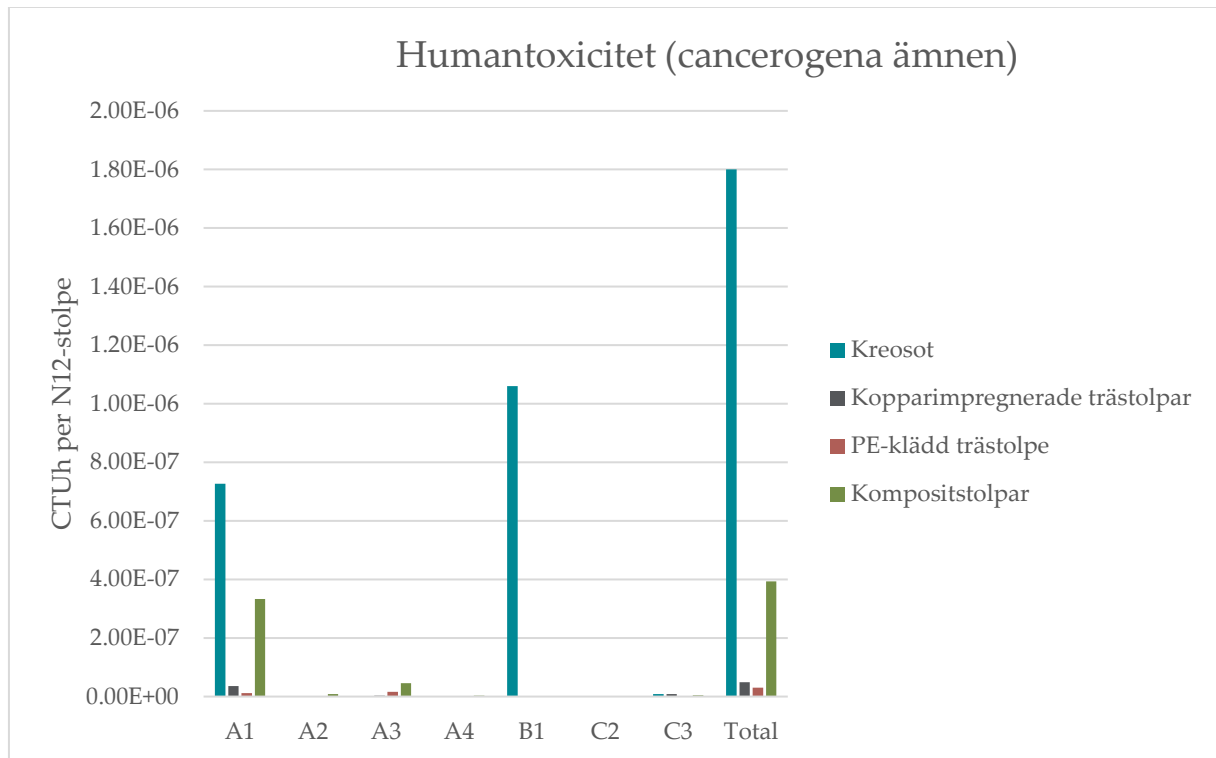
Tabell 6 Humantoxicitet total över livscykeln från cancerogena- och icke cancerogena ämnen samt den procentuella påverkan från cancerogena- och icke cancerogena ämnen per stolpmaterial.

	Trästolpe med kreosot	Trästolpe med kopparbaserad impregnering	PE-klädd trästolpe	Kompositstolpar
Humantoxicitet Total [CTUh]	3.88E-06	2.16E-06	8.28E-07	8.80E-06
Humantoxicitet – Cancerogena ämnen [%]	46%	2%	4%	4%
Humantoxicitet – Icke cancerogena ämnen [%]	54%	98%	96%	96%

Humantoxicitet - Cancerogena ämnen

Resultaten för humantoxicitet som fokuserar på cancerogena ämnen visar att den PE-klädda trästolpen och de trästolpar som impregneras med kopparbaserade produkter är de bästa alternativen då en totalt låg potentiell påverkan eftersträvas (Figur 8). Även Kompositstolpar har en relativt låg total påverkan i jämförelse med trästolpe med kreosot, men den är högre än för de andra två stolptyperna. Kreosot är den stolpe som har högst påverkan och den uppkommer främst under användningsfasen, men även utvinningen och produktionen av de råmaterial som används för framställning av kreosot har en betydande påverkan.

PE-klädd trästolpe, kopparimpregnerade trästolpar och kompositstolpar har låg påverkan på humantoxicitet under användningsfasen (B1) i jämförelse med kreosotstolpen. Det innebär att den emitterar eller läcker en mindre mängd skadliga ämnen under sin brukstid i jämförelse med trästolpe impregnerad med kreosot.



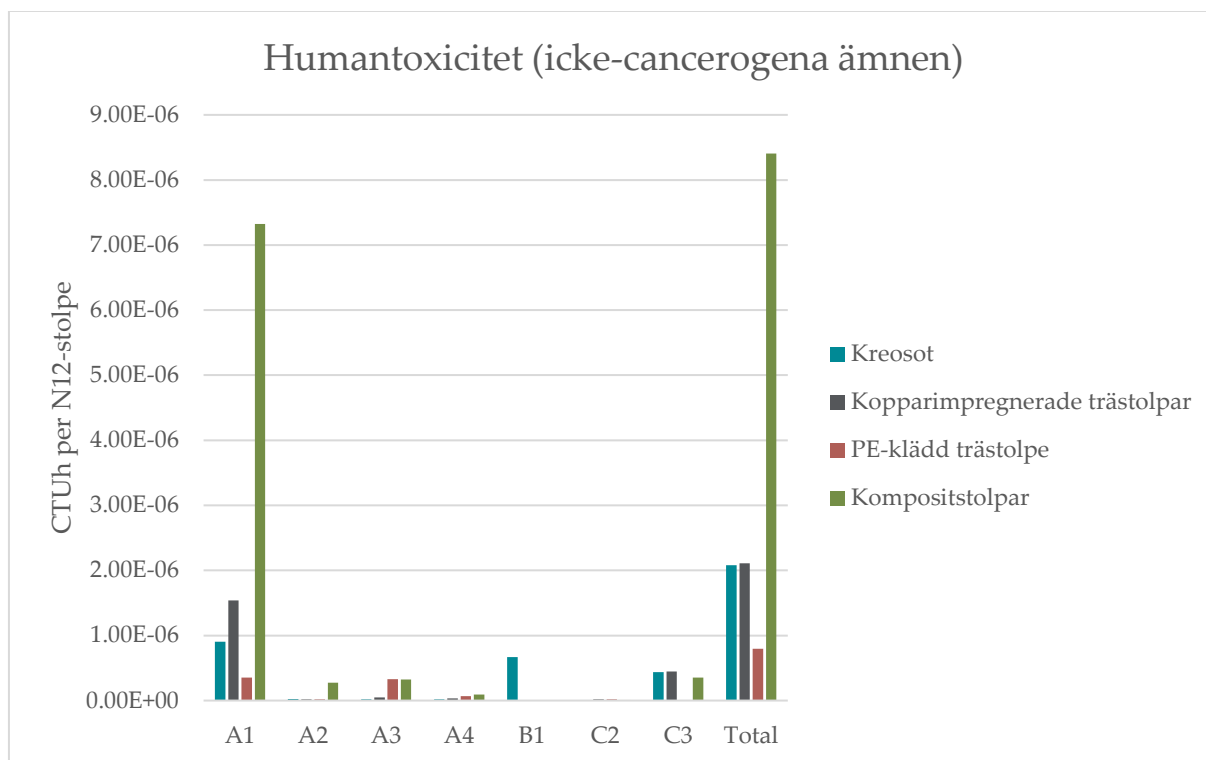
Figur 8. Humantoxicitet (cancerogena ämnen) för respektive stolpmaterial uttryckt i CTUh per stolptyp.

Humantoxicitet - Icke cancerogena ämnen

I Figur 9 visas de olika stolpmaterialens potentiella påverkan på humantoxicitet som uppstår från emissioner av icke cancerogena ämnen. Resultatet visar att kategorin kompositstolpar har den största potentiella påverkan och att den PE-klädda trästolpen har minst. Trästolpar med kreosot och kopparbaserade impregneringsmedel har likvärdig total påverkan och har en totalt lägre påverkan än kompositstolparna, men högre än PE-klädd trästolpe.

Det är framförallt påverkan från utvinning och produktion av råmaterial (A1) som ger upphov till kompositstolpens påverkan på humantoxicitet. Användningen av glasfiber ger ungefär lika stor påverkan som användningen av olika typer av polymerer i stolpmaterialet.

Den potentiella påverkan från användningen av stolparna (B1) är relativt låg i jämförelse med påverkan från produktionen. Trästolpe med kreosot har högst påverkan i användningsfasen av de studerade stolptyperna, men påverkan är lägre än den som uppstår då stolpen produceras.



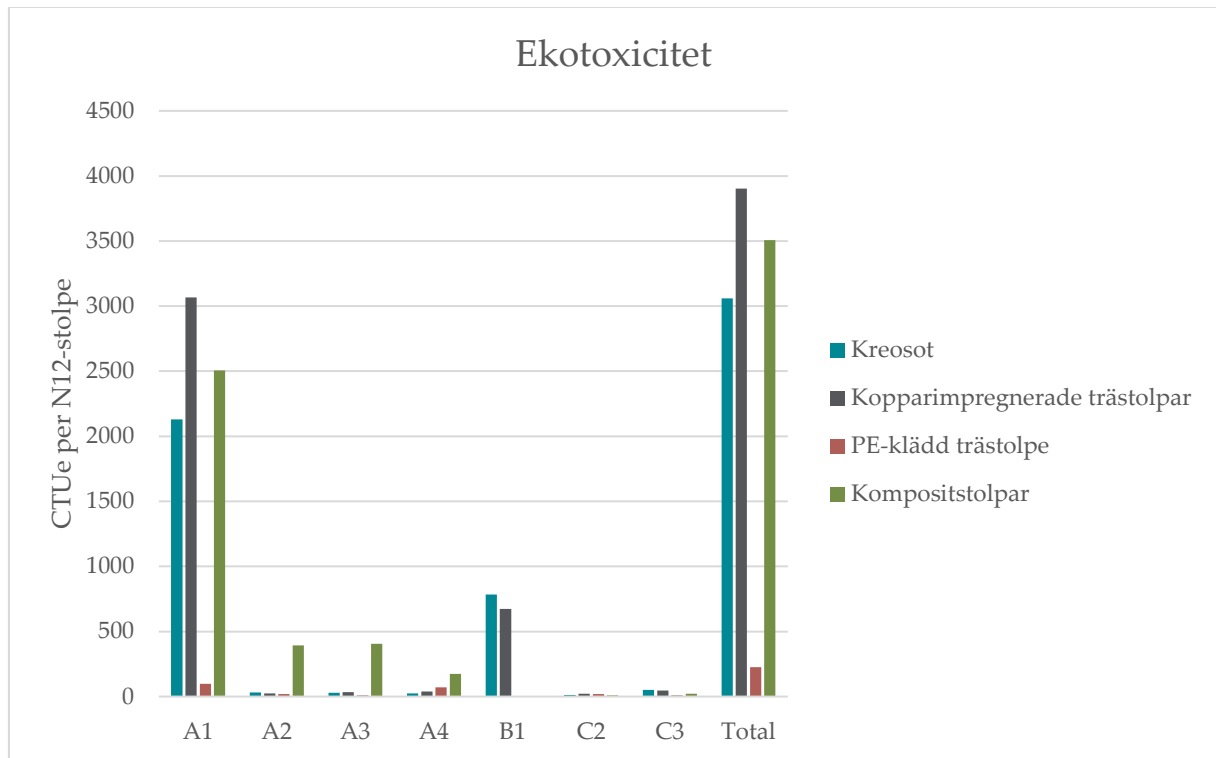
Figur 9. Humantoxicitet (icke cancerogena ämnen) för respektive stolpmaterial uttryckt i CTUh per stolptyp.

4.6 Ekotoxicitet

De studerade stolparnas potentiella påverkan på ekotoxicitet visas i Figur 10. Totalt sett över stolparnas livscykel är PE-klädd trästolpe den som resulterar i lägst påverkan och stolptypen har betydligt lägre påverkan än de andra tre stolptyperna.

För kreosot och kopparimpregnerade trästolpar och kompositstolpar är det framför allt utvinningen och produktionen av de råmaterial som används i stolptillverkningen som står för den största påverkan. Överlag kan man se i resultatet nedan att den största ekotoxiska miljöpåverkan uppstår vid råmaterialproduktionen och att endast en mindre del uppstår under själva användningsfasen.

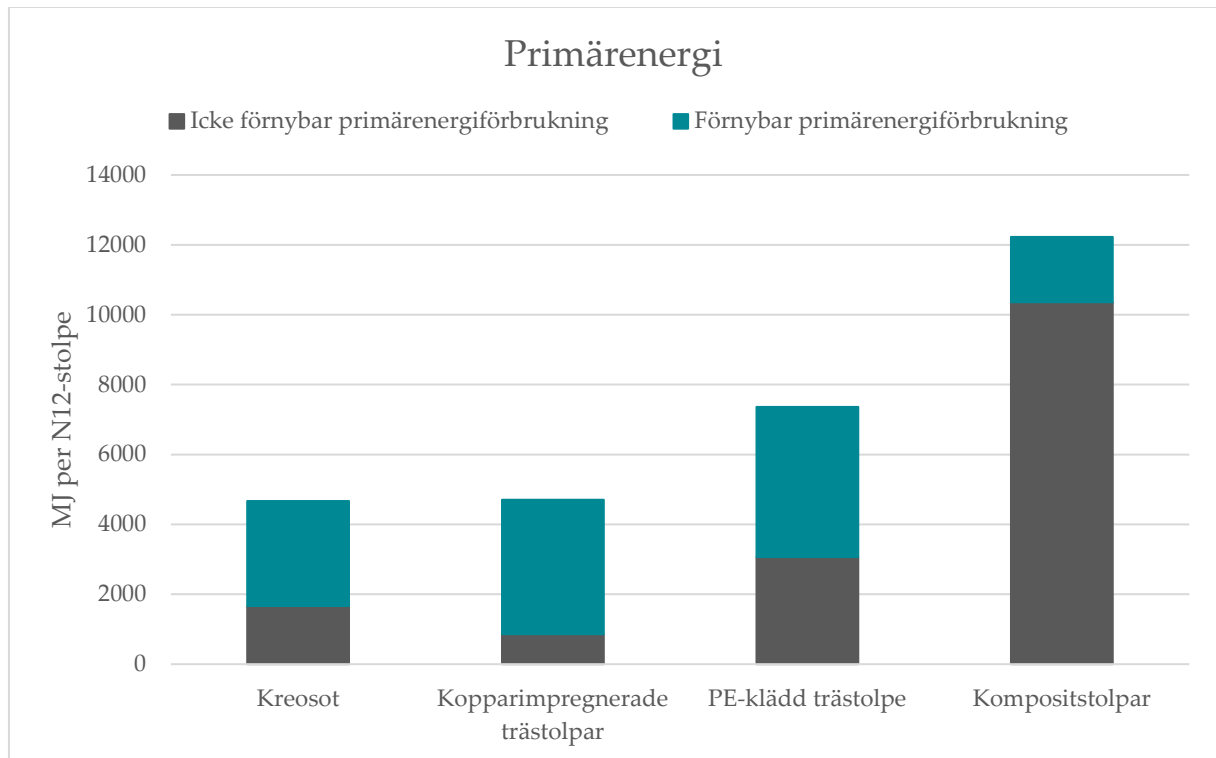
PE-klädd trästolpe och kompositstolpe har en låg påverkan på ekotoxicitet under användningsfasen (B1) och beror på att emissioner och läckage av skadliga ämnen antas försumbara. Däremot visar resultatet att både kreosot och kopparimpregnerade stolpar resulterar i en påverkan på ekotoxicitet under användningsfasen. För de kopparimpregnerade stolparna är det främst läckage av koppar som bidrar.



Figur 10. Ekotoxicitet för respektive stolpmaterial uttryckt i CTUe per stolptyp.

4.7 Primärenergi

Primärenergi är ett mått på hur mycket energiresurser det krävs för ett studerat system. För den här studien är detta ett användbart mått för att mäta resurseffektivitet mellan de olika stolpmaterialen eftersom både trästolpar och olika typer av polymerer har energibärande egenskaper. Resultatet presenteras i Figur 11 och visar total primärenergianvändning uppdelat mellan icke förnyelsebar energi (fossila energiresurser) och förnyelsebar energi.



Figur 11. Primärenergi för respektive stolpmaterial uttryckt i MJ per stolptyp.

Resultatet visar att stolpar i trä med impregnering kräver minst mängd primärenergi och att kreosotimpregnerade- och kopparsaltsimpregnerade stolpar använder liknande mängder energi där mer än hälften kommer från förnyelsebara källor.

De stolpar som kräver mest energiresurser är kompositstolpar där behovet är mer än dubbelt så stort i jämförelse med kreosot och trästolpar med kopparsaltimpregnering. Det är främst fossilbaserade resurser som bidrar till det totala resultatet från tillverkning av råmaterialen glasfiber och polymerer.

I fallet för PE-klädd trästolpe bidrar träråvaran till ett lika stort behov av förnyelsebar energi som för de impregnerade stolparna. Skillnaden mellan dessa beror främst på ett högre resursbehov under framställningen av polyeten i jämförelse med kreosot- och kopparsaltimpregneringar.

4.8 Känslighetsanalys

I det här kapitlet presenteras och beskrivs resultatet av känslighetsanalyserna. Två antaganden har testats:

- alternativa avfallsscenarioer där stolparnas återvinningspotential presenteras och krediteras, samt
- stolparnas antagna livslängd.

4.8.1 Alternativa avfallsscenarier

I huvudanalysen gjordes antaganden om vilken avfallshandling för de olika stolpmaterialen som är mest trolig i dagsläget. Där antogs alla trästolpar förutom WOPAS inplastade stolpe förbrännas samt att kompositstolpar går till deponi. Dessa antaganden testas i en känslighetsanalys och troliga återvinningsscenarioer inom en överskådlig framtid formulerades i projektgruppen. Dessa kan ses i Tabell 7 nedan.

Tabell 7. Scenarioanalys för alternativa avfallshandlingsmetoder samt återvinningspotentialer för de olika stolparna.

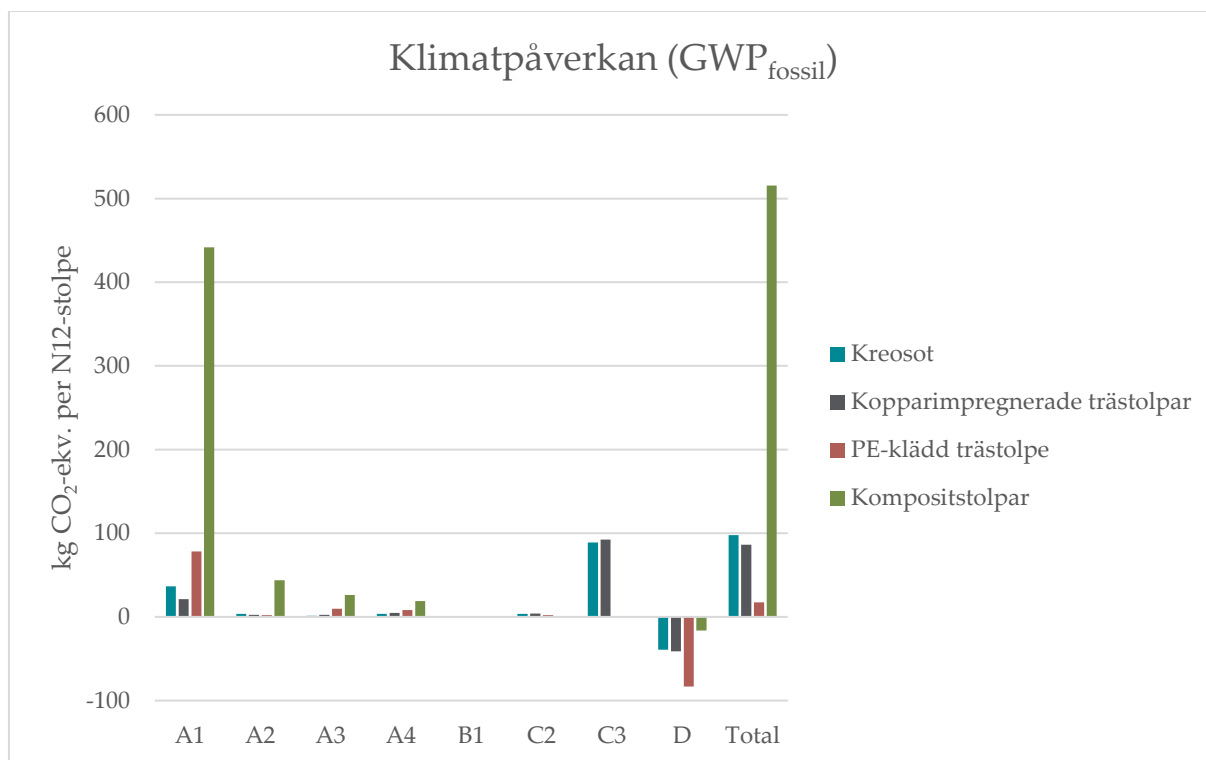
Nr	Typ av stolpe	Avfallshandling	Modul D/ vinster efter end-of-life
1	Trästolpe - Kreosot	Förbränning	Fjärrvärme och el
2	Trästolpe - Koppar	Förbränning	Fjärrvärme och el
3	Trästolpe - Koppar + RVP repellent	Förbränning	Fjärrvärme och el
4	Trästolpe - PoleProtect	Förbränning	Fjärrvärme och el
5	Trästolpe - PE-mantel	Materialåtervinning av trästolpe och PE-mantel	Spånskiva och nyttillverkad PE-granulat
6	Kompositstolpe - epoxy	Materialåtervinning av komposit och PE	Stenkross och nyttillverkad PE-granulat
7	Kompositstolpe - polyester	Materialåtervinning av komposit och PE	Stenkross och nyttillverkad PE-granulat
8	Kompositstolpe - polyuretan	Materialåtervinning av komposit	Stenkross

En kvalitetsfaktor om 0,5 tillämpas för återvinning av PE i denna analys. Ingen kvalitetsfaktor tillämpas för återvinning av kompositkross som stenkross, dvs 1 kg komposit antas kunna ersätta 1 kg stenkross.

Den PE-klädda trästolpen innehåller 50 % återvunnen polyeten och därför krediteras enbart innehållet av nyproducerad polyeten för att undvika dubbelräkning. Räknar man även in kvalitetsfaktorn på 0,5 för återvinning av polyeten antas 25 % av stolpens totala innehåll av polyeten kunna ersättas av nyproducerad polyeten.

Resultatet av känslighetsanalysen presenteras i Figur 12 nedan. För kompositstolparna blir den totala besparingspotentialen låg med avseende på slupna växthusgasutsläpp. Detta beror främst på en låg klimatpåverkan från produktion av krossat berg. Den PE-klädda trästolpen påvisar den största återvinningspotentialen av alla stolpar där den största faktorn är ersättandet av nyproducerad spånskiva. Eftersom träkärnan i stolpen är obehandlad finns potential för att använda råvaran som träflis för tillverkning av spånskivor. Slupna utsläpp från tillverkning av ny polyeten bidrar även den till en minskad klimatpåverkan för stolpen. Även kompositstolparna är klädda med polyeten som kan återvinnas men det är mindre mängder än den PE-klädda trästolpen, därför blir återvinningspotentialen något lägre.

Samtliga impregnerade trästolpar förbränns i denna analys och energin som produceras antas ersätta en genomsnittlig svensk elmix samt fjärrvärmemix. Slupna utsläpp från fjärrvärmeproduktion är större än de slupna utsläppen från elproduktionen där den främsta anledningen är att det i kraftvärmeverk produceras en större andel värme än el.



Figur 12. Klimatpåverkan för stolpmaterialen med hänsyn taget till återvinningspotentialen för respektive stolpe (modul D enligt EN15804).

4.8.2 Betydelsen av stolpens livslängd

Olika stolpmaterial har olika livslängder och för att illustrera effekten av detta på resultatet gjordes en känslighetsanalys. Tillverkarna av ledningsstolparna angav den förväntade livslängden på respektive stolpe och dessa presenteras i Tabell 8 nedan.

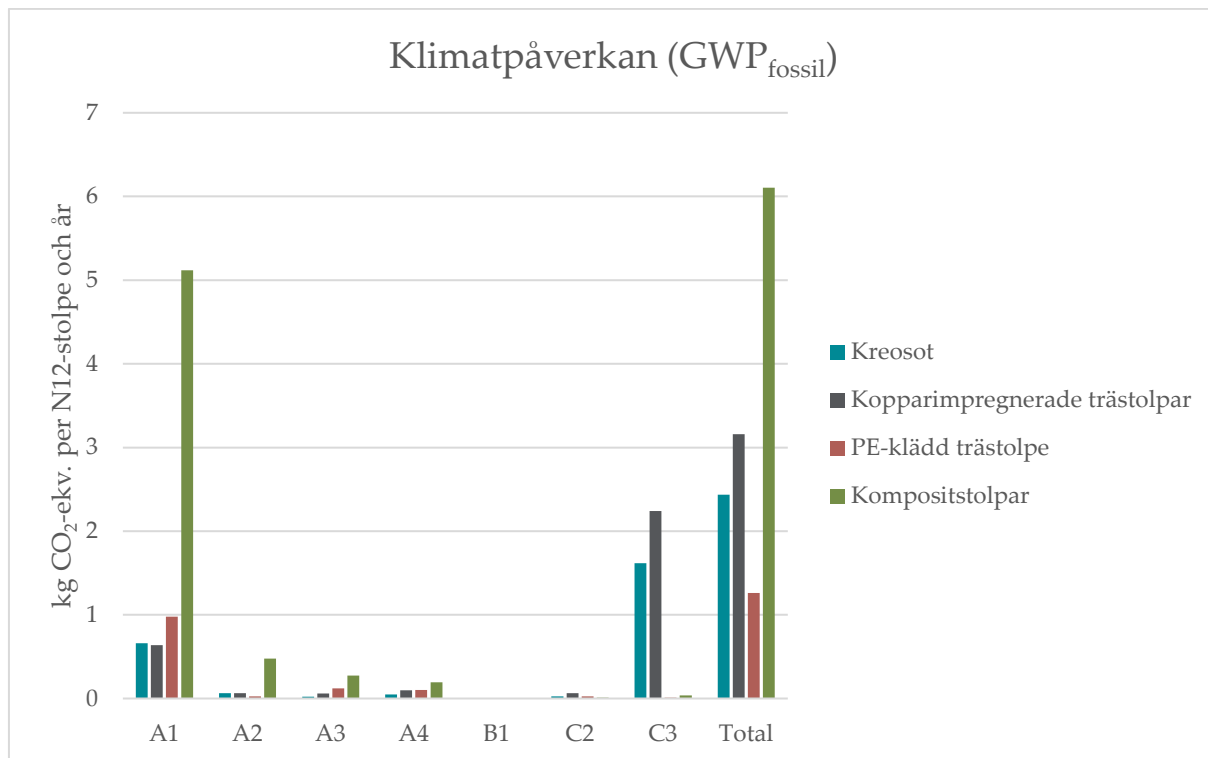
Tabell 8. Förväntade livslängder för de olika ledningsstolparna enligt information från tillverkarna.

Nr	Typ av stolpe	Förväntad livslängd
1	Trästolpe - Kreosot	55 år
2	Trästolpe - Koppar	35 år
3	Trästolpe - Koppar + RVP repellent	45 år
4	Trästolpe - PoleProtect	45 år
5	Trästolpe - PE-mantel	80 år
6	Kompositstolpe - epoxi	80 år
7	Kompositstolpe - polyester	80 år
8	Kompositstolpe - polyuretan	100 år

För samtliga stolpar har vi utgått från leverantörernas angivna livslängder. I snitt har trästolparna en livslängd på 35–55 år och kompositstolparna en livslängd på 80–100 år. Den plastade trästolpen har en förväntad livslängd på 80 år, dvs i samma storleksordning som kompositstolparna.

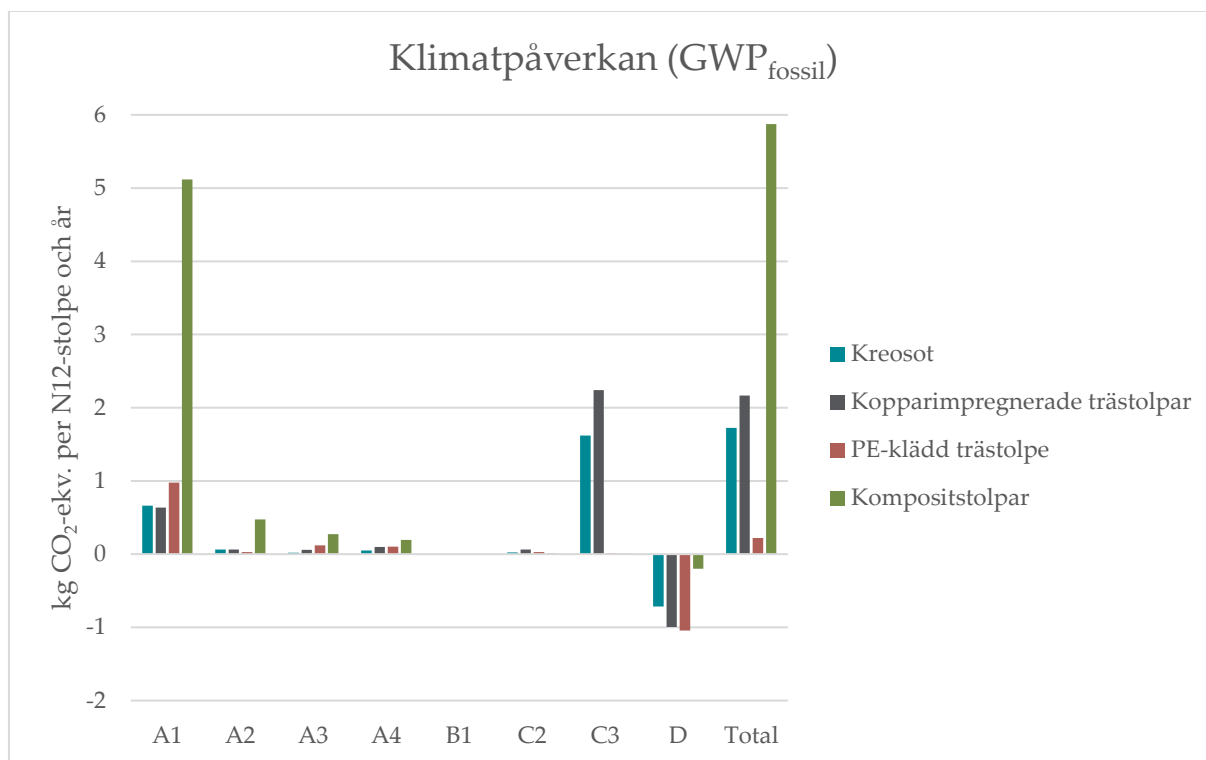
Resultatet från känslighetsanalysen presenteras i Figur 13 och Figur 14 nedan. I figurerna presenteras resultatet för klimatpåverkan från huvudanalysen men uttryckt per N12-stolpe och år istället för enbart per N12-stolpe. Resultatet visar att kompositstolpar i snitt har högre klimatpåverkan än övriga stolpmaterial även med hänsyn taget till den längre livslängden. Den största klimatpåverkan uppstår som tidigare nämnt vid tillverkningen av råmaterialen.

Den PE-klädda trästolpen visar på lägst klimatpåverkan i analysen, vilket främst beror på att stolpen hade lägst klimatpåverkan även i grundanalysen samt att detta förstärks med en lång förväntad livslängd (80 år). De impregnerade trästolparna samt kreosotstolpen visar på näst lägst klimatpåverkan trots att de i snitt har hälften så kort livslängd som kompositstolparna.



Figur 13. Klimatpåverkan för stolpmaterialen uttryckt per stolpe och år. Den förväntade livslängden för samtliga stolpar baseras på leverantörernas egna uppgifter (se Tabell 8 ovan).

Tar man hänsyn till återvinningspotentialen för samtliga stolpar blir resultatet för klimatpåverkan uttryckt per stolpe och år lite annorlunda, vilket presenteras i Figur 14 nedan. Eftersom den PE-klädda stolpen visades sig ha högst återvinningspotential i den tidigare känslighetsanalysen blir den totala klimatpåverkan ännu lägre än de övriga stolparna om man uttrycker resultatet per år. Även de impregnerade trästolparna har en högre besparingspotential än kompositstolparna när återvinningspotentialen inkluderas och får därmed ytterligare lägre klimatpåverkan uttryckt per stolpe och år.

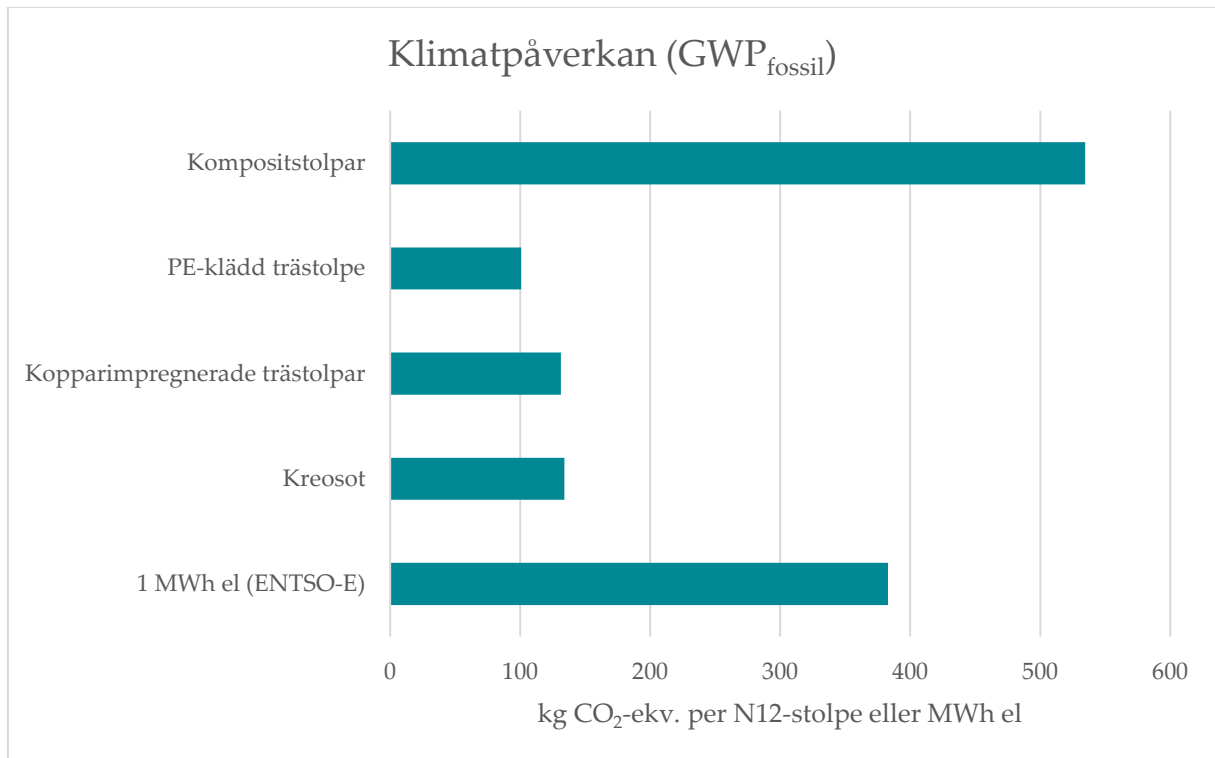


Figur 14. Klimatpåverkan för stolpmaterialen uttryckt per stolpe och år, med hänsyn taget till återvinningspotentialen för respektive stolpe. Den förväntade livslängden för samtliga stolpar baseras på leverantörernas egna uppgifter (se Tabell 8 ovan).

4.8.3 Miljöpåverkan från elproduktion

För att sätta LCA-resultaten i ett större perspektiv jämförs miljöpåverkan för stolparna med miljöpåverkan som uppstår till följd av elproduktion. Stolparnas miljöpåverkan jämförs med miljöpåverkan för 1 MWh av en genomsnittlig europeisk elproduktion (ENTSO-E). Mixen består av kärnkraft (26%), kol (25%), naturgas (13,5%), vattenkraft (18%), vindkraft (7%), solkraft (3%), biomassa (2,5%) samt övriga energikällor (5%) och motsvarar produktionsmixen för år 2015. Enbart i Sverige produceras årligen runt 164 TWh el (164 000 000 MWh) (Ekonomifakta, 2020).

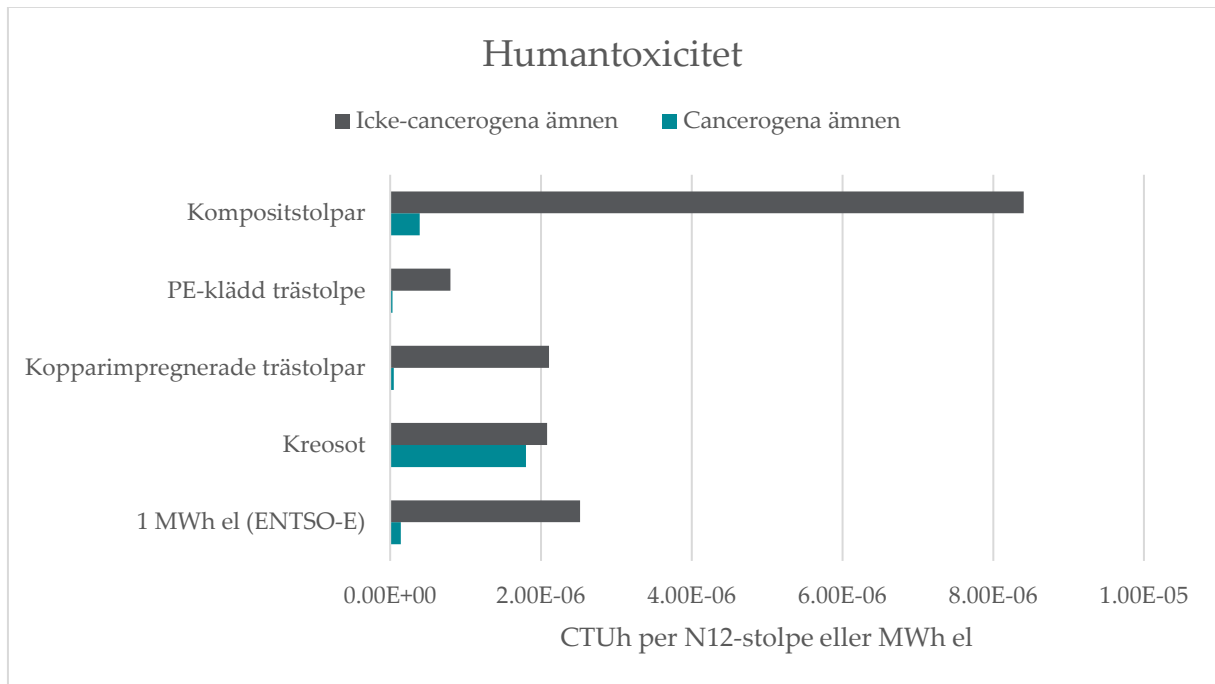
Resultatet för jämförelsen presenteras för ett antal utvalda miljöpåverkanskategorier i Figur 15 till 17 nedan. För klimatpåverkan kan man se i Figur 15 nedan att 1 MWh europeisk elproduktion är i ungefär samma storleksordning som en ledningsstolpe som finns tillgänglig på den svenska marknaden.



Figur 15. Jämförelse av ledningsstolpars totala klimatpåverkan över sin livscykel med produktion av 1 MWh europeisk el.

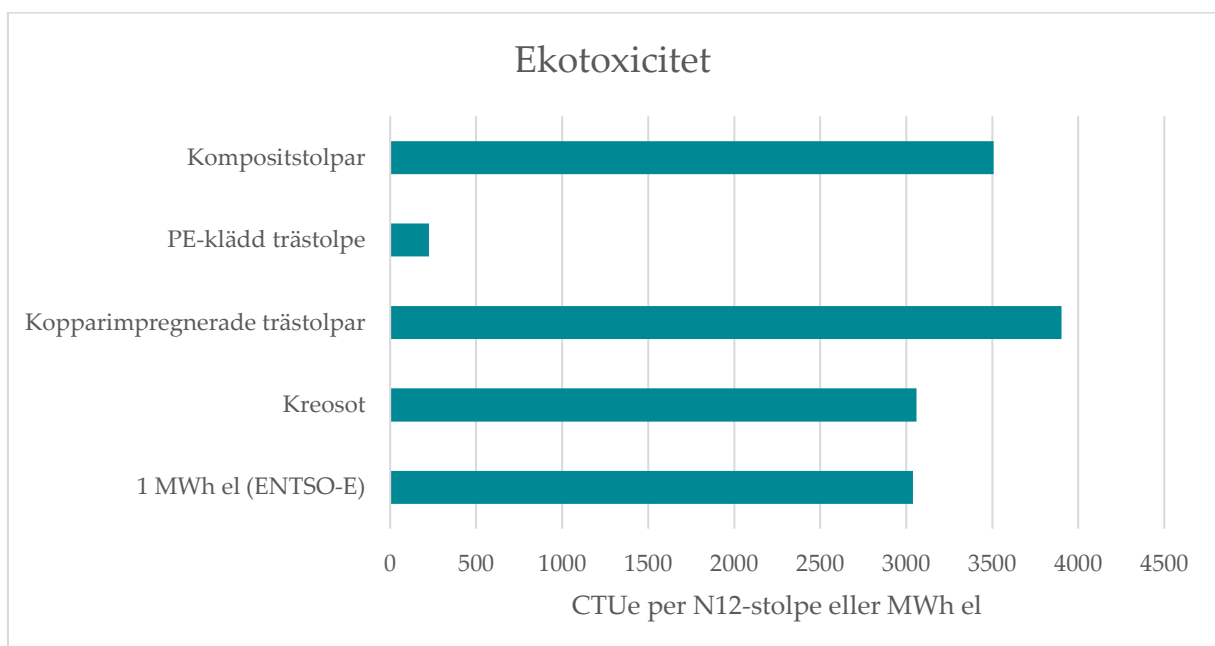
Resultatet för humantoxicitet presenteras i Figur 16 nedan. I grafen nedan kan man se att för de cancerogena ämnena är det kreosotstolpen som sticker ut, även i jämförelsen med elproduktionen. Staplarna nedan visar den totala humantoxiciteten för stolparna, och bruksfasen motsvarar ca 60% av totalvärdet för kreosotstolpen gällande de cancerogena ämnena.

För icke-cancerogena ämnen är det kompositstolparna som sticker ut i jämförelsen. Denna miljöpåverkan uppstår vid produktionen av stolparna och inga toxiska ämnen läcker ut under bruksfasen. För kreosotstolpen uppstår ca 30% av utsläppen under bruksfasen och resten under produktions- och end-of-life-fasen. 1 MWh elproduktion har i stort sett samma effekt som de impregnerade stolparna (koppar och kreosot) sett till de icke-cancerogena ämnena. De stora skillnaderna återfinns för de cancerogena ämnena.



Figur 16. Jämförelse av ledningsstolpars humantoxicitetspotential med produktion av 1 MWh europeisk el.

Även i jämförelsen av ekotoxisk miljöpåverkan mellan stolpmaterial och elproduktion kan man se att de är i stort sett samma storleksordning, bortsett från den PE-klädda trästolpen som är mycket lägre. De kopparimpregnerade trästolparna visar på högst effekt, men endast 17% av utsläppen sker under bruksfasen, resten under produktionen. Kreosotstolpen har högre utsläpp under bruksfasen (26% av totala utsläppen) men i övrigt i samma storleksordning som produktion av 1 MWh europeisk el.



Figur 17. Jämförelse av ledningsstolpars ekotoxicitetspotential med produktion av 1 MWh europeisk el.

5 Diskussion och slutsatser

I detta kapitel presenteras en diskussion till resultatet samt de slutsatser som kan dras från denna studie. Resultatet jämförs med tidigare studier inom samma område, förslag på hur resultatet ska tolkas beskrivs samt presenteras några av studiens begränsningar. Vi ger även förslag på möjliga framtida studier och aktiviteter som riktar sig mot stolpleverantörerna och branschen.

5.1 Jämförelse med liknande studier

IVL Svenska Miljöinstitutet har två gånger tidigare publicerat rapporter som berör ledningsstolpars miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv: Erlandsson & Almemark (2009) samt Erlandsson (2011).

Erlandsson & Almemark (2009) undersökte miljöpåverkan för tre stolpmaterial: stål, betong och kreosotimpregnerad stolpe. Det normaliserade resultatet visade dels att stål stolpen hade högst miljöpåverkan i samtliga kategorier samt att den humantoxicitetspotential som uppstår genom stolparnas livscykel hade relativt en större påverkan än de andra kategorierna (bland annat ekotoxicitet och klimatpåverkan).

Detta resultat återfinns även i Erlandssons (2011) rapport. I den analysen jämfördes på nytt en stål-, betong- och kreosotstolpe men med ett tillskott av en kompositstolpe. Det normaliserade resultatet visade igen att stål stolpen hade högst miljöpåverkan för samtliga kategorier förutom marknära ozon, samt att humantoxicitetspotentialen för stål stolpen hade en större inverkan än de andra kategorierna. Bortser man från stål stolpen i Erlandssons (2011) resultat kan man se att kompositstolpens klimatpåverkan värderas relativt högt vid normalisering av resultatet jämfört med kreosotstolpens humantoxicitetspotential.

De förändringar som applicerats i denna studie jämfört med de tidigare är bland annat att LCA:n till stor del följer rekommendationerna i den senaste standarden för miljövarudeklarationer av byggprodukter EN15804, fler stolptyper har inkluderats (PE-klädd trästolpe samt kopparimpregnerade trästolpar), ett bredare underlag för kompositstolpar finns (tre leverantörer istället för en), en 12-meters stolpe används som funktionell enhet istället för en 9-meters stolpe samt att stolparnas återvinningspotential har studerats.

5.2 Tolkning av resultat

Ledningsstolparnas livslängd varierar mellan 35 och 100 år, baserat på information från tillverkarna. Livslängden inkluderades i en känslighetsanalys och kan ses i Figur 13 och Figur 14. I resultatet kan man se att trots att kompositstolparna har en dubbelt så lång livslängd än impregnerade trästolpar så har de en högre klimatpåverkan. Enligt information från Jerol (Bryant-Meisner, 2020) har tester indikerat att stolpen kan stå dubbelt så länge (160 år) utan försämrade egenskaper. Om detta antagande skulle gå att tillämpa på samtliga kompositstolpar skulle det innebära att klimatpåverkan per stolpe och år skulle landa i samma storleksordning för kompositstolpar som för trästolpar. Om livslängden på kompositstolparna alltså skulle gå att förlänga skulle inte kompositstolpar vara ett klimatmässigt sämre alternativ än trästolpar. I

dagsläget går tillverkarna av kompositstolpar dock ut med livslängder på 80 till 100 år och är det som antagits i denna studie.

För att förbättra klimatprestandan för kompositstolparna krävs till exempel en ökad livslängd genom återanvändning av stolpen alternativt att välja råmaterial med lägre klimatpåverkan. Genom att arbeta med sina råmaterialleverantörer och att aktivt välja material med låg miljöpåverkan kan stolpproducenter minska sina miljöavtryck.

De emissioner som sker under bruksfasen från kreosot- och kopparimpregnerade stolparna ger upphov till humantoxiska och ekotoxiska effekter, till skillnad från kompositstolpar och den PE-klädda stolpen som ger försumbara emissioner under bruksfasen. Kreosotstolpen ger högst utslag av alla stolpar i kategorin humantoxicitet med cancerogena ämnen på grund av lättflyktiga ämnen som avgår till luft. Denna effekt har även påvisats i tidigare studier (Erlandsson, 2011).

Resultatet för ekotoxicitet påverkas till viss del av emissioner som uppstår under bruksfasen, men till allra största del från råmaterialtillverkningen. Under bruksfasen är det främst koppar som ger upphov till ekotoxiska emissioner för de kopparimpregnerade trästolparna. Olika leverantörer har angivit olika nivåer av läckage av koppar under användningsfasen. Medelvärde av de kopparimpregnerade stolparna ger en 2–3 gånger så hög ekotoxisk effekt som kreosotstolpen. Men eftersom de angivna nivåerna av kopparläckage varierar mellan olika leverantörer bör man vara lite försiktig med att dra slutsatser baserade på resultaten kring ekotoxicitet under användningsfasen. För kreosotstolpen är det främst utsläpp av antracen till mark, en PAH-förening, som bidrar till ekotoxicitetspotential under bruksfasen. Genom att skapa mer inerta impregneringsmedel som inte emitterar metaller eller organiska föroreningar till omgivande miljö kan trästolparnas toxiska fotavtryck minska.

I denna studie antogs det i grundanalysen att impregnerade trästolpar idag förbränns, att kompositstolpar deponeras och att den PE-klädda stolpen kan materialåtervinnas. Tillverkaren Wopas har kunnat påvisa intresse från möbelbranschen om att återanvända materialen och därför har förbränning inte antagits i basfallet.

I en känslighetsanalys testades stolparnas återvinningspotential där alltså trästolparna "krediterades" med sluppen el- och fjärrvärmeproduktion, den PE-klädda stolpen med sluppen produktion av spånskiva och PE-granulat och kompositstolparna med konstruktionsmaterial och PE-granulat. Analysen resulterade inte i några större relativa förändringar mellan de olika stolparna sett till kategorin klimatpåverkan. Den slupna produktionen av konstruktionsmaterial, krossat berg, ger inte upphov till några större klimatbesparingar för kompositstolparna eftersom materialet har ett lågt klimatavtryck.

Vid tolkning av resultaten är det viktigt att ha i åtanke att resultaten gäller för de antaganden som har gjorts i studien och de systemgränser som definierats. Andra antaganden kan påverka resultatet. Påverkan från viktiga antaganden som avfallshantering har dock studerats genom känslighetsanalys i studien för att visa på möjliga alternativ för framtiden.

Studien bygger på ett bra dataunderlag. Samtliga stolpleverantörer har levererat information till projektgruppen om råmaterial, transporter, tillverkning av stolpen, livslängder samt emissioner under användningsfasen.

Bakgrundsdata för studien är framförallt hämtad från LCA-databaserna Thinkstep (2018) och Ecoinvent (Wernet et al. 2016). Merparten av de dataset som använts är ursprungligen från 2016 till 2018 vilket kan anses representativt för dagens tillverkning.

5.3 Begränsningar

Huvudsyftet med denna studie är delvis att undersöka skillnader i miljöpåverkan mellan olika stolpmaterial. Därför har ingen hänsyn tagits till hur många stolpar som krävs för en ledning på en viss sträcka, vilket kan variera beroende på vilken typ av ledningsstolpe och material som väljs. Resultatet från denna LCA går att använda för att beräkna och jämföra den totala miljöpåverkan från en unik ledning där N12-stolpar används. Denna uppgift lämnas till den tilltänkta läsaren att ta höjd för vid planering av ledningsgator.

De data som ligger till grund för produktion av råmaterial till kompositstolpar har under projektets gång diskuterats tillsammans med stolpleverantörer. Projektgruppen hos IVL har tagit del av data som rekommenderas att användas för LCAer av kompositmaterial av den europeiska branschorganisationen för kompositmaterial (EuCIA). Påverkan av de data som rekommenderas för kompositmaterial har jämförts med de data som använts i den här LCA:n. Slutsatsen av analysen är att huvudresultatet och studiens slutsatser inte förväntas påverkas nämnvärt om istället de rekommenderade dataseten använts.

Att inkludera fler delar av livscykeln för stolparna, till exempel underhåll, installation samt avinstallation kan vara intressant för att få en helhetsbild av stolparnas totala miljöpåverkan, trots att de i många fall kan vara likvärdiga i jämförelser med varandra. Miljöpåverkan som uppstår till följd av sanering efter avinstallation av kreosotstolpar har inte fångats upp i denna studie.

Toxicitetsbedömningar i LCA är förknippade med en del osäkerheter. Detta kan bero på dels indata av osäker kvalitet och dels inbyggda osäkerheter i metoderna som används för toxicitetsbedömningar. I denna analys användes metoden USEtox och är den metod som rekommenderas i standarden för miljöbedömningar av byggprodukter, EN15804. USEtox anger karakteriseringsfaktorer för metaller som "indikativa" snarare än "rekommenderade" och resultatet bör tolkas med försiktighet (USEtox, 2020). Eventuella emissioner av mikroplaster från stolparna under produktions- samt bruksfasen är inte inkluderade i denna LCA. Detta beror främst på att det i dagsläget inte existerar en nog utvecklad metod för att bedöma vilken hälso- och miljöpåverkan som kan uppstå till följd av mikroplastemissioner.

Resultaten i denna studie är inte viktade eller normaliserade vilket innebär att man inte kan dra några slutsatser kring vilken eller vilka miljöpåverkanskategorier som har störst betydelse vid bedömningen av stolparnas miljöpåverkan. Normalisering och viktning har valts bort eftersom båda metoder innehåller inbyggda värderingar och osäkerheter. Resultat från normalisering och viktning är heller inte tillåtet att publicera i EPD:er då dessa indikatorer kan anses vara godtyckliga och missvisande (EPD International, 2020).

5.4 Förslag på framtida studier

Denna studie omfattar fyra typer av stolpmaterial (kreosot- och kopparimpregnerade trästolpar, PE-klädd trästolpe samt kompositstolpar) från sex olika tillverkare. Utifrån denna studie kan man alltså inte dra några slutsatser om andra stolpmaterial, till exempel stål, som är ett vanligt material för högre spänningsnivåer i elnätet. Att inkludera fler stolpmaterial för fler spänningsnivåer i elnätet för att kunna dra slutsatser om vilken miljöpåverkan stolpar har i det svenska elnätet är intressant för framtida studier.

I framtida studier kan det även vara intressant att räkna på ledningars miljöpåverkan och därmed fånga upp olika stolpmaterials inneboende egenskaper som till exempel påverkar stolptätheten på en ledning.

Att ta fram miljövarudeklarationer (EPD) för ledningsstolpar är ett bra verktyg för att kommunicera verifierad, transparent och jämförbar information om produkternas aktuella miljöpåverkan över hela livscykeln. Utöver kommunikation kan EPDer användas till att identifiera betydande miljöaspekter och att tillsammans med leverantörer förbättra produktens miljöprestanda i hela kedjan (EPD international, u.å.). Genom att utveckla en specifik PCR (Product Category Rules) kan branschen möjliggöra för stolpproducenter att ta fram efterfrågad och jämförbar miljöpåverkans information.

5.5 Slutsatser

Huvudsyftet med denna studie är att beräkna miljöpåverkan för olika stolpmaterial och identifiera de delar av stolparnas livscykel som bär en stor del av miljöpåverkan, samt att jämföra påverkan mellan de olika stolptyperna.

Resultatet av LCAn visar att miljöpåverkan för de studerade stolpmaterialen uppkommer på olika ställen längs deras livscykel och skiljer sig åt beroende på vilket stolpmaterial och miljöpåverkanskategori som studeras. En stor del av stolparnas totala miljöpåverkan uppkommer vid utvinning och tillverkningen av råmaterial. Men även läckage av kemikalier under bruksfasen samt avfallshanteringen av stolparna har stor påverkan på resultatet.

PE-klädd trästolpe är den stolpe som resulterar i lägst miljöpåverkan av de studerade stolparna och det gäller för alla de miljöpåverkanskategorier som omfattas av projektet, förutom för kategorin marknära ozon där kopparimpregnerade stolpar har en marginellt lägre påverkan. En av de bidragande anledningarna till den lägre påverkan är att den tillverkas av förnyelsebar träråvara och en stor andel återvunnen polyeten. Stolpen är även designad för att både trä- och plastråvara skall kunna återanvändas, vilket ger en lägre påverkan jämfört med om stolpen förbränts efter användning. Stolpen har också en låg förväntad toxicitetspåverkan under bruksfasen då den, relativt sett de impregnerade trästolparna, inte emitterar metaller eller organiska föroreningar.

Kompositstolpen är den typ som har högst miljöpåverkan i samtliga studerade miljöpåverkanskategorier förutom övergödning och ekotoxicitet där impregnerade trästolpar har en högre påverkan. Hög påverkan från produktion av råmaterialen för kompositstolparna ger en högre total påverkan jämfört med impregnerade trästolpar och PE-klädd trästolpe. Fördelen med kompositstolpar är att de relativt sett de impregnerade trästolparna inte förväntas läcka metaller eller organiska föroreningar under användningsfasen.

För trästolpar som impregneras med antingen kreosot eller kopparbaserade impregneringsmedel bidrar främst impregneringsprodukterna till dess miljöpåverkan. Delvis bidrar framställningen av impregneringsprodukterna till resultatet, men även läckage under användningen och utsläpp vid avfallshandling påverkar. I jämförelse med PE-klädd trästolpe och kompositstolpar bidrar dessa stolptyper till lägst användning av naturresurser (primärenergi) över livscykeln. Den största delen av energiråvaran kommer från förnyelsebara material (träråvara). De impregnerade trästolparna bidrar till låg klimatpåverkan relativt kompositstolparna.

Resultatet av känslighetsanalysen, där stolparnas förväntade livslängd och dess möjlighet att materialåtervinnas inkluderas i analysen, visar att PE-klädd trästolpe har lägst klimatpåverkan och

att kompositstolpen resulterar i högst påverkan. Detta trots att kompositstolparna förväntas kunna användas nästan dubbelt så länge som de impregnerade trästolparna.

För att sätta resultaten i ett större perspektiv jämfördes miljöpåverkan över stolparnas livscykel med miljöpåverkan från elproduktionen. I jämförelsen kan man uttyda att stolparnas klimatpåverkan, humantoxicitet samt ekotoxicitet ungefär är i samma storleksordning som produktion av 1 MWh el av en europeisk elmix.

Denna studie belyser tillverkningen och livslängden för stolparna utifrån dagens situation. Eventuella framtida processförbättringar eller nya material skulle kunna ge en lägre eller högre miljöpåverkan.

6 Referenser

Erlandsson, M. 2011. Jämförelse av miljöpåverkan från ledningsstolpar av olika material – en livscykelanalys. Rapport nr B2004. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.

Kemikalieinspektionen. 2020. Träskydd med kreosot. Tillgänglig: <https://www.kemi.se/bekampningsmedel/biocidprodukter/vanliga-typer-av-biocidprodukter/traskydd-med-kreosot>. Hämtad den 3 Mars 2020

ABB. 2020. Kraftledningsstolpe-komposit. Tillgänglig: <https://new.abb.com/products/transformers/sv/nyheter/kraftledningsstolpe-komposit>. Hämtad den 6 juli 2020.

Basic, Dzenan. 2020. ScanPole. Personlig kommunikation.

Bryant-Meisner, Tom. 2020. Jerol Industri. Personlig kommunikation.

CEN European Committee for Standardisation (2019). EN 15804:2012+A2:2019, Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products.

Ekonomifakta (2020). Elproduktion. Tillgänglig: <https://www.ekonomifakta.se/Fakta/Energi/Energibalans-i-Sverige/Elproduktion/>. Hämtad den 31 augusti 2020.

EPD International. 2020. Guidance on interpretation of programme instructions. Tillgänglig: <https://www.environdec.com/The-International-EPD-System/General-Programme-Instructions/Guidance-on-interpretation-of-programme-instructions/>. Hämtad den 6 juli 2020.

EPD International. U.å. Kommunera produkters miljöprestanda med EPD. Tillgänglig: https://www.environdec.com/contentassets/4b9089c8351649608e026cfb899ef04a/communicating_epd_swedish.pdf. Hämtad 6 juli 2020.

Erlandsson, M & Mats Almemark. 2009. Background data and assumptions made for an LCA on Creosote poles. Working report . Rapport nr B1865. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.

Fecht, Galen. 2020. RS Poles. Personlig kommunikation.

Freij, Eddie. 2020. Rundvirke Poles. Personlig kommunikation.

Jerol. 2018. Handboken – Jerol kompositstolpar för luftledning. Tillgänglig: <https://jerol.se/teknisk-info/el-och-teledistribution/>. Hämtad den 24 mars 2020.

Rundvirke Poles. 2020. Produkter. Tillgänglig: <https://www.poles.se/produkter/>

ScanPole. 2020. Produktionkedja. Tillgänglig: <https://www.scanpole.com/se/produkter/produktionskedja/>. Hämtad den 24 mars 2020.

Thinkstep AG. 2018. GaBi Software System and database for Life Cycle Engineering 1992-2018 version 8. Leinfelden-Echterdingen, Germany.

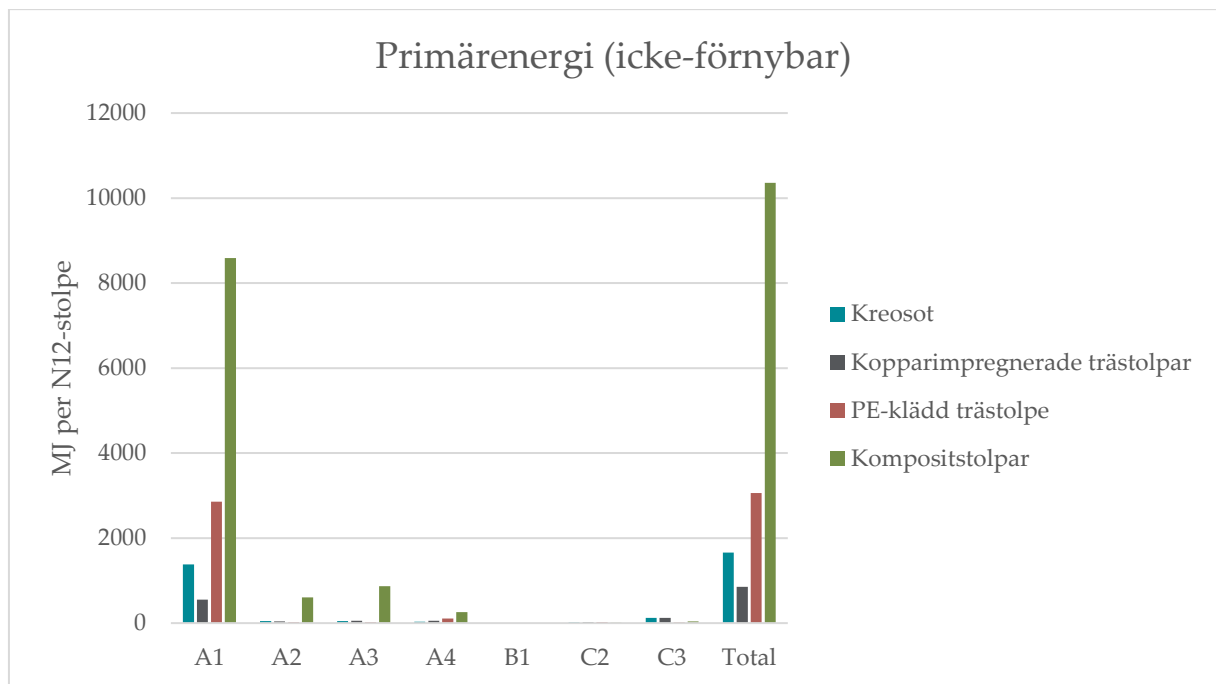


USEtox. 2020. Frequently asked questions. Tillgänglig: <https://usetox.org/faq#t23n120>. Hämtad den 24 juni 2020.

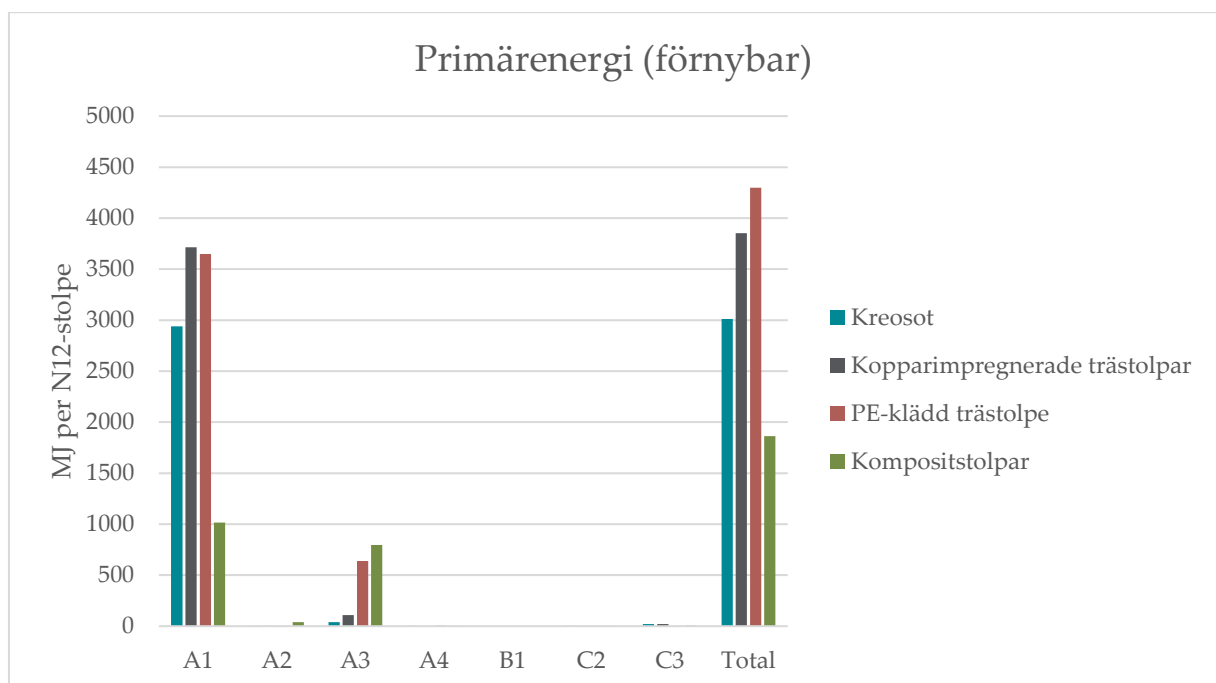
Wernet, G. et al., 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(9), p. 1218–1230.

WOPAS. 2020. Produktdatablad. Tillgänglig: <http://www.wopas.net/media/1154/wopas-produktdatablad-och-manual-4-sep-2019.pdf>. Hämtad den 24 mars 2020.

Appendix A: Primärenergi



Figur 18. Resultat för icke-förnybar primärenergi för de olika stolpmaterialen fördelat på modul A1 till C3. Resultatet presenteras i enheten MJ per funktionell enhet.



Figur 19. Resultat för förnybar primärenergi för de olika stolpmaterialen fördelat på modul A1 till C3. Resultatet presenteras i enheten MJ per funktionell enhet.

Appendix B: Använda datakällor

Tabell 9. Ett urval av de dataset som använts vid LCA-modelleringen i GaBi.

Resurs typ	Resurs	LCI dataset	Referens år	Källa
Råmaterial	Trä	DE: Spruce log with bark (44% H2O content) ts	2018	Thinkstep AG (2018)
Råmaterial	Trä	DE: Pine log with bark (79% moisture; 44% H2O content) ts	2018	Thinkstep AG (2018)
Råmaterial	Glasfiber	DE: Glass fibres ts	2018	Thinkstep AG (2018)
Råmaterial	Epoxy Resin	DE: Epoxy Resin (EP) Mix ts	2018	Thinkstep AG (2018)
Råmaterial	Polyester	DE: Polyester Resin unsaturated (UP)	2018	Thinkstep AG (2018)
Råmaterial	Polyeten	RER: Polyethylene low density granulate (PE-LD)	2014	PlasticsEurope
Råmaterial	Polyuretan	EU-28: Aromatic Polyester Polyols (APP) production mix PU Europe EU-28: Aliphatic Isocyanates ALIPA	2014 2010	Thinkstep AG (2018)
Bränsle	Diesel	EU-28: Diesel mix at refinery ts	2016	Thinkstep AG (2018)
Energi	Elektricitet, Sverige	SE: Electricity grid mix ts	2016	Thinkstep AG (2018)
Energi	Elektricitet, Norge	NO: Electricity grid mix ts	2016	Thinkstep AG (2018)
Energi	Elektricitet, Tyskland	DE: Electricity grid mix ts	2016	Thinkstep AG (2018)
Energi	Elektricitet, Europa	ENTSO: Electricity grid mix ts	2015	Thinkstep AG (2018)
End-of-life	Förbränning av trä	SE: Processed wood in waste incineration plant ts	2018	Thinkstep AG (2018)
End-of-life	Konstruktionsmaterial, ersätter komposit	DE: Crushed stone 16/32	2018	Thinkstep AG (2018)
End-of-life	Spånskiva, ersätter trä från PE-klädd trästolpe	EU-28: Particle board	2018	Thinkstep AG (2018)

Appendix C: Resultat

Nedan presenteras resultaten för samtliga stolpmaterial i tabellform. Resultaten för samtliga studerade miljöpåverkanskategorier är uppdelade på livscykelstadierna A1-A3 (produktionsfasen), A4 (transport till kund), B1 (användningsfasen), C2 (transport till avfallshantering), C3 (avfallshantering) och ett totalvärde. Resultaten nedan omfattar resultaten från huvudanalysen och är uttryckta per N12-stolpe. Stolparnas livslängd och vinster efter end-of-life är inte inkluderade här.

Tabell 10. Resultat för kreosotstolpen för alla studerade miljöpåverkanskategorier uppdelat på livscykelstadierna A1-A3, A4, B1, C2 och C3.

Kategori	Enhet	A1-A3	A4	B1	C2	C3	Total
Ekotoxicitet	CTUe	2 189	24.1	784.0	12.0	50.2	3 060
Försurningspotential	Mol H+ ekv.	0.26	0.0030	0	0.0015	0.21	0.47
Humantoxicitet (cancerogena ämnen)	CTUh	7.29E-07	4.83E-10	1.06E-06	2.41E-10	8.34E-09	1.80E-06
Humantoxicitet (icke-cancerogena ämnen)	CTUh	9.48E-07	1.93E-08	6.69E-07	9.66E-09	4.35E-07	2.08E-06
Klimatpåverkan (fossil)	kg CO2-ekv.	41.0	2.69	0	1.35	89.0	134.0
Marknära ozon	kg NMVOC-ekv.	1.03	0.0023	0	0.0012	0.24	1.27
Primärenergi (icke-förnybar) (PENRT)	MJ	1 475	35.7	0	17.9	127	1 660
Primärenergi (förnybar) (PERT)	MJ	2 983	2.07	0	1.04	21.3	3 010
Övergödningspotential	kg P-ekv.	0.039	1.29E-05	0	6.46E-06	1.67E-05	0.039

Tabell 11. Resultat för de kopparimpregnerade stolparna för alla studerade miljöpåverkanskategorier uppdelat på livscykelstadierna A1-A3, A4, B1, C2 och C3.

Kategori	Enhet	A1-A3	A4	B1	C2	C3	Total
Ekotoxicitet	CTUe	3 124	37.7	672.2	22.6	46.1	3 902
Förurningspotential	Mol H+ ekv.	0.36	0.0093	0	0.0042	0.22	0.59
Humantoxicitet (cancerogena ämnen)	CTUh	3.91E-08	7.55E-10	0	4.54E-10	8.59E-09	4.89E-08
Humantoxicitet (icke-cancerogena ämnen)	CTUh	1.61E-06	3.33E-08	1.88E-10	1.91E-08	4.49E-07	2.11E-06
Klimatpåverkan (fossil)	kg CO2-ekv.	32.2	4.21	0	2.53	92.3	131.2
Marknära ozon	kg NMVOC-ekv.	0.21	0.0080	0	0.0035	0.25	0.47
Primärenergi (icke-förnybar) (PENRT)	MJ	646.2	55.9	0	29.1	123.3	854.5
Primärenergi (förnybar) (PERT)	MJ	3 825	3.24	0	1.69	21.7	3 851
Övergödningspotential	kg P-ekv.	0.037	2.02E-05	0	1.21E-05	1.40E-05	0.038

Tabell 12. Resultat för den PE-klädda stolpen för alla studerade miljöpåverkanskategorier uppdelat på livscykelstadierna A1-A3, A4, B1, C2 och C3.

Kategori	Enhet	A1-A3	A4	B1	C2	C3	Total
Ekotoxicitet	CTUe	125.4	71.8	0	18.6	9.29	225.1
Försurningspotential	Mol H+ ekv.	0.33	0.025	0	0.0064	0.0073	0.37
Humantoxicitet (cancerogena ämnen)	CTUh	2.79E-08	1.44E-09	0	3.74E-10	2.11E-10	3.00E-08
Humantoxicitet (icke-cancerogena ämnen)	CTUh	7.03E-07	6.80E-08	0	1.76E-08	9.48E-09	7.98E-07
Klimatpåverkan (fossil)	kg CO2-ekv.	90.0	8.05	0	2.09	0.74	100.9
Marknära ozon	kg NMVOC-ekv.	0.48	0.021	0	0.0056	0.010	0.51
Primärenergi (icke-förnybar) (PENRT)	MJ	2 913	107.0	0	27.7	14.4	3 062
Primärenergi (förnybar) (PERT)	MJ	4 290	6.19	0	1.61	1.02	4 299
Övergödningspotential	kg P-ekv.	0.0028	3.86E-05	0	1.00E-05	3.20E-06	0.0029

Tabell 13. Resultat för kompositstolparna för alla studerade miljöpåverkanskategorier uppdelat på livscykelstadierna A1-A3, A4, B1, C2 och C3.

Kategori	Enhet	A1-A3	A4	B1	C2	C3	Total
Ekotoxicitet	CTUe	3 303	174.3	0	8.68	21.6	3 508
Förurningspotential	Mol H+ ekv.	2.90	0.33	0	0.0029	0.021	3.26
Humantoxicitet (cancerogena ämnen)	CTUh	3.87E-07	3.01E-09	0	1.74E-10	3.78E-09	3.93E-07
Humantoxicitet (icke-cancerogena ämnen)	CTUh	7.92E-06	9.48E-08	0	8.20E-09	3.51E-07	8.41E-06
Klimatpåverkan (fossil)	kg CO ₂ -ekv.	511.4	19.06	0	0.974	3.09	534.4
Marknära ozon	kg NMVOC-ekv.	1.98	0.44	0	0.0026	0.0167	2.44
Primärenergi (icke-förnybar) (PENRT)	MJ	10 061	258.1	0	12.9	41.8	10 360
Primärenergi (förnybar) (PERT)	MJ	1 853	2.18	0	0.749	5.29	1 864
Övergödningspotential	kg P-ekv.	0.0058	1.24E-05	0	4.67E-06	7.00E-06	0.0058



