



UPPSALA
UNIVERSITET

ISRN UTH-INGUTBEX-B-2012/13-SE

Examensarbete 15 hp
December 2012

En miljöjämförelse av traditionellt stambyte kontra relining av tappvattenrör

Med hjälp av livscykelanalys

Gustav Landberg
Daniel Nilsson

**EN MILJÖJÄMFÖRELSE
AV TRADITIONELLT STAMBYTE KONTRA
RELINING AV TAPPVATTENRÖR
Med hjälp av livscykelanalys**

Gustav Landberg & Daniel Nilsson

Institutionen för teknikvetenskaper, Byggt teknik, Uppsala Universitet
Examensarbete 2012

Detta examensarbete är tryckt på Polacksbackens Repro, Uppsala Universitet, Box
337, 751 05 Uppsala Universitet
ISRN UTH-INGUTBEX-B-2012/13-SE

Copyright © Gustav Landberg och Daniel Nilsson
Institutionen för teknikvetenskaper, Byggt teknik, Uppsala Universitet

ABSTRACT

This study was a final thesis, for the bachelor program in civil engineering at the University of Uppsala, which was made on behalf of Riksbyggen in Uppsala. A comparative study of two stain renovation methods; tradition pipe replacement and relining was done with an environmental perspective. A simplified life cycle assessment (LCA) was done according to the International Organization of Standardization (ISO) with the LCA tool Eco-indicator 99, in order to be estimate the impact on the environment. LCA is a method that follows a product or a system “from the cradle to the grave”, which means that all the environmental impact over a lifetime is considered.

The work was executed by using a stairway with nine apartments in a house called “Uppsala Hus 9” as a reference object, which was provided by Riksbyggen. The house was a typical house from the so-called “Miljonprogram” and was restored with traditionally pipe replacement four years earlier. Interviews were done with the companies VBE Byggproduktion AB and Novada that works with traditionally pipe replacement and relining, in order to receive information about material consumption, equipment, transports etcetera for both methods. Where some information was impossible to obtain, assumptions were made.

The processes considered within the study were extraction and production of materials, energy use of machines, transports, recycling and waste. The environmental categories that the study estimated were taken from Eco-indicator 99 and the categories were “human health”, “ecosystem quality” and “resources”.

The conclusion of the study was that the traditionally pipe replacement had a greater impact on the environment than the relining. This was mainly due to the fact that the production of material with the traditionally pipe replacement was about 950 times larger than with the relining. The transport with the traditionally pipe replacement was about three times bigger than the transport with relining. The result of the

recycling was larger with the traditionally pipe replacement than with the relining which had none recycling at all. The energy use of machines was slightly bigger with relining than with traditionally pipe replacement.

Some of the data was unreliable, which required us to make some assumptions. This resulted in some of the values being too high or too low. An example could have been that the use of machines for both of the methods was too high. Meanwhile, it should not affect the result too much, due to the fact that the use of machines for both methods almost cancelled each other out.

SAMMANFATTNING

Studien är ett examensarbete som avslutar högskoleingenjörsutbildningen i byggt teknik vid Uppsala Universitet och har gjorts på uppdrag av Riksbyggen i Uppsala. I studien görs en jämförelse mellan de två stamrörsrenoveringsmetoderna traditionellt stambyte och relining, ur ett miljöperspektiv. För att få fram miljöpåverkan gjordes en förenklad livscykelanalys (LCA) enligt International Organization for Standardization (ISO) med verktyget Eco-indicator 99. Livscykelanalys är en metod som följer en produkt eller system från "vaggan till graven". Med det menas att all miljöpåverkan under en produkt eller varas livslängd beaktas.

Ett trapphus med nio lägenheter i en bostadsrättsförening kallad "Uppsala Hus 9" valdes som referensobjekt i samråd med Riksbyggen. Huset är typiskt för miljonprogrammet och här har ett traditionellt stambyte utförts för fyra år sedan. För att få fram data om materialåtgång, maskiner, transporter etcetera för de båda renoveringsmetoderna intervjuade vi företagen VBE Byggproduktion AB som utför traditionellt stambyte och Novada som specialiserat sig på relining. Om data inte var tillgänglig gjorde vi uppskattningar med liknande material.

Delprocesser som undersöktes var utvinning och produktion av material, maskinernas energiförbrukning, transporter samt återvinning och avfallshantering. De miljöpåverkanskategorier som valdes, hämtades ur Eco-indicator 99. Dessa var mänsklig hälsa, ekosystemkvalitet och ändliga resurser.

Studiens slutsats är att det traditionella stambytet har en större miljöpåverkan än relining. Detta beror till största del på att utvinning och produktion av material är cirka

950 gånger större vid det traditionella stambytet än vid relining. Transporterna är också större för traditionellt stambyte, nämligen tre gånger så stora. Återvinningen av material vid det traditionella stambytet är mycket större än vid relining då det vid

relining inte blir någon återvinning alls. När det gäller maskinernas energiåtgång har relining något större miljöpåverkan än traditionellt stambyte.

En del av datamaterialet var inte tillförlitligt. Av det skälet har en del antaganden gjorts, vilket kan ha påverkat resultatet på det sätt att vissa värden kan ha blivit för höga eller för låga. Till exempel kan användning av maskiner vara för hög. Dock bör det inte påverka resultatet avsevärt då maskinanvändningen för de båda metoderna nästintill tar ut varandra.

Nyckelord

LCA - Life Cycle Assessment

ISO - International Organization of Standardization

Relining

Traditionellt stambyte

Eco-indicator 99

Miljöpåverkanskategori

Funktionell enhet

FÖRORD

Den här studien är ett examensarbete som är det avslutande momentet på våran högskoleingenjörsutbildning i byggteknik vid Uppsala Universitet och har gjorts i samarbete med Riksbyggen i Uppsala.

Vi vill tacka våra handledare vid Riksbyggen, Anna Österman och Anders Dimander, våra ämnesgranskare Lars-Eric Sjölander och Göran Svensson från konsultföretaget Greenit samt examinator Patrice Godonou för deras stöd, hjälp och engagemang under arbetets gång. Vi skulle även vilja tacka Robin Rask och Stefan Erikson från VBE Byggproduktion AB samt Magnus Svenlin från Novada för deras hjälp med information.

Uppsala maj 2012

Gustav Landberg & Daniel Nilsson

Förklaring av nyckelord

LCA - Life Cycle Assessment: metod för att se en produkt eller aktivitets miljöpåverkan under hela dess livslängd.

ISO - International Organization of Standardization: Internationella standarder för metoder.

Relining: Metod att reparera utslitna rör genom infodring med beläggingsmassa på insidan av röret.

Traditionellt stambyte: Metod att reparera utslitna rör genom att riva ytskikt och byta ut gamla rör mot nya.

Eco-indicator 99: Beräkningsverktyg som används för att utföra LCAanalyser.

Miljöpåverkanskategori: Ett sätt att beskriva typerna av miljöpåverkan som tas med i en studie.

Funktionell enhet: Den skall vara ett mått på vad som är syftet med själva LCA analysen. Till exempel är syftet att bygga bostäder är en kvadratmeter boyta en bra funktionell enhet.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INTRODUKTION	1
1.1 Inledning	1
1.2 Syfte och mål	2
1.3 Bakgrundsbeskrivning	3
1.3.1 Traditionellt stambyte	3
1.3.2 Relining	4
1.3.3 Försiktighetsprincipen	7
1.3.4 Bisfenol A	7
1.3.5 Relining utan Bisfenol A	8
1.4 Litteraturstudie	9
1.4.1 Tidigare arbeten	9
1.4.2 Introduktion av livscykelanalys	10
1.4.3 Utförande av livscykelanalys enligt standarderna SS-EN ISO	12
2. METOD	15
2.1 Eco-Indicator 99	16
3. OMFATTNING	19
3.1 Det studerade produktsystemet	19
3.2 Systemgränser	19
3.3 Miljöpåverkanskategorier och metodik för miljöpåverkansbedömning	21
3.4 Inledande datakvalitetskrav	23
3.5 LCI beräkning	23
4. LIVSCYKELPÅVERKAN	25
4.1 Mänsklig hälsa	25
4.1.1 Klimatförändringar	25
4.1.2 Uttunning av ozonlagret	26
4.1.3 Respiratoriska effekter	26
4.1.4 Cancerframkallande effekter	27
4.1.5 Joniserande strålning	27
4.2 Ekosystemkvalitet	28
4.2.1 Ekotoxicitet	28
4.2.2 Försurning	28
4.2.3 Övergödning	28
4.2.4 Markanvändning	29
4.3 Ändliga Resurser	29
4.3.1 Mineralutvinning	29
4.3.2 Fossila resurser	29
5. BERÄKNINGAR OCH ANTAGANDEN	31
5.1 Traditionellt stambyte	31
5.1.1 Utvinning och produktion av material	31
5.1.2 Energiåtgång vid användning av maskiner vid rivning	33
5.1.3 Transporter	35
5.1.4 Återvinning och avfall	36
5.2 Relining	37
5.2.1 Utvinning och produktion av material	37
5.2.2 Energiåtgång av maskiner	38
5.2.3 Transporter	40
5.3 Kompletterande beräkningar återvinning traditionellt stambyte	40
6. RESULTAT	43
6.1	43

6.2	Traditionellt stambyte.....	43
6.3	Relining.....	46
6.4	Kompletterande resultat för traditionellt stambyte.....	48
6.5	Jämförande resultat.....	49
7.	SLUTSATS	53
8.	TOLKNING OCH DISKUSSION	55
9.	REKOMMENDATIONER FÖR VIDARE STUDIER.....	61
10.	REFERENSLISTA	63
10.1	Skrifter.....	63
10.2	Muntliga källor	63
10.3	Internet/hemsidor	63
11.	BILAGOR.....	1
11.1	Bilaga 1. Intervju VBE Byggproduktion AB	1
11.2	Bilaga 2. Intervju Novada	2

1. INTRODUKTION

1.1 Inledning

År 2010 fanns enligt Statiska Centralbyrån 4,6 miljoner hushåll i Sverige. (SCB 2012). De flesta av dessa hushåll har egna kök och badrum med tappvattenrör som ständigt nyttjas och slits. I snitt använder en svensk 180 liter vatten per dag, där 65 liter avser hygien, 10 liter dryck och mat, 35 liter disk, 35 liter toalett, 25 liter tvätt och 10 liter övrigt, se bild 1.1. En familj på 5 personer använder således 328 500 liter vatten per år. (Sydvatten 2011). Detta är vatten som passerar genom tappvattenrören och sliter på dessa. Ett tappvattenrör har vanligtvis en livslängd på 30-60 år, (Liljestrand m.fl. datum saknas), och därefter måste de antingen bytas ut eller repareras.



Bild 1.1

Daglig förbrukning av vatten i ett hushåll

Illustration: Sydvatten AB

Under 1965-1975 genomförde Sverige det så kallade miljonprogrammet då staten ansvarade för att bygga 1 miljon flerbostadshus, småhus och radhus. Alla dessa bostäder börjar nu närma sig en ålder på 45 år eller mer och kommer att behöva renoveras. Därför kommer det att förekomma omfattande renoveringsprojekt de kommande åren. Tekniskt fördelaktiga och tidseffektiva renoveringsmetoder kommer att vara viktiga. Både för entreprenörerna som ska utföra renoveringen men även för de boende som ofta tvingas flytta under renoveringstiden eller använda tillfälliga kök och badrum.

Det finns olika metoder för stamrörsrenoveringar på marknaden som alla har olika förutsättningar, krav och belastning för både entreprenör och boende. Det är olika faktorer som spelar in vilken metod som ska användas, och folk säger olika beroende på bransch och företag. När metoderna kan skilja sig helt åt gällande tekniskt utförande kan det vara svårt att veta vad som är bäst. Att det kan skilja mycket i pris mellan olika metoder påverkar också valet.

1.2 Syfte och mål

Syftet med detta examensarbete är att göra en miljöjämförelse mellan traditionellt stambyte och relining med avseende på tappvattenrör. Detta för att kunna besvara frågan; vilken av dessa metoder har den största miljöbelastningen? För att detta ska vara möjligt behövs en ökad kunskap om hur arbete med livscykelanalys går till och hur livscykelprocessen fungerar.

Riksbyggen är ett företag som ständigt jobbar mot en bättre miljöbild och är därför angelägna om att se hur de olika metoderna skiljer sig i

miljöpåverkan för att enklare kunna fatta beslut i linje med deras miljöpolicy. De förvaltar många fastigheter som står inför renovering av tappvattenrör och tidigare har företaget använt sig av båda metoderna. Målet med detta examensarbete är att det ska fungera som hjälp och stöd för Riksbyggen så att de lättare ska kunna lämna rekommendationer till deras bostadsföreningar och andra fastighetsägare när de står inför kommande stamrörsrenoveringar.

1.3 Bakgrundsbeskrivning

1.3.1 Traditionellt stambyte

Den vanligaste metoden som används vid renovering av tappvattenrör i byggnader är det så kallade traditionella stambytet. Till skillnad från relining, som reparerar befintliga rör, byts de uttjänta rören ut mot nya rör i ett traditionellt stambyte. När ett traditionellt stambyte skall utföras börjar arbetet med att befintliga ytskikt och övre del av golvkonstruktionen rivs, se bild 1.2. Därefter bilas alternativt sågas rören fram och monteras bort och nya rör monteras i de befintliga rörschakten, se bild 1.3. När de nya rören är på plats byggs de åter in enligt standard för nybyggnation.

De fördelar traditionellt stambyte har är framförallt att det är en väl beprövad metod som väldigt ofta ger ett bra resultat. Det uppkommer sällan komplikationer på grund av renoveringen. De nya tappvattenrören som sätts in har en garanterad livstid på 50 år vilket ofta täcker hela boendetiden för den boende. (Proline 2006)

Den traditionella stambytesmetoden har många nackdelar. För att den ska kunna utföras krävs att ytskikt rivs, toalettstol och annan lös

inredning monteras bort. Då ytskikt och golv bryts upp skapas det mycket avfall som senare måste föras bort för återvinning eller som avfall. Även de uttjänta rören i sig är stora avfall. Då rören bilas fram används maskiner som drar energi. Metoden är för beställaren mycket krävande ekonomiskt som praktiskt. Det är kostnader för material och arbetstimmar. Det är också omöjligt för den boende att kunna nyttja våtutrymmen under renoveringstiden, vilket innebär att denne ofta får flytta ut i tillfälliga evakueringsbodar under byggtiden. Detta är något som den boende ofta upplever som en väldigt påfrestande och otillfredsställande situation.



Bild 1.2 & 1.3

Arbetsmoment traditionellt stambyte

Foton: VBE Byggproduktion AB

1.3.2 Relining

Relining är en alternativ metod till traditionellt stambyte, som går ut på att underhålla befintliga rör och förlänga dess livslängd istället för att byta ut dem. Det finns olika metoder för underhållet av stamrören, exempelvis sprutmetoden och strumpmetoden. Syftet är att bygga ett "nytt rör" inuti det gamla. Detta görs med en beläggningssmassa av härdplast, ofta epoxiplast. Innan rören fodras med epoxiplasten måste rören rengöras för att få bort smuts, avlagringar och rost. Detta görs mekaniskt med ett slipverktyg, så kallad blästring. Efter att det är gjort måste rören spolas, torkas och granskas med videokamera och därefter kan epoxiplasten läggas på, se bild 1.4. Denna metod är mycket mer tidseffektiv än vad ett traditionellt stambyte är och innebär knappt några störningar för de boende.



Bild 1.4

Utslitet, slipat respektive renoverat rör

Foto: HWQ Relining Systems AB

Relining av avloppsrör har funnits på marknaden i ca 25 år, (Ahlberg 2012), och får anses som en ny och oprövad stamrörsrenoveringsmetod

eftersom att resultatet inte har kunnat utvärderas. Relining av tappvattenrör har inte gjorts lika länge. Enligt tester som utförts vid forskningslaboratoriet i Tyskland, IKT, konstateras en livslängd på 50 år. (Götalandsrelining)

De fördelar som finns med denna metod är att ingreppet som görs på fastigheten är mycket mindre än vad som måste göras vid ett traditionellt stambyte. Detta eftersom hela badrummet görs om från grunden, det vill säga nya yt- och tätskikt. Detta gör att relining är en mycket snabbare och mer kostnadseffektiv metod. De boende påverkas inte heller under lika lång tid av ingreppet som vid till exempel traditionellt stambyte, relining är klar betydligt snabbare. (Svenlin 2012)

Eftersom relining fortfarande är en relativt ny och oprövad metod när det gäller stamrörsrenoveringar kan detta leda till en osäkerhet när bostadsrättsföreningen eller fastighetsägaren ska välja vilken metod som passar bäst för just dennes förutsättningar. Det är självklart så att relining kan passa bättre än traditionellt stambyte i vissa lägen. Om en bostadsägare till exempel nyligen har renoverat ytskikt i badrum och inte är i behov att göra det igen så passar relining bra. En nackdel med relining är att det hormonstörande ämnet bisfenol A finns med som kemikalie i dem epoxi- och polykarbonatplaster som används som beläggingsmaterial. Svenskt vatten avråder relining med epoxiplast som innehåller bisfenol A på grund av att hälsoriskerna inte är tillräckligt utredda och generellt så kan det sägas att "försiktighetsprincipen" används, vilket innebär att så länge något inte är tillräckligt undersökt så ska det anses som farligt.

Detta har lett till att entreprenörer i branschen har varit tvungna att ta fram alternativa material. Företag inom branschen har även låtit utföra tester på vatten som runnit genom relinande rör och där har det inte gått att utskilja någon bisfenol A som överstiger riktvärdet på 50 µg/kg i vattnet. Med detta riktvärde avses den högsta mängd av ämnet som kroppen dagligen kan inta under sin livslängd utan hälsorisker. (Svenlin 2012)

1.3.3 Försiktighetsprincipen

"Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall utföra de skyddsåtgärder, iaktta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön. I samma syfte skall vid yrkesmässig verksamhet användas bästa möjliga teknik. Dessa försiktighetsmått skall vidtas så snart det finns skäl att anta att en verksamhet eller åtgärd kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön." (Miljöbalken 1998)

1.3.4 Bisfenol A

Bisfenol A är ett ämne som används i tillverkningen av olika plaster. Studier har visat att låga doser av ämnet är hormonstörande. I november 2010 beslutade Europeiska kommissionen att förbjuda användningen av nappflaskor tillverkade av polykarbonatplast som innehåller bisfenol A. Förslaget började gälla 1 mars 2011. (Kemikalieinspektionen 2010)

Det huvudsakliga användningsområdet för ämnet är som råvara i plastindustrin, då främst vid tillverkning av epoxi- och polykarbonatplaster. Där står polykarbonatplaster för den största delen,

ca 80 % baserat på en mätning som gjordes inom EU 2005. Då den ungefärliga förbrukningen av bisfenol A var 1,1 miljoner ton. Resterande del används som råvara i epoxiföreningar. Bisfenol A finns även i vissa typer av kassakvitton och då i ren form vilket gör det mer hälsoskadligt. (Kemikalieinspektionen 2010)

Vid tillverkningen av epoxi- och polykarbonatplaster kan det finnas kvar rester av ämnet som sedan under användningen av materialet kan komma att läcka ut. Det finns forskning som visar på att bisfenol A kan frigöras ur olika plastförmål tillverkade av dessa två plaster och tas upp av människokroppen. Det är detta som har gjort att relining med epoxiplast har ifrågasatts och nya alternativa material har tagits fram.

Bisfenol A tillverkas inte i Sverige utan importeras från andra EU-länder där också användningen av ämnet är större. Denna import utgör dock en liten del av den bisfenol A som används i Sverige. Majoriteten av den bisfenol A som används i Sverige finns redan i färdiga produkter som importeras, till exempel epoxifärger, plaster etcetera. (Kemikalieinspektionen 2011).

1.3.5 Relining utan Bisfenol A

Då många professorer och miljöexperter har avrått från, användning av bisfenol A i livsmedelsförpackningar, som i viss mån tappvattenrören kan klassas som, menar ändå många reliningföretag att det inte finns någon risk att bisfenol A ska läcka ut. Det hävdas att den epoxiplast som blandas samman av i huvudsak epiklorhydrin och bisfenol A, bildar en ny molekyll och ett nytt ämne som inte alls är lika skadligt för kroppen som de båda huvudkomponenterna var för sig. (Svenlin 2012)

Även om många i branschen är enade om att det inte föreligger någon risk med epoxiplasten så har ändå en del företag tagit till sig av den kritik som riktats mot branschen och utvecklat nya beläggningsmaterial som är helt befriade från bisfenol A. Ett företag som gjort detta är Novada. De har tagit fram en ny produkt som är ett helt naturligt beläggningsmaterial bestående av kvartssand och cement och alltså helt befriat från bisfenol A. Arbetsutförandet med det cementbaserade beläggningsmaterialet är nästintill identiskt med arbetsutförandet med epoxiplast och kan konkurrera med de äldre reliningmetoderna både utförande- och kostnadsmässigt. Metoden är enligt företaget lämplig för renovering av tappvattensystem, avloppssystem, värmesystem och kulvertsystem och kan användas i allt från flerbostadshus till industriella fastigheter.

1.4 Litteraturstudie

1.4.1 Tidigare arbeten

Riksbyggen har tidigare samarbetat med Kungliga Tekniska Högskolan för att ta fram rapporter gällande relining. Bland annat var de med och stöttade arbetet i en rapport som togs fram 2011 av Tord Af Klintberg m.fl. i samarbete med över tio företag. Rapporten heter "Reliningrapport 2011" och är en heltäckande utredning av reliningmetoden. Den innehåller bland annat intervjuer med projektledare från olika företag med erfarenhet av relining, undersökningar på rör som renoverats med olika reliningsmetoder. Den har även ett avsnitt som behandlar miljömässiga aspekter hos relining. Vad rapporten kommer fram till är bland annat att relining har fungerat bra i de flesta fall och att problem vid renspolningen är det som oftast kan leda till vattenläckage vid genomförande av renoveringen.

Det har inte gått att hitta något tidigare arbete som ur miljösynpunkt jämfört traditionellt stambyte och relining. När metoderna jämförts i rapporter och artiklar har det oftast handlat om tekniska och kostnadsmässiga aspekter.

1.4.2 Introduktion av livscykelanalys

Livscykelanalys, life-cycle assesement, eller LCA är ett verktyg för att kunna kartlägga miljöpåverkan av en viss produkt, ett system eller handling. LCA är ett så kallat "från vaggan till graven"-system som ser till helheten av det man undersöker, till exempel att koppar bryts i en gruva, transporteras, används för att tillverka kopparrör, transporteras, monteras in i ett rörsystem där röret används för att sedan bli förbrukat och till sist hamna i återvinning och deponi. Syftet är att få med allt som röret påverkar och berör under sin "livstid" ur en miljöpåverkanssynpunkt. Miljöledningssystem och miljömärkning är exempel på användningsområden för LCA analyser.

De första LCA-analyserna började användas på 1960 - talet och då handlade det till mestadels om energiberäkningar i kemiska processer. Ett företag som tidigt använde sig av "LCA" (liknande det vi idag kallar LCA), REPA (Resource and Enviromental Profile Analysis) var The Coca-Cola Company som 1969 gjorde studier för att jämföra olika dryckesförpackningar i syfte att se miljöbelastning och resursanvändning. (Rydh m.fl. 2002)

LCA har genom International Orgranization for Standardization, ISO, fått egna så kallade ISO-standarder. Det finns två stycken, SS-EN ISO 14040 :2006 och SS-EN ISO 14044 :2006. Dessa fungerar som ett hjälpmedel för att kunna göra en korrekt och fullvärdig livscykelanalys.

ISO-standardiseringen av LCA har bidragit positivt till användandet och spridning av metodiken. Standarderna gör det möjligt för var lekman utan vidare förkunskap att på ett relativt enkelt och smidigt sätt kunna använda sig av metoden.

En LCA identifierar var någonstans i livscykeln den största miljöpåverkan och belastningen finns med hjälp av olika miljöpåverkanskategorier. Det finns två typer av LCA, bokförings-LCA och förändrings-LCA. En bokförings-LCA syftar till den nuvarande miljöpåverkan för det som avses att undersöka. I en förändrings-LCA avses istället att se på vad konsekvenserna blir om en förändring genomförs. En inventering måste göras för att få in alla data som ska analyseras och därefter finns datorprogram som kan ta fram värden för belastningen alternativt miljödatabaser. Inventeringen kan göras både kvalitativt och kvantitativt. För att kunna jämföra de olika miljöpåverkanskategorierna tas en funktionell enhet fram, FU, vilken gör att de olika kategorierna i analysen blir jämförbara med varandra.

Målet med användningen av LCA är ofta att kunna urskilja var någonstans de största besparingarna av miljöbelastning kan göras. Oftast är det ett väldigt stort åtagande att göra en fullvärdig LCA, det kan ta flera månader att göra en korrekt kvantitativ inventering och analys. Därför är det viktigt att det redan från början bestäms vad som ska analyseras och undersökas och vilka avgränsningar som ska göras för att kunna få en så bra analys som möjligt på det som avsågs att undersökas. Avgränsningar är tillåtna att göra så länge de beaktas lika i olika fall vid en jämförelse.

Fördelarna med LCA är många och här redovisas några av dem:

- Visar vart de största miljöbelastningarna ligger och därmed ser man vart i livscykeln man kan göra störst skillnad.
- Visar energi- och materialresurser som annars kanske glöms bort, t.ex. transport från materialutvinning till fabrik.
- Man får en väldigt bra allmän förståelse på produktens eller systemets helhetspåverkan och ökar förståelsen för att tänka "steget längre".

Det finns även nackdelar med LCA och här redovisas några av dem:

- Det kan i många fall vara svårt att få tag i korrekt data vilket leder till att (teoretiska) antaganden måste göras.
- Metoden kräver mycket utbildning vilket kan göra det svårt att motivera LCA analyser rent ekonomiskt i förhållande till det resultat man kommer fram till.
- Variationer i resultatet kan lätt uppkomma om kvaliteten på den tillgängliga datan inte är tillfredställande.
(Rydh m.fl. 2002)

1.4.3 Utförande av livscykelanalys enligt standarderna SS-EN ISO

När LCA utförs enligt ISO-standard finns det fyra steg att följa, se bild 1.5. Det första steget är "Definition av mål och omfattning", som ska redovisa syftet med analysen samt vilka mål som ska uppnås. Det ska även tas fram ett första utkast på det produktsystem som avses att studeras. Redan från början i en LCA är det viktigt att produktens funktion tydliggörs för att senare kunna tolka miljöpåverkan på ett bra sätt. I samband med bestämning av funktion tas en funktionell enhet fram. Syftet med en funktionell enhet är att skapa en referensenhet som visar den funktion som avses att undersöka och möjliggör jämförelser mellan olika metoder utifrån denna funktion. Ett exempel på en funktionell enhet kan vara "30 kilometer transport av 2 ton betong" där det är möjligt att till exempel jämföra transport med lastbil mot transport med järnväg.

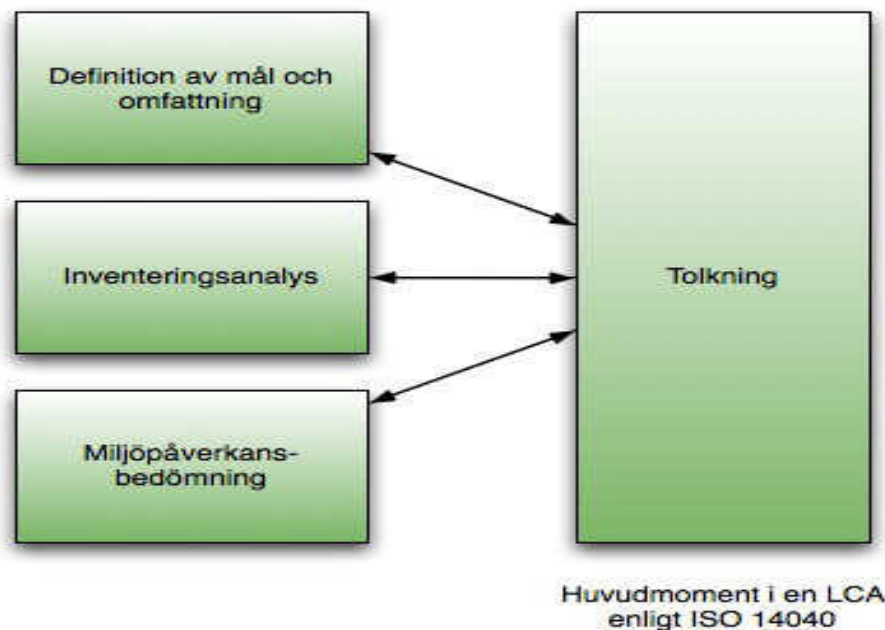


Bild 1.5

Livscykelanalys enligt ISO-standard

Illustration: Gustav Landberg & Daniel Nilsson

Det andra steget enligt standarden är "Inventeringsanalys" som är det

mest tidskrävande steget och går ut på att utifrån produktsystemet samla ihop all nödvändig information och data. Den information och data som samlas in kan exempelvis vara uppgifter om råvaruutvinning, bearbetning av material, transporter, återvinning och avfall. Efter "Inventeringsanalysen" följer det tredje steget "Miljöpåverkansbedömning". I detta steg tas olika beräkningsfaktorer fram. Dessa ska visa produktsystemets totala miljöpåverkan som det orsakar, detta utifrån den information och indata som samlats in under "Inventeringsanalysen". Det fjärde och sista steget i LCA är "Tolkning". Här ska alla resultat analyseras och utvärderas. Alla de begränsningar som studien haft ska förklaras och beaktas. Slutsatser och rekommendationer ska också redovisas.

2. METOD

För att jämföra miljöpåverkan av traditionellt stambyte och relining kommer en förenklad Livscykelanalys, LCA, att utföras. För att kunna genomföra detta kommer beräkningsverktyget Eco-indicator 99 att användas. Verktöget är en vetenskapsbaserad metod för konsekvensanalys för LCA som bygger på dokumenterade och kvalitetssäkrade data om olika processers och materials miljöbelastning. Verktöget används i första hand för miljöanpassad produktutveckling (eco-design), för att identifiera vilka delar i en produkts- eller systems livscykel den största miljöbelastningen finns och i så fall vad det kan bero på. Eco Indicator 99 ger däremot ingen information om vilken miljöeffekt det är fråga om. Den är också lämplig till jämförande analyser. Att Livscykelanalysen är förenklad innebär att avgränsningar och antaganden i vissa fall kommer att göras. Detta på grund av att det är tidskrävande att samla in all information om varje produkt eller aktivitet och att det inte alltid går att få tag på den information som söks. Det kan även vara så att beräkningsverktyget inte har exakt data och att det därför blir nödvändigt att göra vissa approximationer.

Indata och information som behövdes i beräkningsverktyget har i första hand samlats in genom intervjuer med företag som utför traditionella stambyten och relining. Vid det traditionella stambytet har företaget VBE Byggproduktion AB intervjuats om ett traditionellt stambyte som genomfördes på "Uppsalahus nr 9". Uppsalahus nr 9 har varit vårt referensprojekt som byggdes under "miljonprogrammet" där indata om materialmängd, maskinanvändning med mera kommer att fås. Vid relining har företaget Novada intervjuats. Referensprojektet kommer då

att användas som en fiktiv byggnad och teoretisk information kommer att fås om materialmängd, maskin användning och transporter. Om ytterligare information behövs används litteratur som berör ämnet.

Intervjumetoden som användes var kvalitativ och utgick utifrån följande frågor:

- Hur ser tillvägagångssättet ut för traditionellt stambyte och relining?
- Vilka material används och hur stor är åtgången?
- Vilka maskiner används och hur mycket används dessa?
- Vilka material återvinns?

2.1 Eco-Indicator 99

Eco-indicator 99 är ett beräkningsverktyg och kan ses som en metod för att utföra livscykelanalyser. Det är framtaget av det holländska företaget PRé Consultants som startade 1990. Företaget har sedan dess varit i fronten och har utfört arbete i livscykel tänk och LCA med flera hundra företag runtom i världen.

Eco-indicator 99 innehåller en inledning, en instruktion i hur metoden ska användas samt miljöpåverkansbedömning. Metoden är uppdelad i 5 steg.

Steg 1, här ska den som utför analysen definiera och beskriva syftet med analysen.

Steg 2, handlar om att utövaren ska definiera vad denne menar med livscykel, det vill säga visa vad denne vill titta på och även redovisa de avgränsningar som kan bli tvunget att göras.

Steg 3, här utförs en inventering av material och processer. Det kan till exempel vara materialproduktion, transporter, energiåtgång och återvinning som används inom de systemgränser som satts upp. En funktionell enhet ska även bestämmas och det är till denna som miljöbelastningen kvantifieras.

Steg 4, här fylls ett miljöpåverkansformulär i där den som utfört analysen fyller i de material och processer som inventerats. Sedan används insamlad data och analyseras med hjälp av tabeller med beräknade värden på miljöpåverkan hos de olika materialen och processerna.

Steg 5, är det sista steget och här tolkas resultatet och den som gjort analysen ser om resultatet matchar det denne från början av analysen definierat. Verktuget lämpar sig bra att användas dels för att identifiera vart i ett system eller för en produkt den största miljöbelastningen finns, dels för att jämföra två system eller produkter.

Miljöpåverkan bedöms i så kallade eco-points som är ett allmänt accepterat viktningssystem mellan olika miljöpåverkanskategorier och där värdet 1000 motsvarar en europés genomsnittliga miljöpåverkan under ett år. Huvudmiljöpåverkanskategorierna är: mänsklig hälsa (*human health*), ekosystemkvalitet (*ecosystem quality*) och ändliga resurser (*resources*). På så sätt går det att jämföra till exempel en 20

kilometer lång transport med lastbil mot produktion av ett 300 kilo
koppar och direkt se vilken av dessa som har störst miljöpåverkan.

3. OMFATTNING

3.1 Det studerade produktsystemet

Det studerade produktsystemet kommer att vara renovering av tappvattenrör och den funktionella enheten kommer vara följande: renovering av tappvattenrören i ett trapphus med tre våningsplan á tre lägenheter och där livslängden på renoveringen är 50 år.

3.2 Systemgränser

De två jämförda systemen traditionellt stambyte och relining kommer ha i princip samma delsystem, dessa delsystem bildar sedan systemgränserna, se bild 3.1 och 3.2.

Det traditionella stambytet kommer bestå av följande delsystem:

- Produktion och utvinning av material
- Transporter av material, maskiner och avfall
- Energiåtgång av maskiner
- Återanvändning och avfall

Reliningen kommer att bestå av följande delsystem:

- Produktion och utvinning av material
- Transporter av material och maskiner
- Energiåtgång av maskiner

Återställning av ytskikt och tätskikt vid traditionellt stambyte kommer inte att beaktas i jämförelsen mellan metoderna men kommer däremot att redovisas med kompletterande beräkningar då det är ett nödvändigt efterarbete vid den metoden. Anledningen att det inte tagits med är att metoderna inte blir rättvist jämförbara med varandra. Om man istället

tänker att yt- och tätskikt i båda fallen byts ut så tar de ut varandra i jämförelsen då återställningen blir densamma i båda fallen med hänsyn till miljön. En fördel med relining är att om yt-och tätskikt är i gott skick går dessa att bevara då vattenrör renoveras med denna metod. Det fungerar däremot inte vid traditionellt stambyte då både yt- och tätskikt alltid måste rivs och bytas ut. Det är dock ofta så att yt- och tätskikt är så pass dåliga att de måste bytas ut och därför räknas i denna analys med att arbetena tar ut varandra i de båda metoderna.

Vad gäller återvinning och avfall är det de nya rören som monteras in som tas med i analysen, då livscykeln följer dessa från produktion till installation och användning, det vill säga från "vaggan till graven". Beräkningar på återvinning av de gamla rören kommer dock att göras och redovisas som kompletterande beräkningar.

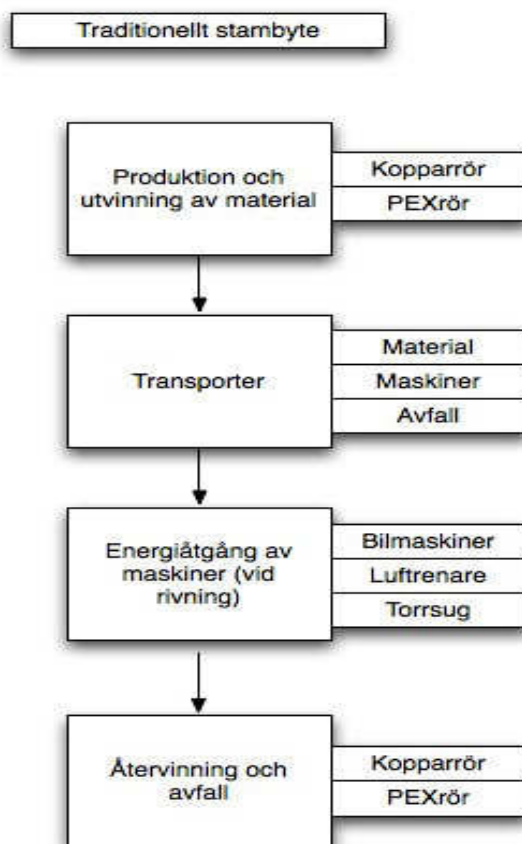


Bild 3.1
Delsystem för
traditionellt stam-
byte.

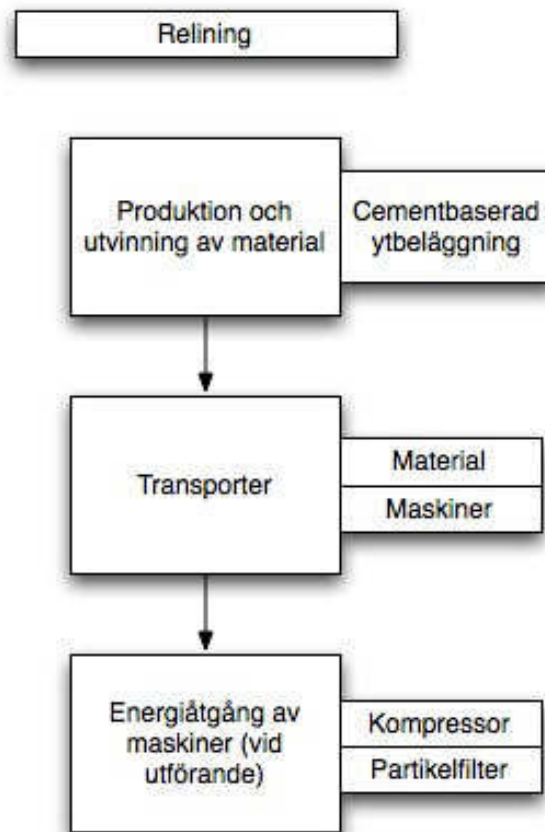


Bild 3.2
Delsystem för relining

3.3 Miljöpåverkanskategorier och metodik för miljöpåverkansbedömning

I denna studie kommer miljöpåverkanskategorierna från Eco-indicator 99. De är tre stycken:

- Mänsklig hälsa (se kap. 4.1) – här avses antal och varaktighet av sjukdomar samt förlorade levnadsår och tidig död som beror på miljöfaktorer. Effekterna som inkluderas är: klimatförändringar, uttunning av ozonlagret,

cancerframkallande påverkan, respiratoriska effekter samt joniserande (nukleär) strålning. (*Human Health; Under this category we include the number and duration of diseases, and life years lost due to premature death from environmental causes. The effects we include are: climate change, ozone layer depletion, carcinogenic effects, respiratory effects and ionising (nuclear) radiation.*)

- Ekosystemkvalitet (se kap. 4.2) – här avses effekter på arters mångfald, speciellt för kärlväxter och lägre organismer. Effekter som inkluderas är ekotoxicitet, försurning, övergödning samt markanvändning. (*Ecosystem Quality; Under this category we include the effect on species diversity, especially for vascular plants and lower organisms. The effects we include are: ecotoxicity, acidification, eutrophication and land-use.*)
- Ändliga resurser (se kap. 4.3) – här avses överskottsenergi som kommer att behövas i framtiden för att utvinna mineraler av lägre kvalitet och fossila resurser. Utarmingen av jord, sand och grus beaktas i markanvändning. (*Resources; Under this category we include the surplus energy needed in future to extract lower quality mineral and fossil resources. The depletion of agricultural and bulk resources as sand and gravel is considered under land use*)

Dessa kategorier är direkt hämtade ur Eco-indicator 99, (se engelsk text inom parentes ovan för kategorisering) och miljöpåverkantsbedömningen är direkt kopplad till kategorierna i beräkningsverktyget.

3.4 Inledande datakvalitetskrav

Den erforderliga miljödata som behövdes har hämtats från beräkningsverktyget Eco-indicator 99. Målet var att den data som användes skulle vara så lik det genomförda eller teoretiska arbetet som möjligt. Om information var bristfällig eller svår att få tag på gjordes vissa approximationer. Ett exempel var att om indata för ett visst material saknades användes, med motivering, ett liknande material för beräkning.

3.5 LCI beräkning

Med hjälp av intervjuer av entreprenörer som utför båda stamrörsrenoveringsmetoderna har ett produktsystem ställts upp. Systemgränser har bestämts med hjälp av information kring metoderna. Därefter har delsystem till respektive systemgräns ställts upp för att inkludera alla ingående material vid utvinning och produktion, energiåtgång av maskiner och transport av material. Från intervjuerna erhöles information om fabrikat på material, fabrikat på maskiner och information om hur man har transporterat material, maskiner, avfall med mera. Sedan har inventeringsprocessen bestått av att samla in information om densiteten på material, effekter på maskiner och transportsträckor för till exempel tillverkningen av koppar rör. Dessa data har sedan kunnat användas för att beräkna åtgång av material i kilo eller energiåtgång av maskiner i kilowattimmar till exempel. För att sedan kunna beräkna ett resultat av respektive delsystem med hjälp av en indikator som hämtats från Eco-indicator 99. Sedan aggregeras alla delsystem i respektive metod för att

visa ett resultat. Härfter görs en miljöpåverkansbedömning där summerade resultat tolkas och analyseras.

4. LIVSCYKELPÅVERKAN

4.1 Mänsklig hälsa

4.1.1 Klimatförändringar

Växthuseffekten är en naturlig process och inte, som många tror, något vi människor har skapat från början. Processen fungerar så att jorden värms upp genom att så kallade växthusgaser i atmosfären hindrar värmestrålning från solen att reflektera tillbaka ut i rymden och som istället blir kvar på jorden.

Utan dessa gaser skulle jorden bli alldeles för kall och något liv på jorden skulle inte existera som det gör idag. Det vi människor däremot gjort är att släppa ut för mycket växthusgaser som rubbar den naturliga balansen som finns i atmosfären och därför hindras mer värmestrålning att släppas ut vilket leder till att temperaturen på jorden blir högre. Vanligt förekommande växthusgaser är koldioxid, metan, freon, kväveoxid och ozon.

Tydliga effekter som går att se på jorden är att havsnivån stiger då den stigande temperaturen får isar och glaciärer att smälta. Regnrika områden får också mer regn medan regnfattigare områden löper risk för uttorkning.

Ett sätt att reducera växthuseffekten är att minska användandet av fossila bränslen, då användningen och förbränningen av dessa skapar koldioxidutsläpp. (Växthuseffekten.org 2012)

4.1.2 Uttunning av ozonlagret

I stratosfären som befinner sig på 10-50 km höjd från jorden finns ca 90 % av allt ozon och kallas för ozonlagret. Ozonlagret är livsnödvändigt för oss på jorden då den absorberar ultraviolett strålning som kommer från solen och är skadlig. Ultraviolett strålning är farlig eftersom den bryter ned tekniska och biologiska material. Risker för oss människor som utsätts för hög ultraviolett strålning är till exempel hudcancer, ögonskador och nedsatt immunförsvar.

Ozonlagret bryts ned av stabila och flyktiga brom- och klorföreningar som når stratosfären där ozonlagret finns. Dessa föreningar tillförs luften och atmosfären genom mänskliga utsläpp av bland annat klorflourkarboner (CFC). Klorflourkarboner är stabila klorföreningar vars ozonnedbrytande potential är stor.

För att skydda ozonskiktet och minska uttunningen av den så har strategin varit att minska och avveckla användning av de ozonnedbrytande ämnena. Restmängder har också samlats in för destruktion. Detta är ett internationellt arbete och åtgärd då dessa ämnen når stratosfären oberoende av vart på jorden de släpps ut. (Naturvårdsverket 2003)

4.1.3 Respiratoriska effekter

Respiration är den vetenskapliga termen för andning. Respirationssystemets uppgift är att förse kroppen med syre för att kroppens ämnesomsättning och energiproduktion skall fungera. (Nationalencyklopedin 2012). Vid ämnesomsättningen bildas koldioxid och vatten. Koldioxiden avges sedan från vävnaderna i lungorna med utandningsluften (Sjukvårdstolkning, datum saknas).

Skador på det respiratoriska systemet är livshotande. Ett exempel på det är SARS (svår akut respiratorisk sjukdom), som påträffades första gången i södra Kina år 2002. (News Medical datum saknas)

4.1.4 Cancerframkallande effekter

Med cancerframkallande effekter avses miljöpåverkan som ökar risken för cancer. Att något är cancerframkallande innebär att det rubbar den perfekta balansen av celledning i kroppen och cellerna sköter inte de uppgifter de har. Föroreningar i miljön genom till exempel utsläpp har dock troligen inte så stor inverkan av canceruppkomst. Partiklar från till exempel förbränningsmotorer kan påverka risken, men det är svårt att kunna beräkna denna risk då det är väldigt många faktorer som spelar in. Däremot kan risken öka om man utsätts för kemikalier och andra cancerframkallande ämnen på till exempel sin arbetsplats. Ett exempel på sådana kemikalier är asbest. (Cancerfonden 2012)

4.1.5 Joniserande strålning

Med joniserande strålning menas strålning med så hög energi att den antingen kan frigöra elektroner ur ett ämnes atomer eller destruera molekyler. Det finns olika typer av joniserande strålning, alfastrålning (α), betastrålning (β), gammastrålning (γ), neutronstrålning och elektromagnetisk strålning.

Blir man som människa utsatt för joniserande strålning kan det resultera i att kroppens celler skadas eller dör. Hur pass stor skada cellerna tar beror på vilken typ av strålning det är man blir utsatt för och hur pass hög och lång exponeringen är.

(Strålsäkerhetsmyndigheten 2012)

4.2 Ekosystemkvalitet

4.2.1 Ekotoxicitet

Ekotoxicitet visar hur giftigt ett visst ämne kan vara i olika ekosystem för växter och djur (SLU 2012). Ekotoxiska studier involverar att identifiera kemiska risker för miljön. I en ekotoxisk studie undersöks hur kemikalier påverkar till exempel fisk, vilda djur, växter och andra organismer. Det är vanligt att tillverkare av kemikalier och bekämpningsmedel låter sina produkter genomgå ekotoxiska undersökningar för att sedan, om resultatet blir tillfredsställande, kunna skicka resultaten till tillsynsmyndigheter för att få ett godkännande av produkten. (AltTox 2007)

4.2.2 Försurning

Försurning innebär att halten vätejoner ökar i mark eller vatten. Detta gör så att surheten stiger, vilket ger ett lägre pH-värde. Det finns två luftföroreningar som bidrar mest till försurningen av mark och vattendrag och dessa är svaveldioxid och kväveoxider. Svaveldioxidutsläpp bildas vid förbränning av svavelhaltiga bränslen som till exempel stenkol och eldningsolja medan kväveoxid bildas vid all typ av förbränning och då främst utsläpp från bil- och sjötrafik. Utsläppen av de försurande ämnena kommer alltså från nederbörden med så kallad våtdeposition eller i gas- eller partikelform, så kallad torrdeposition (Claes Bernes 2012). Försurningen påverkar bland annat växter och djur i mark och vattendrag. Våtdepositionen gör att material vittrar snabbare, så att till exempel byggnader, rörledningar och fornlämningar skadas. Människan påverkas genom upptag av vatten från till exempel försurade brunnar. (Ulla Bertills 2011)

4.2.3 Övergödning

Eutrofiering, oftast benämnt som övergödning, innebär att mark och vatten tillförs mer näringsämnen än vad de naturligt behöver och kan ta hand om. Övergödning av vatten kan ofta visa sig i form av algblomning där stora mängder bakterier och algplankton samlas på samma område. Ofta sker detta på våren i och med ökad temperatur och solljus vilket gynnar fotosyntesen. Är övergödningen stor finns risk att algblomningen blir så omfattande att den täcker hela vattenområden. Bakterierna och algerna bildar en blågrön sörja som luktar illa och bakterierna i sörjan kan vara farliga för både djur som människor. När algerna sedan dött och ska brytas ner på botten av havet kan även syrebrist på botten uppstå om mängden alger är för hög. (Rosenberg 2010)

4.2.4 Markanvändning

Markanvändning innebär att mark nyttjas och förändras vid till exempel byggande av nya bostäder vägar och anläggningar. Vid god planering kan negativa konsekvenser för naturresurser och miljö minska. Utarmning av mark för att bilda grus ingår under markanvändning.

4.3 Ändliga Resurser

4.3.1 Mineralutvinning

Mineraler förkommer naturligt i naturen. Vad som kännetecknar dem är att de har fast oorganisk substans med en väldefinierad sammansättning, kristallstruktur och fysikaliska egenskaper. Det finns idag ca 4500 mineraler som är kända och definierade. (International Mineralogical Association 2011)

4.3.2 Fossila resurser

Olja, kol, naturgas och torv räknas som fossila bränslen. Enligt Naturvårdsverket står användningen av fossila bränslen för 30 % av den totala energianvändningen i Sverige. Fossila bränslen räknas som icke förnybara på grund av att förnyelseprocessen är lång. Det är den största utsläppskällan av växthusgaser vilket bidrar till den globala uppvärmningen, växthuseffekten. Sedan varierar utsläppen beroende på vilket fossilt bränsle som används. Kol ger upphov till störst miljöbelastning i form av utsläpp av koldioxid per energienhet, naturgasen ger minst utsläpp och oljan hamnar mittemellan. Effekten av de utsläpp av växthusgaser från torv beror på hur marken återställs efter utvinning. Uttaget av torv ger en positiv effekt på växthuseffekten tack vare minskade utsläpp av metan från torvmarkerna, medan förbränningen av torven samtidigt ger en negativ miljöpåverkan på grund av de utsläpp av koldioxid som bildas vid förbränningen. Dock kan koldioxiden delvis bindas på nytt om de utvunna torvmarkerna beskogas eller omvandlas till våtmarker. (Naturvårdsverket 2012)

5. BERÄKNINGAR OCH ANTAGANDEN

5.1 Traditionellt stambyte

5.1.1 Utvinning och produktion av material

Kopparrör, kopparrörens längd erhålls från intervju och uppgår till 72m. Från www.koppar.com hämtas vikten för 15mm rör som är 0,393 kg/m.

$$72\text{m} \times 0,393\text{kg/m} = 28,3\text{kg}$$

För bedömningen väljs "Copper, block containing only primary material" med indikator = 1400 mPt per kg, ur kategorin "Production of non ferro metals".

Därefter väljs bearbetning av kopparen med utgångspunkt från "Extrusion - aluminium" med indikator 72mPt per kg, ur kategorin "Processing of metals". Koppar är en metall som kräver högre temperatur vid bearbetning än aluminium. Jämförs indikatorn för tillverkning av aluminium som är 780 mPt med bearbetningen som är 72 mPt blir förhållandet ca 9,2 %. Därför görs samma sak för kopparen, där indikatorn för tillverkningen är 1400 mPt och 9,2 % av 1400 blir således ca 129 mPt. Anledningen till att detta väljs är att kopparen inte är i block utan formade till rör. Tyvärr fanns varken rörformning som process eller koppar som material med som alternativ.

Resultatet av utvinnings- och produktionsprocess för kopparen blir $28,3\text{kg} \times 1400 = 39620\text{mPt}$.

$$72\text{mPt}/780\text{mPt} = 0,092$$

$$1400\text{mPt} \times 0,092 = 129\text{mPt}$$

Resultatet för formning av koppar till rör blir $28,3\text{kg} \times 129\text{mPt} = 3651\text{mPt}$.

PEXrör, är tvärbunden polyeten, rörens längd erhålls från intervju med Stefan Eriksson och Robin Rask på Byggproduktion AB och uppgår till 100 meter, från www.vvshandboken.se hämtas vikten som är $0,1\text{kg}/\text{m}$. Mängden blir då $100\text{m} \times 0,1\text{kg}/\text{m} = 10\text{kg}$.

För bedömningen väljs "HDPE" med indikator = 330 mPt per kg , ur kategorin "Production of plastic granulate". Då PEX ej fanns med som material valdes detta material då det ansågs vara mest likt.

Därefter väljs "Injection moulding - 2" med indikator = 44 mPt per kg , ur kategorin "Processing of plastic". Anledningen av detta väljs är för att materialet ska formas till rör. Tyvärr fanns inte rörformning med som alternativ och därför valdes "Injection moulding - 2" på grund av att det hade högst värde på indikatorn vilket rekommenderas av ISO-standard vid osäkerheter.

Resultatet för utvinning - och produktionsprocessen för PEX rören blir $10\text{kg} \times 360\text{mPt}/\text{kg} = 3600\text{mPt}$

$$10[\text{kg}] \times 44[\text{mPt}/\text{kg}] = 440 \text{ mPt}$$

Resultatet för formningen av plasten till rör blir $10\text{kg} \times 44\text{mPt} = 440\text{mPt}$

5.1.2 Energiåtgång vid användning av maskiner vid rivning

Typ av maskiner och antal arbetstimmar per maskin erhöles genom intervju med Stefan Eriksson och Robin Rask (2012). Åtgång per maskin hämtas ur bruksanvisning och via företagen som hyr ut maskinerna. Den el som används är enligt kategori ur Eco Indicator 99 "Electr. LV France Low voltage (<1000Volt)" på grund av att svensk el är mindre miljöpåverkande än genomsnittet i Europa. Frankrike har ungefär samma fördelning mellan kärnkraft och vattenkraft som Sverige. I det följande redogörs för de maskiner som används och deras miljöpåverkan.

Bilmaskiner

Hilti TE 905 WR

Antal = 2,5st. Arbetstimmar = 160h, effekt = 1,6kW drivs på el.

För elen används "Electr. LV France Low voltage (<1000Volt) med indikator 12 mPt per kWh.

Energiåtgången blir $160\text{h} \times 1,6\text{kW} = 256\text{kWh}$

Resultatet blir $256\text{kWh} \times 12 = 3072 \text{ mPt}$

Hilti TE 704

Antal = 1 st, Arbetstimmar = 64h, effekt = 1,03kW drivs på el.

För elen används "Electr. LV France Low voltage (<1000Volt) med indikator 12 mPt per kWh

Energiåtgången blir $64\text{h} \times 1,03\text{kW} = 65,92\text{kWh}$

Resultatet blir $65,92\text{kWh} \times 12\text{mPt/kWh} = 791\text{mPt}$

Luftrenare

Antalet arbetstimmar fås genom intervju med Stefan Eriksson och Robin Rask på VBE Byggproduktion AB.

Pullman Ermator

Antal 4st de första 8 dagarna sedan används 1 i 2 veckor, Arbetstimmar = 336h totalt för alla luftrenare, effekten är 0,215kW,

För elen används "Electr. LV France Low voltage (<1000Volt) med indikator 12 mPt per kWh.

Energiåtgången blir $336h \times 0,215kW = 72,24kWh$

Resultatet blir $72,24kWh \times 12 \text{ mPt}/kWh = 867mPt$

Torrsug

Antalet arbetstimmar fås genom intervju av Stefan Eriksson och Robin Rask på VBE Byggproduktion AB. Information om maskinen fås av kundservice på Relita.

Relitas bil modell 55

Antal 1st, arbetstimmar = 8h, effekt = 309kW, Bränsleåtgång = 12,5 liter diesel/h. Densiteten på diesel väljs till 0,8kg/L. Informationen vi fick av Relita var att det var bäst att räkna ut bilens energiåtgång med avseende på motorns dieselåtgång.

För att ta hänsyn till förbränningen av diesel kommer motoreffekten att liknas med den motoreffekt som en lastbil "truck 16t" har i kategorin "transport" och således kommer indikatorn för "truck 16t" som är 34 att användas i beräkningen. Antagandet görs att en lastbil av typen som används förbrukar 3,5 liter diesel per mil. Den totala bränsleförbrukningen för torrsugen är 100 liter. Detta innebär en

transportsträcka på 286km (100/0,35). Detta multiplicerat med maxlasten 16 ton och indikatorn 34 ger ett värde som motsvarar förbränningen av dieseln.

Resultat förbränning:

$$100L/3,5diesel/mil = 28,57mil \times 10 = 285,7km = 286km$$

$$286km \times 16ton \times 34 = 155584 \text{ mPt}$$

5.1.3 Transporter

Avstånd och körsträckor är avsedda från staden där tillverkare och fabriker finns och till Uppsala. För att erhålla avstånden har www.se.avstand.org använts. I transporten avses enbart enkelväg.

För samtliga transporter har det antagits att en "Truck 16t" med indikator 34 mPt/tkm ur kategorin "Transport" används. Vi räknar med 1,8 ton avfall per badrum. Tre badrum per transport, 9 per trappuppgång. Hälften av avfallet antas sorteras i big bags och hälften sorteras i containers. Transporter inom Uppsala kommun som till exempel maskinleveranser och vissa soptransporter försummas på grund av dess lilla bidrag, detta antagande gällande maskintransporter görs bara vid det traditionella stambytet på grund av lokal entreprenör. I det följande redogörs för de transporter som görs.

PEXrör

Ulricehamn till Uppsala = 440 km

$$0,010ton \times 440km \times 34 = 149,6 \text{ mPt} = 150 \text{ mPt}$$

Kopparrör

Västerås till Uppsala = 77km

$0,0283\text{ton} \times 77\text{km} \times 34 = 74,09 \text{ mPt} = 74 \text{ mPt}$

Avfall i Big Bag 8,1ton

Uppsala till Vallentuna = 53km

$8,1\text{ton} \times 53\text{km} \times 34 = 21205,8\text{mPT} = 21206 \text{ mPt}$

Avfall i container 8,1ton

Uppsala till Vallentuna = 53km

$8,1\text{ton} \times 53\text{km} \times 34 = 21205,8 \text{ mPT} = 21206 \text{ mPt}$

5.1.4 Återvinning och avfall

Återvinning av koppar finns inte med i Eco-indicator 99 och istället gör vi antagandet att räkna med återvinningen av aluminium. Jungfruligt aluminium har en indikator på 780 mPt, återvinningen ger -720. mPt Detta innebär en skillnad på 60 vilket betyder att ca 10% inte återvinns. Jungfrulig koppar har en indikator på 1400 mPt vilket ger en återvinning på -1260 mPt om vi även här räknar 10% bortfall. PEX rören som ska återvinnas kan liknas med "Recycling PE" som är polyeten utan inblandning av andra material. Det har en indikator på 330 mPt för utvinning och produktion, processen för återvinning kräver 86 mPt. Detta innebär att indikatorn i kategorin "Recycling of waste" blir -240 mPt.

I denna analys har det valts att ta återvinningen av det material som sätts in i det nya systemet, det vill säga 100m PEXrör som väger totalt

10kg och 72m kopparrör som väger totalt 28,3 kg. Detta för att få hela systemets livscykel. I det följande redogörs hur stor del av materialen som kan återvinnas.

Kopparrör

Längden är 72m, vikten 0,393kg/m

$$72\text{m} \times 0,393\text{kg/m} = 28,3\text{kg}$$

Indikatorn är 1400 mPt för koppar, 10% går åt till processen återvinning, $1400 \times 0,1 = 1260$. Då återvinningen kompenserar för miljöpåverkan får den ett negativt värde (-1260) mPt

$$28,3\text{kg} \times (-1260) = -35658 \text{ mPt}$$

PEXrör

Längden är 100m, vikten är 0,1kg/m

$$100\text{m} \times 0,1\text{kg/m} = 10\text{kg}$$

Indikatorn för PEX-rör liknas med LDPE (load density polyeten) som sedan vid återvinningen motsvaras av "Recycling PE" med indikator - 240 mPt.

$$10\text{kg} \times (-240) = -2400 \text{ mPt}$$

5.2 Relining

5.2.1 Utvinning och produktion av material

På grund av att det räknas på Novadas nya patenterade reliningmassa vet vi bara att den är cementbaserad, något mer ville de inte säga under intervjun. De hävdar att det inte finns några miljöfarliga kemikalier i den. Därför antas det att den cementbaserade reliningmassan bara innehåller cement och vatten.

Mängden cement, rören som relinas är av koppar med en ytterdiameter på 15mm och en innerdiameter på 13mm, alltså tjockleken är 1mm och det väger 0,393kg/m. Den totala rörlängden är 172m. På rör med denna dimension läggs ett lager reliningmassa på som är mellan 0,1-0,4 mm. Antagandet har gjorts att lagret är 0,25mm. Alltså minskar innerdiametern med 0,5mm. I det följande redogörs beräkningar för vikt på reliningmassa och dess miljöpåverkan.

$$6,5 \times 6,5 \times 3,14 = 132,67\text{mm}^2$$

$$6,25 \times 6,25 \times 3,14 = 122,66\text{mm}^2$$

$$132,67 - 122,66 = 10,01\text{mm}^2 = 1,001 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$1,001 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \times 172 = 0,00172\text{m}^3 = 1,72\text{dm}^3 \text{ 1,72L}$$

1 liter cement antas väga 1,45kg, Detta innebär att mängden cement som går åt till produktionen av reliningmassan är: $1,72\text{L} \times 1,45 \text{ kg} = \mathbf{2,494\text{kg} = 2,5\text{kg}}$

Indikator på 20 mPt väljs under kategorin "Production of building material" på grund av det beskrivs som Portland cement vilket är den vanligaste cementen.

Resultatet, blir $2,5\text{kg} \times 20 = 50\text{mPt}$.

5.2.2 Energiåtgång av maskiner

De maskiner som används under själva utförandet är en dieselkompressor XAMZ 407 från Atlas Copco och ett partikelfilter som vi har antagit är ett "GOBL patron" som drivs med el.

Dieselkompressor XAMS 407, det används 1 dieselkompressor till ett "normalt" reliningprojekt, effekten är 186kW enligt tillverkaren Atlas Copco, tiden som den används är 5h, med rätt inställt tryck och flöde kommer kompressorn att förbruka ca 21L/h enligt tillverkaren, energiåtgången blir $21\text{L/h} = 16,8\text{kg/h} = 16,8\text{kg} \times 5 = 84\text{kg}$, Densiteten för diesel är $0,8\text{kg/dm}^3$.

För att ta hänsyn till förbränningen av diesel kommer motoreffekten att liknas med den motoreffekt som en lastbil "truck 16t" har i kategorin "transport" och således kommer indikatorn för "truck 16t" som är 34 mPt att användas i beräkningen. Antagandet görs att en lastbil av typen som används förbrukar 3,5 liter diesel per mil. Den totala bränsleförbrukningen för dieselkompressorn är 105 liter. Detta innebär en transportsträcka på 300km ($105/0,35 = 300$). Detta multiplicerat med maxlast 16 ton och indikatorn 34 mPt ger ett värde som motsvarar förbränningen av dieseln. I det följande redogörs för de maskiner som används och deras miljöpåverkan.

Resultat förbränning:

$$105\text{L}/3,5\text{diesel}/\text{mil} = 30\text{mil} \times 10 = 300\text{km}$$

$$300\text{km} \times 16\text{ton} \times 34 = 163200\text{mPt}$$

Partikelfilter "GOBL patron", det åtgår 1 partikelfilter för ett "normalt" reliningprojekt som ovan, effekten är 150kW enligt

www.maltemanson.com, tiden som den används är 1,5h, energiåtgången blir $150\text{kW} \times 1,5\text{h} = 225\text{kWh}$.

Indikator på 26 mPt väljs under kategorin "Electricity" på grund av att det är lågspänningsström (<1000V) som används.

Resultatet, blir $225\text{kWh} \times 26 = 5850\text{mPt}$.

5.2.3 Transporter

De transporter som har tagits hänsyn till är transport av reliningmassa som krävs och transporter av maskiner till arbetsplatsen. Reliningmassan tillverkas i Stockholm och transporteras således därifrån till Uppsala, detsamma gäller för de maskiner som används vid utförandet. I det följande redogörs för de transporter som görs.

Transportsträckan mellan Stockholm - Uppsala är 69km. Indikatorn som används är på 34 mPt och väljs från kategorin "Transport", då material och maskiner antas transporteras med "Truck 16t".

Reliningmassa, $0,0025\text{ton} \times 69 \times 34 = 5,865\text{mPt} = 5,9\text{mPt}$

Transport av maskiner, vikt på kompressor är 6150kg och vikten på partikelfiltret är i komplett utförande 95kg inklusive fyra filterpatroner á 10kg styck, enligt www.maltemanson.com. Den totala vikten för maskiner blir då 6245kg. Resultatet blir då $6,245\text{ton} \times 69 \times 34 = 14650,77\text{mPt} = 14650,8\text{mPt}$.

5.3 Kompletterande beräkningar återvinning traditionellt stambyte

Återvinning av koppar i det gamla systemet blir avsevärt mycket högre på grund av att hela systemet består av koppar, den totala vikten av en stam beräknat på 9 lägenheter för referensobjektet blir 67,6kg.

Kopparrör

Längd 172m, vikt = 0,393kg/m

$$172\text{m} \times 0,393\text{kg/m} = 67,6\text{kg}$$

Indikator $1400 - (1400 \times 0,1) = 1260$. Då indikatorn kompenserar för miljöpåverkan får den negativt värde = -1260 mPt

$$\text{Resultatet blir } 67,7\text{kg}] \times -1260 = 85176\text{mPt}$$

6. RESULTAT

6.1 Förklaring

Här redogörs den totala miljöpåverkan och miljöpåverkan från de olika delsystemen för respektive metod.

6.2 Traditionellt stambyte

Tabell 1, visar utvinning och produktion av material

Utvinning och produktion av material (här ingår även tillverkningen av rören)			
Material	Mängd (kg)	Indikator (mPt/kg)	Resultat (kg x mPt/kg)
Koppar	28,3	1400	39620
Formning	28,3	129	3651
PEX	10	330	3300
Formning	10	44	440
Totalt (mPt)			47011

Tabell 2, visar energiåtgång av maskiner vid rivning

Energiåtgång av maskiner vid rivning						
Maskin	Antal (n)	Effekt (kW)	Tid (h)	Energiåtgång kW x h (kWh)	Indikator (mPt/kWh)	Resultat (kWh x mPt/kWh)
Bilmaskin Hilti TE 905 WR	2,5	1,6	160	256	12	3072
Bilmaskin Hilti TE 704	1	1,03	64	65,92	12	791
Luftrenare Pullman Ermator A700	4	0,215	336	72,24	12	867

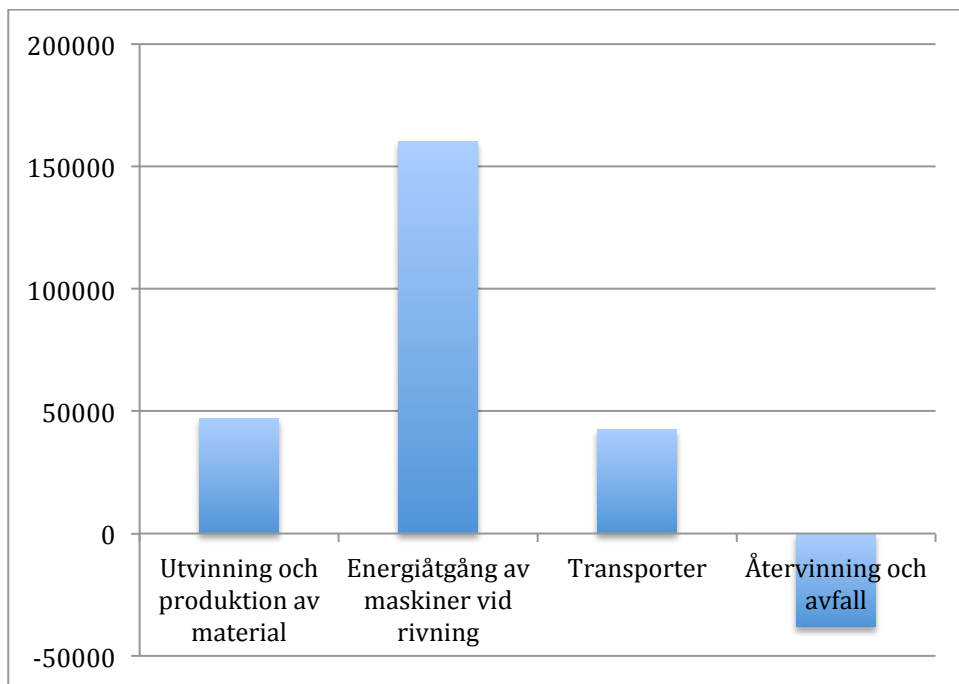
Torrslug	1	-	-	-	34	155584
Totalt mPt						160314

Tabell 3, visar transporter

Transporter			
Material	Transportsträcka (tkm)	Indikator(mPt/tkm)	Resultat (km x mPt/tkm)
PEXrör	440	34	150
Kopparrör	77	34	74
Big Bags 8,1 ton avfall	53	34	21206
Container 8,1 ton avfall	53	34	21206
Totalt (mPt)			42636

Tabell 4, visar återvinning och avfall

Återvinning och avfall			
Material	Mängd (kg)	Indikator (mPt/kg)	Resultat (kg x mPt/kg)
Kopparrör	28,3	-1260	-35658
PEXrör	10	-240	-2400
Totalt (mPt)			-38058



*Diagram 6.1.
Visar miljöpåverkan i millipoints (mPt) för respektive delsystem.*

6.3 Relining

Tabell 5, visar utvinning och produktion av material

Utvinning och produktion av material			
Material	Mängd (kg)	Indikator (mPt/kg)	Resultat (kg x mPt/kg)
Cement	2,5	20	50
Totalt (mPt)			50

Tabell 6, energiåtgång av maskiner

Energiåtgång av maskiner						
Maskin	Antal (n)	Effekt (kW)	Tid (h)	Energiåtgång kW x h (kWh)	Indikator (mPt/kg)	Resultat (kWh x mPt/kWh)
Dieselmotor XAMS 407 från Atlas Copco	1	-	-	-	34	163200
Partikelfilter "GOBL patron"	1	150	1,5	225	26	5850
Totalt (mPt)						169050

Tabell 7, transporter

Transporter			
Material	Transportsträcka (km)	Indikator (mPt/tkm)	Resultat (km x mPt/tkm)
Cement	69	34	5,9
Transporter av maskiner	69	34	14650,8
Totalt (mPt)			14657

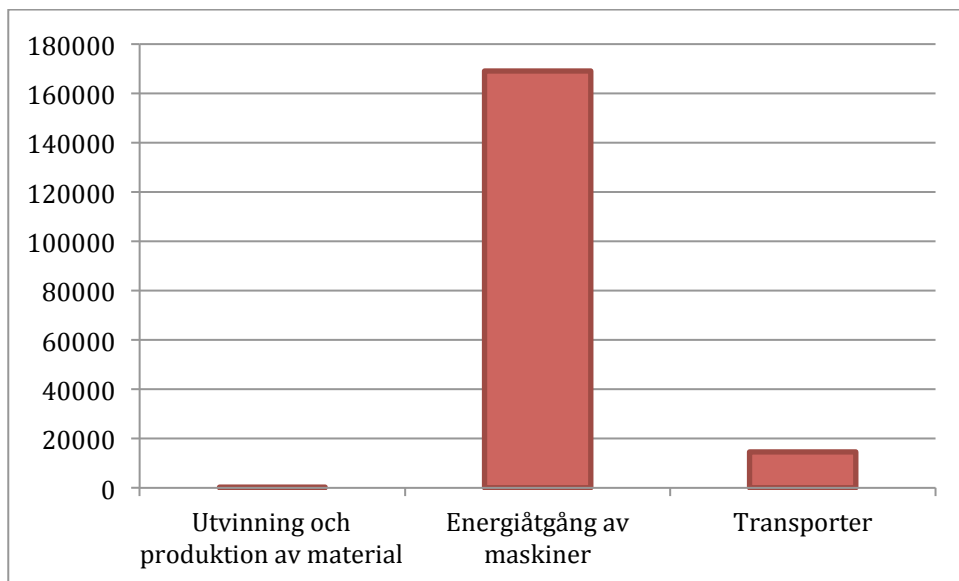


Diagram 6.1.
Visar miljöpåverkan i millipoints (mPt) för respektive delsystem.

6.4 Kompletterande resultat för traditionellt stambyte

Tabell 8, visar produktion av material

Produktion av material			
Material	Mängd (kg)	Indikator (mPt/kg)	Resultat (kg*mPt/kg)
Dolomitkross (gravel)	2250	0,84	1890
Kakel, klinker (ceramics)	2686,5	28	75222
Flytspackel, (concrete not reinforced)	1181,7	3,8	4490,5
Fix, fog (cement)	508,5	20	10170
Tätskikt	-	-	-
Totalt (mPt)			89883

Tabell 9, visar energiåtgång av maskiner vid montering av nytt material

Energiåtgång av maskiner vid montering av nytt material						
Maskin	Antal (n)	Effekt (kW)	Tid (h)	Energiåtgång n*kW*h (kWh)	Indikator (mPt/kWh)	Resultat (kWh*mPt/kWh)
Pump för grovpackel	1	5,5	2	11	26	286
Totalt (mPt)						286

Tabell 10, visar transport av nytt material

Transport av nytt material			
Material	Transportsträcka (km)	Indikator(mPt/tkm)	Resultat (km*mPt/tkm)
Dolomitkross	46	34	3619
Kakel och Klinker	1000/149 (båt/lastbil)	1,1/34 (båt/lastbil)	2955/13607 = 16562
Flytspackel, tätskikt, fix & fog	66	34	3793

Totalt (mPt)			112363
--------------	--	--	--------

6.5 Jämförande resultat

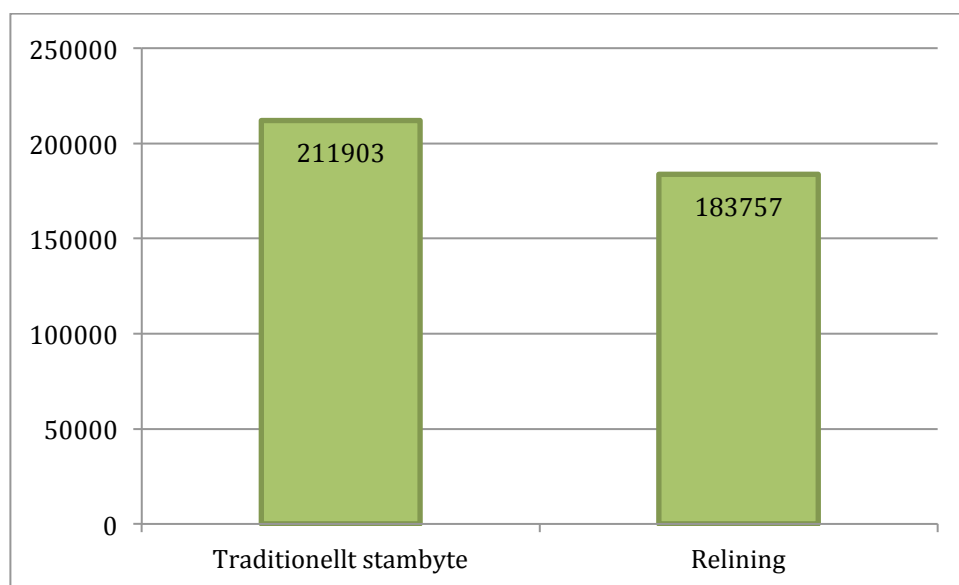
Detta resultat tar hänsyn till det arbete som krävs för att få nya funktionella tappvattenrör i en trappuppgång på tre våningar á tre lägenheter. Detta betyder att metoden relining är komplett utförd medan metoden traditionellt stambyte, där hänsyn enbart har tagits till utvinning och produktion av nytt material, energiåtgång av maskiner vid rivning, transporterna som krävs för de ovanstående kategorierna och återanvändningen av material. Detta betyder att man inte har ett komplett badrum efter detta steg i det traditionella stambytet. På grund av den funktionella enheten som har definierats var detta en nödvändig avgränsning att göra. Det var även nödvändigt då den största miljöbelastningen ligger i utvinning och produktion av de nya materialen som skall byggas in i det nya badrummet. Detta gör att metoderna inte blir jämförbara om avgränsningen inte görs.

Tabell 11, visar totalmiljöpåverkan i mPt för traditionellt stambyte

Traditionellt stambyte	
Delsystem	Miljöbelastning (mPt)
Utvinning och produktion av material	47011
Energiåtgång av maskiner vid rivning	160314
Transporter	42636
Återanvändning och avfall	-38058
Summa	211903

Tabell 12, visar total miljöpåverkan i mPt för relining

Relining	
Delsystem	Miljöbelastning (mPt)
Utvinning och produktion av material	50
Energiåtgång av maskiner	169050
Transporter	14657
Summa	183757



*Diagram 6.3.
Jämförande resultat i millipoints (mPt) för respektive metod.*

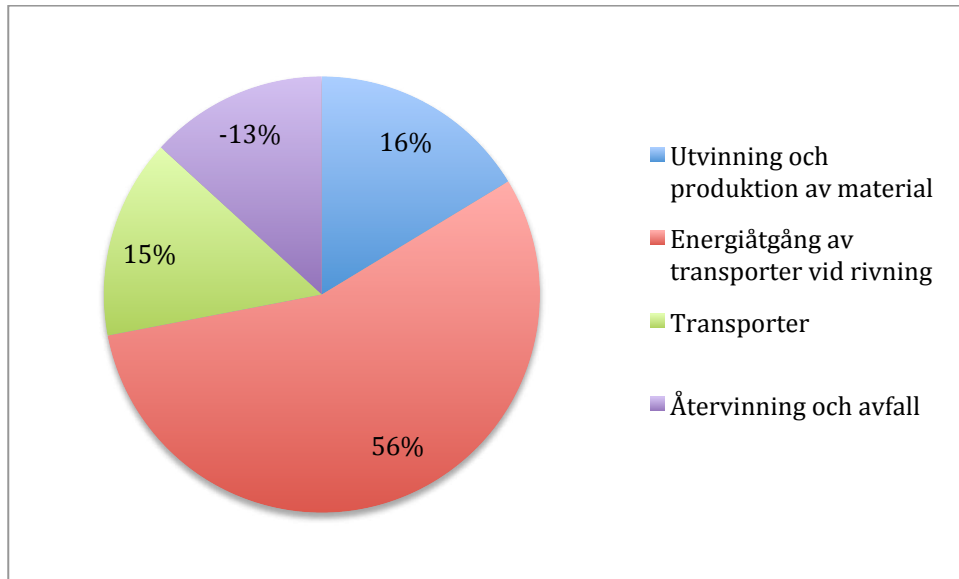


Diagram 6.4.

Visar fördelningen i % av delsystemens totala miljöpåverkan för traditionellt stambyte. Återvinning och avfall får ett negativt tack vare att den bidrar till att minska den sammanlagda miljöpåverkan.

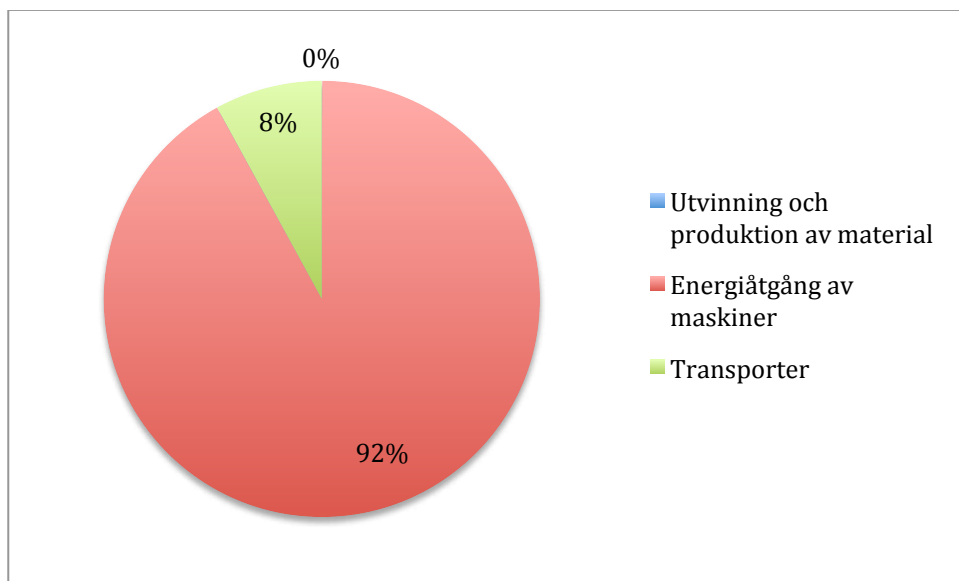


Diagram 6.5.

Visar fördelningen i % av delsystemens totala miljöpåverkan för relining.

7. SLUTSATS

Slutsatsen är att det traditionella stambytet har en större miljöpåverkan än relining. Detta är då beräknat på reovering av enbart vattenrören. Om man jämför de olika delsystemen mellan respektive metod är det "utvinning och produktion av material" som skiljer sig mest, cirka 950 gånger större i det traditionella stambytet. Detta på grund av att mängden nytt material som går åt vid relining är så pass mycket mindre än vid traditionellt stambyte. "Energiåtgång av maskiner" är ungefär lika stora medan transporterna är ca tre gånger så stora vid det traditionella stambytet. En viktig slutsats är att "återvinning och avfall" har en stor positiv inverkan på resultatet då det bidrar med att sänka miljöbelastningen för det traditionella stambytet. Reliningen har ingen återvinning i sitt system.

Slutsatsen gällande ökad kunskap om LCA är att det är tidskrävande och det är svårt att få tag i all information som krävs för en komplett analys. Det är också viktigt att från början bestämma vad det är man ska göra och sedan hålla sig konsekvent till det under arbetets gång.

Målet att Riksbyggen skulle kunna använda sig av arbetet för att ge rekommendationer till deras kunder i valet av reoveringsmetod är delvis uppnått. Riksbyggen är nöjda med resultatet av arbetet men vet i nuläget inte hur det ska implementeras i deras miljöpolicy.

Om man ur livscykelperspektiv ska välja stamrörsreoveringsmetod rekommenderar vi att man väljer metoden relining. Detta anser vi då den enligt vår LCA-analys är den minst miljöpåverkande metoden.

8. TOLKNING OCH DISKUSSION

Att relining skulle ha mindre miljöpåverkan var något vi hade räknat med. Däremot anser vi att resultatet helt beror på hur man definierar systemgränser och delsystem. Vi tyckte till exempel från början att det var naturligt att se på återvinningen av de gamla rören och materialen som byts ut. Det kan vara korrekt med rätt motivering, men det följer inte den metodik som gäller för LCA. Enligt den är det de nya rören återvinning som bör beaktas då det är dessa rör vi följer från att de utvinns, produceras, transporteras, installeras och slutligen återvinns efter dess livscykel, det vill säga "från vagga till graven". Hade vi behållit resonemanget om att de gamla rören återvinning skulle tas med i analysen hade resultatet blivit annorlunda, då de gamla rören enbart bestod av koppar och har mycket högre återvinningspoäng än PEX rör. Vi blev båda förvånade av hur stora poäng kopparåtervinningen gav. Av denna anledning kan vi tycka att det är fel att generellt prata om att det vid traditionella stambyten bildas stora mängder miljöfarligt avfall som ska vara miljöbelastande, eftersom vi i denna analys kunnat se att återvinningen av materialen är stor och ger väldigt positiv miljöpåverkan.

För att göra metoderna så jämförbara som möjligt valde vi att inte titta på återställningen av yt- och tätskikt. Om detta val är korrekt att göra kan diskuteras. Vi anser att det finns giltiga skäl att göra antingen eller så länge det är väl motiverat. Eftersom vår studie fokuserar på renovering av tappvattenrören valde vi att göra denna avgränsning. Det man dock bör ha i åtanke när man ska välja metod är att relining faktiskt kan användas utan att yt- och tätskikt

påverkas. Har en boende till exempel gjort om badrummet två år innan tappvattenrören ska åtgärdas så kan relining såklart passa bättre då den boende med stor sannolikhet inte vill bekosta ännu en renovering av badrummet. Vid traditionellt stambyte går det däremot inte att komma åt rören utan att riva yt- och tätskikt, vilka blir nödvändiga åtgärder.

Målet med arbetet var att miljöpåverkansbedömningen skulle fungera som ett komplement när man ska välja metod. Vi har insett att det ofta inte är så enkelt att man enbart kan låta miljöaspekten bestämma vilken metod som ska användas. Däremot kanske det kan spela in och vara ett hjälpmedel då båda metoderna fungerar bra. Vi anser att det kan vara svårt att välja rakt av mellan traditionellt stambyte och relining och att man istället ska se dem som komplement till varandra och anpassa vilket som passar bäst i varje enskilt projekt. Det vi anser oss kunna säga är dock att relining är en smidigare produkt om det utförs korrekt och kan vara ett bättre alternativ när yt- och tätskikt är i gott skick. Både med avseende på miljö och för den boendes intressen. Om däremot yt- och tätskikt är utslitna och det föreligger risk för vattenskador så anser vi att ett traditionellt stambyte är den bästa åtgärden.

Den reliningmetod vi använt oss av, där materialet är cementbaserat, är en helt ny produkt som saknar referensobjekt och är därför helt teoretiskt använd och analyserad. Trots detta valde vi ändå att använda oss av den då detta examensarbete har miljö som utgångspunkt. Vi anser också att denna metod av relining är ett steg i rätt riktning gällande miljön. Vi tror även att den cementbaserade metoden i framtiden kommer att slå ut metoden med epoxiplast då

det finns en rädsla för att epoxin ska vara miljö- och hälsofarlig. Dock misstänker vi att produkten innehåller fler tillsatser än cement och vatten. Om till exempel någon kemikalie används som tillsats vid produktionen kan miljöpåverkan öka. Därför kan antagandet om att beläggingsmaterialet enbart innehåller cement vara en felkälla.

Vad gäller indata kan mycket diskuteras. En del antaganden har fått göras och har ofta berott på att det inte gått att få tag på någon information. Det kan också ha varit så att det enbart funnits information om liknande material eller processer och att man i dessa fall fått kompensera och efterlikna det verkliga fallet i den mån det varit möjligt. Ibland har det också varit så att vi bedömt att det skulle bli alldeles för mycket jobb att samla in fullständig miljödata och därför gjort antaganden som vi då varit konsekventa med genom hela analysen. Exempel på det kan vara transporter där vi valt att samtliga transporter görs med ett likadant fordon. Beräkningsverktyget Eco-indicator 99 har också varit en begränsning då den inte är komplett utan bara innehåller viss generell data som utvecklarna valt att ta med. Vi hade önskat att det fanns mer data om till exempel byggnadsmaterial. I stort anser vi dock att Eco-indicator 99 har varit ett bra verktyg eftersom det varit tydligt och smidigt att arbeta med.

I båda metoderna blev energiåtgång av maskiner en väldigt stor miljöpåverkansfaktor. Detta eftersom en del av maskinerna förbrände diesel. Då förbränning av diesel inte fanns med i Eco-indicator 99 använde vi oss av en metod där vi liknade förbränningen av diesel med en lastbils förbränning. Detta gav

väldigt stora siffror och förändrade resultatet på så sätt att det traditionella stambytet gick från att vara nästan dubbelt så miljöpåverkande som relining, till att enbart bli ca 18 % mer miljöpåverkande. Om man väljer att bortse från de dieseldrivna maskinerna som nästan tar ut varandra i de båda metoderna så får man åter ett resultat där det traditionella stambytet nästan blir dubbelt så miljöpåverkande som relining.

Resonemanget och beräkningarna gällande förbränningen av bränsle hos torrsugen och kompressorn kan kännas lite oklara och svårbegripliga men har gjorts i diskussion med en expert inom LCA. De tar nästan helt ut varandra men är ändå nödvändiga att göra då de visar på hur pass stor miljöpåverkan förbränning av diesel har.

Miljöpåverkan av transporter i de båda systemen blir stor i förhållande till produktion och utvinning av material. Vid det traditionella stambytet beror detta på att transport av rivningsmaterial är ett nödvändigt moment i metoden för att kunna byta ut de gamla tappvattenrören och det är dessa transporter som bland annat är orsaken till att transportdelen blir så stor. Transport av koppar- och PEXrör blir i förhållande till rivningsmaterialet väldigt liten på grund av att man i beräkningen tar hänsyn till vikten på materialet. Koppar- och PEXrör väger nästan ingenting i förhållande till rivningsmaterialet. Vid relining är det transport av maskiner som bidrar till att transportdelen blir hög, transport av reliningmassa påverkar nämnvärt. Vid relining blir miljöbelastningen av transporter mycket större än produktion och utvinning av material. Detta på grund av att det är en så pass liten mängd material som behövs för reliningen. Vi har också antagit att

alla transporter sker med en likadan lastbil vilket kan bidra till att transporterna blir så stora. Vissa hade kanske kunnat köras med en mindre lastbil.

Vi anser att vi har fått stor inblick i LCA och lärt oss hantera och tillämpa beräkningsverktyget Eco-indicator 99 på ett bra sätt. Från början trodde vi inte att LCA skulle vara så tidskrävande att arbeta med som det visade sig vara. Det har lett till att vi fått göra en del avgränsningar från vår ursprungliga idé. Vi anser dock ändå att vi lärt oss mycket om LCA, vilket var målet med examensarbetet. Även det vi har lärt oss om traditionellt stambyte och reining har varit väldigt givande och intressant.

9. REKOMMENDATIONER FÖR VIDARE STUDIER

Vi rekommenderar att vid fortsatta studier använda sig av ett mer komplett LCA-verktyg där mer miljödata finns, till exempel Sima Pro. Där finns det även information om vilka miljöeffekter det handlar om för respektive material. Till exempel kan två alternativs inverkan på växthuseffekten jämföras genom att man kan få ut ett resultat för utsläpp i antal kg koldioxidekvivalenter. Detta för att på så vis underlätta inventeringsprocessen och få ett tydligare resultat. För mer information om Sima Pro, se länk till Miljögiraffs hemsida i referenslistan.

I en vidare studie skulle större vikt på inventering kunna läggas. I detta arbete fick en del antaganden och avgränsningar göras på grund av olika faktorer. Kan antaganden och avgränsningar reduceras så ökar noggrannheten och resultatet får inte lika stor felmarginal.

10. REFERENSLISTA

10.1 Skrifter

Kemikalieinspektionen (2011). *Bisfenol A Rapport från ett regeringsuppdrag*, Bromma (ISSN : 0284 - 1185)

Miljöbalken (2Kap 3 § 1998)

Naturvårdsverket (2003) *Skyddande ozonskikt Underlagsrapport till utvärdering av miljömålsarbetet*, Naturvårdsverket, Bromma (ISBN 91-620-5320-5)

Rydh, C J, Lindahl, M, Tingström, J. (2002) *Livscykelanalys - en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster*, Studentlitteratur, Lund (ISBN 91-44 02447-9)

10.2 Muntliga källor

Eriksson, S. (2012). VBE Byggproduktion AB, Uppsala

Rask, R. (2012). VBE Byggproduktion AB, Uppsala

Svenlin, M. (2012) Novada, Stockholm

10.3 Internet/hemsidor

AltTox Toxicity Endpoints & Tests www.alttox.org (2012-05-07)

Ahlberg, H. (2012). *Vi erbjuder en väl beprövad produkt*, www.bofast.net (2012-04-12)

Bernes, C. (2012). *Förurning*, www.ne.se (2012-04-19)

Bertills, U. Naturvårdsverket (2011). *Förurning*, www.naturvardsverket.se (2012-04-19)

Dahrén, B., Loberg, B. (2012). *Mineral*, www.ne.se (2012-05-07)

Einhorn, S. & Sylwan, L. (2010) *Vad orsakar cancer?*, www.cancerfonden.se (2012-05-05)

Einhorn, S. & Sylwan, L. (2010) *Vad är cancer?*, www.cancerfonden.se (2012-05-05)

Götalands Relining (datum saknas). *Lång livslängd*. www.gotalandsrelining.se (datum saknas)

Kemikalieinspektionen (2010). *Bisfenol A (BPA)*. www.kemi.se (2012-04-16)

Liljestrand, P. m.fl. (datum saknas). *Bygginnovationen, våtrumsrenovering med stambyten, åtgärdsbehov, forskningsbehov, effektivitet*. (datum saknas)

Mattsson, S. (2010). *Relining - ett sätt att renovera avloppet*, www.alltombostad.se (2012-04-10)

Miljögiraff - Peace love and giraffes, www.miljogiraff.se

Månson, M.(datum saknas). *Partikelfilter "GOBL patron"*
www.maltemanson.com (datum saknas)

Nationalencyklopedin (2012). *Respiration*, www.ne.se, (2012-05-07)

Naturvårdsverket (2012). *Fossila bränslen*. www.naturvardsverket.se
(07-02-12)

News Medical (datum saknas), *Svår akut respiratorisk sjukdom*,
www.news-medical.net, (datum saknas)

PRé Consultans *About PRé* www.pre-sustainability.com (2012-05-03)

PRé Consultans *Eco-indicator 99 Manual for Designers* (2000)

Proline (2006). *Vår metod är typgodkänd med en dokumenterad livslängd på 50 år*, www.proline.se (2012-04-16)

Rosenberg, R. (2006). *Övergödning - för mycket av det goda*,
www.miljoportalen.se (2012-05-07)

Sjukvårdtolkning (datum saknas), *Respirationssystemet*,
www.folkbildning.net, (datum saknas)

Statens Geotekniska Institut *Markanvändning/Geoplanering*
www.swedgeo.se (2012-05-07)

Statistiska centralbyrån, SCB (2012). *Hushållens ekonomi (HEK), antal hushåll efter hushållstyp*, www.scb.se (2012-04-12)

Strålsäkerhetsmyndigheten (2011) *Joniserande strålning*, www.stralsakerhetsmyndigheten.se (2012-04-17)

Sveriges Lantbruksuniversitet *Ekotoxicitet* www.slu.se (2012-05-07)

Svenskt vatten (2011). *Stoppa stambyten med relining av dricksvattenledningar*, www.mynewsdesk.com (2012-04-19)

Sydvatten, (2011). *Vattenförbrukning*, www.sydvatten.se (2012-04-12)

VVSForum/(Intervju med Stefan Håkansson) (2011) *Relining med miljövänligare material* www.vvsforum.se (2012-04-12)

Växthuseffekten.org (2012) *Klimathotet från växthuseffekten* www.vaxthuseffekten.org (2012-04-13)

Växthuseffekten.org (2012) *Effekter på vår jord* www.vaxthuseffekten.org (2012-04-13)

Öhman, D. (2012) *Kisel kan ersätta gift vid renovering* www.byggtjanst.se (2012-04-12)

BILAGOR

A. Sammanfattning av intervju med VBE Byggproduktion AB

Stefan Eriksson och Robin Rask från VBE Byggproduktion AB berättar hur det går till när de utför ett traditionellt stambyte: Arbetet utförs alltid med ett trapphus i taget och där man börjar nerifrån och arbetar sig uppåt. De berättar hur arbetet börjar med att befintliga ytskikt rivs ut, bilas sönder och förs bort med hjälp av en så kallad torrsug. De gamla rören som blir synliga byts ut och ersätts med nya PEX- och kopparrör, Gammalt material som kakel och klinkers krossas och används som fyllning tillsammans med dolomitkross. Maskiner som används vid rivningen är bilmaskiner och torrsug. Stefan förklarar att man förr bar ut allt gammalt material men att man nu använder torrsugen som suger ut mycket av materialet. På så sätt slipper man det tunga bärandet men torrsugen drar däremot mycket energi. Gamla rör och annat som inte kan sugas bort får bäras ut och sorteras för återvinning i så kallade "big bags". Stefan och Robin berättar att det körs bort ca 1,8 ton gammalt material ur varje lägenhet och lika mycket nytt sätts in. Av den anledningen blir det relativt stora transporter av material vid ett traditionellt stambyte.

Vad gäller mängden rör som byts ut så brukar det normalt vara ca 1400 meter rör som byts per trappuppgång.

Normalt tar ett badrum ca 60 timmar att renovera med alla de moment som ingår.

B. Sammanfattning av intervju med Novada

Magnus Svenlin på Novada AB berättar om hur tillvägagångssättet ser ut vid relining: Magnus börjar med att berätta att Novada AB håller på att ta fram ett nytt reliningmaterial som är cementbaserat helt utan epoxi och alltså inget innehåll av bisfenol A. Men eftersom denna metod ännu inte kommit ut på marknaden ber vi Magnus berätta mer om de nuvarande metoderna och deras tillvägagångssätt och även skillnaderna mellan dessa metoder och den nya cementbaserade metoden. Magnus berättar att de arbetsmoment som finns vid den gamla metoden är blästring, torkning och relining. Till blästringen används ett roterande borstmunstycke som avlägsnar rost och andra beläggningar i röret. Till torkningen används en avfuktare och uppvärmare. Efter detta är röret redo att relinas. Här finns två alternativ, antingen sprutmetoden eller strumpmetoden. Det är sprutmetoden som använder epoxi som reliningmaterial. Här används ett roterande sprutmunstycke som applicerar relingmassan i tre till fem olika omgångar beroende på rördimension. Detta för att få en jämn yta inuti röret. Epoxin måste sedan ha 24 timmar för härdning innan röret kan brukas igen. Vid strumpmetoden pressas en "strumpa" in i det befintliga röret som sedan bildar det nya röret. Vid sprutmetoden är uttorkningen av röret väldigt viktigt för att få epoxiplasten att fästa. Detta behöver inte beaktas vid sprutmetoden då det är "strumpan" som bildar det nya röret. Strumpmetoden har en del nackdelar, till exempel sätter den igen avsticken som går från stammen. Där är sprutmetoden att föredra många gånger. Den har dock nackdelen att reliningmaterialen som används idag är starkt kritiserade på grund av innehållet av Bisfenol A i epoxiplasten. Magnus säger att den nya

cementbaserade relingmassan är ett mycket bättre material än den gamla och här slipper man även arbetsmomentet uttorkningen eftersom cement snarare trivs i en fuktig miljö. Magnus avslutar med att säga att det nya reliningmaterialet fungerar lika bra i tappvattenrör som avlopps- och markförlagda rör.

På frågan om vilka material som används svarar Magnus att det bara är reliningmassan och att åtgången är en bråkdel av vad som används vid ett traditionellt stambyte. De maskiner som används säger Magnus är ett dieselaggregat med partikelfilter och tillhörande uppsamlingsenhet för uppsamling av rost och gamla beläggningar inuti röret. Dessa används för blästringen och dieselaggregatet för relingen. En super air som är en typ av uppvärmare används till avfuktningen och uttorkningen av röret. Maskinerna används i genomsnitt 5 timmar om dagen. Ett trapphus på tre våningar med åtta till tolv lägenheter är klara på 2 dagar. På frågan om det finns någon återvinning vid reliningmetoden svarar Magnus nej.