



Examensarbete 10 poäng C-nivå

FRAMTAGNING AV MI-TAL FÖR FORMENS HUS I HÄLLEFORS, E1B – ENLIGT FAKTOR-10 KONCEPTET

Reg.kod: Oru-Te-EXA096-B107/05

Tina Lindén och Cecilia Olson

Byggingenjörsprogrammet 120 p

Örebro 2005

Examinator: Tord Larsson

DEVELOPMENT OF AN MI-FIGURE FOR FORMENS HUS IN HÄLLEFORS, E1B - ACCORDING TO THE FACTOR-10 CONCEPT

Örebro universitet
Institutionen för teknik
701 82 Örebro



Örebro University
Department of technology
SE-701 82 Örebro, Sweden

Examensarbete 10 poäng C-nivå

FRAMTAGNING AV MI-TAL FÖR FORMENS HUS I HÄLLEFORS, E1B – ENLIGT FAKTOR-10 KONCEPTET

Reg.kod: Oru-Te-EXA096-B107/05

Tina Lindén och Cecilia Olson

Byggingenjörprogrammet 120 p

Örebro 2005

Examinator: Tord Larsson
Handledare: Lars-Olov Magnusson
Per-Anders Norman adAbacum

DEVELOPMENT OF AN MI-FIGURE FOR FORMENS HUS IN HÄLLEFORS, E1B - ACCORDING TO
THE FACTOR-10 CONCEPT

Godkänt
Örebro den 22 November 2005

Tord Larsson

Sammanfattning

Arbetsinnehåll och utveckling av examensarbetet

Företaget adAbacum i Örebro framförde önskemål till Institutionen för teknik på Örebro Universitet om att bereda vägen för en Faktor-10 certifiering av Formens Hus i Hällefors.

Uppgiften innefattade att genomföra beräkningar som resulterade i ett MI-tal (Material Input) för Formens Hus, Etapp 1B (E1B). E1B innebär bygget av den nya påbyggnaden så långt som till "tätt hus".

För att kunna genomföra beräkningarna gjordes en sammanställning av materialen som ingick i E1B och vikten på dessa. Detta sammanställdes i Excel så att beräkningarna lättare skulle kunna genomföras. Genom att multiplicera de respektive materialens massa med en MI-faktor kunde ett MI-tal för varje material tas fram. När alla material var beräknade summerades MI-talen för att få ett totalt MI-tal för hela byggnaden.

Uträkningarna ligger till grund för att Formens Hus, i ett senare skede, skall kunna Faktor 10-certifieras.

En resa till Faktor 10-institutet i Carnoules, Frankrike, anordnades på bekostnad av Stiftelsen Formens Hus. Där hade Prof. Dr. Friedrich Schmidt-Bleek föreläsningar som lade grunden för en ökad förståelse i Faktor 10-tänkandet. Vistelsen innefattade även privata föreläsningar om gången vid MI-tals beräkningar.

Litteratur fanns att tillgå på biblioteket om Faktor 10 och MIPS-tals beräkningar. På Internet fanns sammanställningar på tillvägagångssättet vid beräkningar och tabellvärden på MI-faktorer för olika material/ämnen. Informationen var skriven på engelska, tyska och svenska.

Summary

Content and development of the bachelor thesis.

The company ad Abacum in Örebro expressed an interest, to the department of technology at Örebro University, for assistance with planning and preparing a Factor-10 certification of Formens Hus in Hällefors.

The assignment included calculations which resulted in an MI-figure (Material Input), for Formens Hus, Stage 1B (E1B). E1B means construction of the additional stage of the building as far as walls and roof, to protect from tryings of the weather.

In order to be able to conduct the calculations, a compilation of the E1B materials and their weight was made. The compilation was done in Excel so that the calculations could be conducted in an easier way. Through multiplying the mass of each material with an MI-factor, a Material Input for each material could be calculated. When Material Input for all materials had been calculated, the different Material Inputs were summarized to achieve a total Material Input for the whole building. The calculations are the basis on which Formens Hus at a later stage can be Factor-10 certified.

A trip to the Factor 10 Institute in Carnoule, France, was conducted at the expense of the foundation Formens Hus. During the visit Prof. Dr. Friedrich Schmidt-Bleek gave lectures which broadened the understanding of the Factor-10 way of thinking. The visit to Carnoule also included private lectures on Material Input calculations.

Literature on Factor-10 and Material Input per unit Service was available at the library. Compilations of procedures for MI calculations and tables of MI-factors for different materials/substances, was available on the Internet. The information was available in English, German and Swedish.

Förord

Vi vill rikta ett stort tack till...

... alla underbara människor som, utan inbördes ordning, har hjälpt oss i vårt examensarbete med Formens Hus. Roland Gustavsson, Johan Huldt, Klas Tham, Magnus Silfverhielm, Lars Wieselgren och Lennart Ljungberg för Er kunskap, inspiration, humor och ett stort och värdefullt engagemang under vår vistelse i Carnoule. En resa vi aldrig kommer att glömma.

... till Bio och Marie för Er otroliga gästfrihet. Speciellt tack till dig Bio för all den kunskap som förmedlades under denna vistelse. En stor kunskap för oss, men en smula i jämförelse med din. Tiden och vägledningen du gav oss är ovärderlig.

... Per-Anders Norman på adAbacum som i rollen som handledare har hjälpt oss med kontakter och framtagning av nödvändigt material. Och med Per-Anders även samarbetet med Roland Winestrand på NCC.

... Lars-Olof Magnusson, handledare på Örebro Universitet, för att du tipsade oss om detta projekt och för din support.

... Kjell Klarenfjord, NCC, som i egenskap av platschef på E1B sitter inne med enorma detaljkunskaper som varit mycket viktiga för vårt arbete.

... entreprenörer, leverantörer och övrigt branschfolk som har tagit sig tid och ställt upp med att svara på alla våra frågor.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING.....	3
Arbetsinnehåll och utveckling av examensarbetet	3
SUMMARY.....	4
Content and development of the bachelor thesis	4
FÖRORD.....	5
INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	6
BAKGRUND OCH UPPLÄGG AV EXAMENSARBETET	7
Bakgrund	7
Rapportens upplägg	8
FAKTOR 10.....	9
Utveckling mot ett hållbart samhälle	9
Social utveckling	9
Ekonomisk utveckling	10
Teknisk utveckling	10
BEGREPPEN KRING MI.....	11
Livscykelanalys	11
MI-faktorer	11
MI-tal	12
Spill	12
Emballage, el, energi och transporter	12
MIPS	13
Den slutliga faktorn	14
Övriga begrepp inom Faktor 10	14
VERKTYG.....	15
Grundläggande information	15
Sammanställningar och ritningar	15
Information från tillverkare och branschfolk	15
Beräkningsprogram	15
Källor till MI-faktorer	15
TEKNISKA DATA FÖR FORMENS HUS E1B	16
Teknisk beskrivning:	16
GENOMFÖRANDET.....	17
Grundinformation	17
Insamling av information om MI-tals beräkningar och Faktor-10	17
Studieresa	17
Materialsammanställning	17
Beräkningar med MI-faktorer	18
Spill	18
Rivning	18
Transporter och energi	18
Framtagning av MI-tal för E1B	19
RESULTAT	20
ANALYS.....	20
DISKUSSION KRING MI OCH FAKTOR 10.....	21
REFERENSER:.....	23
APPENDIX	24
Materialsammanställning	24
Rivning	42
Transporter	42
Energi	43
TABELLER	44
BILAGOR	46

Bakgrund och upplägg av examensarbetet

Bakgrund

Strategi för Hällefors kommun: "Strategin fokuserar på tre områden - Måltid, Design och teknik. Hällefors handlar om utveckling, kreativitet och framtidstro och tar sin utgångspunkt i en påbörjad resa "från bruks- till upplevelsesamhälle" som del av det moderna Sverige."¹

Hällefors Kommun var från början ett traditionellt bruksamhälle. När stålverket lades ner valde kommunen att tackla sysselsättningsproblemet genom att satsa på en helt ny inriktning och då profilera sig genom design, måltidskunskap och teknik. Som många andra kommuner strävar Hällefors också efter en hållbar utveckling för miljön. I det arbetet fokuserar nu kommunen på Faktor 10-konceptet.

Med Formens Hus vill man skapa en länk mellan industri och formgivning, och förankra det till det regionala näringslivet. Stiftelsen Formens Hus i Hällefors är stiftad av Hällefors Kommun, Föreningen Svensk Form och Stiftelsen Svensk Industridesign². Det mest speciella med denna byggnation är att man istället för att riva ett gammalt hyreshus från 50-talet och bygga ett nytt från grunden, har valt att bevara byggnaden och komplettera den med en ny påbyggnad.

När den första projekteringen av Formens Hus var klar, även kallad E1, togs kontakt med Prof. Dr. Friedrich Schmidt-Bleek, grundare av Faktor 10-konceptet. Efter det mötet omprojekterades bygget och vissa förändringar genomfördes för att ytterligare gagna miljön, både i uppbyggnadsfasen och i den fortsatta driften. I den nya projekteringen hämtades inspiration från faktor-10 konceptet, och medvetna val gjordes gällande material och disposition. Man övergav då till exempel idén med en påbyggnad med glasfasad och ersatte istället glaset med massiva träelement. På grund av att man bevarat den gamla byggnadsdelen har materialet i den tillvaratagits, och därmed har naturen avlastats från påfrestningen som framtagningen av nytt material skulle medfört, vilket också är helt i linje med Faktor 10-konceptet.

Syftet med byggnaden är också förändrat. Från att ha varit bostadshus, kommer den nu att inrymma både utställnings- och utbildningslokaler. Huset är nu under uppbyggnad och skall invigas den 26 november 2005.

För att nå till en Faktor-10 certifiering av Formens Hus, behöver alla ingående byggnadsmaterial i E3 sammanställas och ett MIPS^{*}-tal för byggnaden räknas ut och det är dessa beräkningar som behandlas i det här arbetet. Beräkningarna kommer i ett senare skede att användas för att Faktor 10-certifiera Formens Hus. Allt efter önskemål från Lennart Ljungberg, vd för Hällefors Bostads AB och projektledare för Formens Hus.

För att kunna certifiera Formens Hus behövs en referensbyggnad. En jämförelse skall därför göras med beräkningar på den ursprungliga projekteringen av byggnaden, E1. Ytterligare en jämförelse skall även göras med en helt ny från grunden uppförd byggnad, med samma yta och syfte, där konventionella material och metoder har använts. Syftet med jämförelserna är att se i vilken grad de olika alternativen påverkar och skulle ha påverkat naturen och vilka förbättringar som har gjorts vid de medvetna valen som gjordes vid omprojekteringen, det vill säga från E1 till E1B.

¹ <http://www.hellefors.se/hellefors.htm> 2005-04-23

² <http://www.hellefors.se/formenshus/starta.htm>

* MIPS – Material Input per unit Service

Rapportens upplägg

Rapporten inleds med en förklaring av Faktor 10-konceptet och en beskrivning av de olika begrepp som behandlas, till exempel MI-faktorer, MI-tal, livscykelanalyser och MIPS. Detta för att ge en ökad förståelse för uppgiften och förutsättningarna med examensarbetet.

Vidare redogörs för vilka verktyg vi använt oss av och vilken arbetsgång vi haft när det gäller framtagandet av MI-tal för Formens Hus.

När dessa steg redovisats kommer en övergripande beskrivning av Formens Hus, etapp E1B, som beräknas senare i rapporten.

Slutligen återfinns analyser av arbetsmetoder och diskussioner kring tankarna bakom faktor 10-konceptet samt det slutliga resultatet av våra beräkningar och det sammanlagda MI-talet för etappen E1B.

Allra sist finns appendix med bifogade material-, energi-, transport och rivningsredovisningar.

Faktor 10

Utveckling mot ett hållbart samhälle

Vanligast idag är funderingar på hur man tar rätt på uttjanta produkter, alltså ett sätt att arbeta i efterhand, *post festum*. I jämförelse med det så är faktor-10 och MIPS-tal ett *förebyggande* sätt att tänka. Faktor-10 konceptet är framtaget av Prof. Dr. Friedrich Schmidt-Bleek vid Faktor 10-institutet i Carnoule, Frankrike, och innebär att material och energi ska utnyttjas tio gånger effektivare än vad som är brukligt i ett västerländskt samhälle³.

Prof. Dr. Schmidt-Bleek har blivit belönad med "The Takeda World Environment Award"⁴ 2001 för framtagandet och utvecklandet av ekologiska ryggsäckar⁵ och MIPS-tal⁶. Priset delade han med Prof. Dr. Ernst U. von Weizsaecker, på Faktor-10 institutet i Wuppertal, Tyskland. Vid mottagandet av priset sade Prof. Dr. Schmidt-Bleek:

"I developed the MIPS and ecological rucksack concept to make sure that we can produce wealth for all the people on this planet and still live in peace with nature"⁷.

(Jag utvecklade konceptet MIPS och den ekologiska ryggsäcken, för att försäkra att vi kan producera välfärd för alla människor på den här planeten och ändå leva i fred med naturen)

Konceptet uppmanar till en ökad ekonomisk, social och teknisk utveckling för att kunna tillgodose människors behov, men med betydligt mindre åtgång av naturresurser. Enligt Carnoule-deklarationen⁸ kan och måste världens rika länder på 30-50 år effektivisera sin användning av naturresurser med en faktor 10 för att minska inverkan på miljön. För att nå detta mål krävs en årlig kontinuerlig effektivisering med ca 8 %, som i dagens läge endast ligger runt 2-5 % per år⁹. Alla områden kan inte uppnå samma effektivisering beroende på hur dess utveckling har sett ut, men en del kan uppnå en effektivisering som är betydligt högre än tio.

"Användningen av en sak är den sanna förmögenheten, inte själva ägandet"

Aristoteles

Social utveckling

Synsättet på levnadsstandarden har ändrats i den rika delen av världen. Utvecklingen har gått från ett kvantitativt synsätt till att sätta högre värde på exakt vad som konsumeras och dess funktion. Man har alltmer frångått ett materialistiskt tänkande och värderar upplevelser högre, till exempel i form av resor, kultur och företeelser som fritid och personlig utveckling. Detta leder till att ekonomin i allt mindre utsträckning skapas utifrån materiella resurser.

20 % av jordens befolkning förbrukar 80 % av naturens resurser. Om alla på jorden skulle leva som befolkningen i västvärlden, skulle det behövas åtminstone två jordklot för att tillgodose behovet av naturresurser. En jämförelse kan göras mellan en vanlig svensk som varje dag förbrukar 50 kg råvaror, medan en afrikansk bonde förbrukar 2 kg. Socialt sett så behövs en bättre och rättvisare fördelning. Genom att utbilda om miljöfrågor redan i grundskolan, drivs utvecklingen mot ett mer hållbart samhälle.

³ Forskningsrådsnämnden (1998) Möjligheter och hinder på väg mot Faktor 10 i Sverige.

⁴ <http://www.takeda-foundation.jp/en/award/takeda/2001/recipient.html>

⁵ se förklaring sidan 12

⁶ se förklaring sidan 10

⁷ <http://www.factor10-institute.org/seiten/takedaaward.htm>

⁸ <http://www.factor10-institute.org/pdf/mipsfuture.pdf>

⁹ Forskningsrådsnämnden (1998) Forskning för hållbar utveckling-en nationell strategi

Ekonomisk utveckling

Det största problemet för den hållbara utvecklingen, anser Prof. Dr. Schmidt-Bleek, är dagens ekonomi- och miljöpolitik, där en gammaldags skattereform belönar de som utnyttjar naturresurser och bestraffar de som anlitar arbetskraft¹⁰. Genom att öka skatterna på naturresurserna och ge skattelättnader åt arbetsgivare, skulle suget efter arbetskraft öka och även dematerialiseringen i samhället.

Efter undersökningar på uppdrag av regeringen har Forskningsrådsnämnden kommit fram till att om verksamheter tvingas bära sina egna kostnader, på grund av avregleringar och avskaffande av bidrag och subventioner, så kan detta leda till minskad efterfrågan av produkter och därmed en minskning av resursuttaget. Till exempel borde ett avskaffande av bostadsbyggandets omfattande statliga stöd kunna leda till en minskad boendearreal per capita, samt en minskad resursförbrukning och/eller en högre andel återanvändning av boende/förvaltning¹¹.

Att näringslivet vill tjäna och spara pengar är också en bra drivkraft för att öka resurseffektiviseringarna. Förändringar i prissättningen kan visa vägen för åt vilket håll utvecklingen bör gå, till exempel när det gäller skatter på råvaror och avgifter på utsläpp. Enligt näringslivet kan detta vara acceptabelt under vissa förutsättningar. Till exempel att miljöavgifterna skall vara lika för alla med samma avgift per enhet, eller att en ny avgift eller skatt måste innebära en lättning av något annat, och även att internationella överenskommelser måste finnas för att undvika en felaktig konkurrens på bekostnad av miljön.

Teknisk utveckling

Trots mindre insatser av naturresurser och arbete, så har den sammanlagda resursförbrukningen och miljöbelastningen ökat, detta på grund av ökande volymer vid produktion av varor och tjänster. Inom det tekniska området behövs metoder för att effektivisera tillvaratagandet av naturresurserna för att få teknikutvecklingen att leda till ett hållbart samhälle. Exempelvis behövs en utveckling av nya material som inte kräver lika mycket från naturen. Prof. Dr. Schmidt-Bleek gör en jämförelse mellan en digitalkamera och en engångskamera, där engångskameran har ett betydligt lägre MIPS-tal än den digitala och alltså har en lättare "ekologisk ryggsäck". Engångskameran består av plast som inte påverkar uttaget av resurser nämnvärt, och den återvinns genom att företagen enbart byter ut filmen och kan sälja samma kamera flera gånger. Plasten kan även smältas ner och bilda nya produkter. Digitalkameran däremot består av material som i framtagningen påverkar miljön enormt mycket mer. En ny teknisk produkt skapar även ett ökat behov av att hela tiden uppdatera till den senaste modellen, metoden eller programvaran. Det i sig ger en ökad påfrestning på naturen. På så vis har digitalkameran en väldigt tung "ekologisk ryggsäck" och är ett sämre alternativ.

En förbättrad kvalitet på produkter och ökade funktioner bidrar också till en minskad materialanvändning. I och med att produkterna blir mer hållbara och får fler funktioner ger det en längre livscykel och därmed en avlastning på miljön. För energibesparingar kan till exempel en effektivisering av godstransporterna vara ett steg i rätt riktning. Om tågen skulle köras med jämn fart och utan onödiga inbromsningar och återstarter, eller om man sänkte hastigheten på sjötrafiken från femton till fem knop, skulle energi kunna sparas med upp emot en faktor 10.¹²

¹⁰ <http://www.factor10-institute.org/seiten/takedaaward.htm>

¹¹ Forskningsrådsnämnden (1998) Möjligheter och hinder på väg mot Faktor 10 i Sverige.

¹² Forskningsrådsnämnden (1998) Forskning för hållbar utveckling-en nationell strategi

Begreppen kring MI

MI är förkortning av Material Input och med det menas summan av alla material som har flyttats från dess naturliga plats för att tillgodose tillverkningen av en produkt eller tjänst. MI kan användas för att jämföra olika materialalternativ och se vilket som är det bästa alternativet ur miljösynpunkt.

Livscykelanalys

Arbetet med Faktor-10 innefattande MI-tal, -faktorer och ekologiska ryggsäckar är en typ av "livscykelanalys" för produkter och material.

De olika stegen som det tas hänsyn till i en livscykelanalys är:

- produktion:
innefattar utvinning av material, framtagning av de olika delarna för tillverkning av produkten, transporter och försäljning.
- användning:
innefattar konsumtion, transporter och reparationer
- återanvändning eller annan avyttring:
hur produkten tas till vara när den är uttjänt

Dessa steg är innefattade i framräkningen av MI-faktorerna.

MI-faktorer

Med en MI-faktor menas hur många kilo av naturen som förbrukas för att få ett kilo av ett specifikt ämne. Jämförelsevis har Guld en MI-faktor på 540 000 kg/kg. Det krävs alltså 540 000 kg av naturen för att få fram ett kg guld, medan till exempel kol har ett värde på 2,36 kg/kg.

Wuppertal institutet i Tyskland¹³ undersöker och utvecklar miljöpolitiska riktlinjer, strategier och verktyg. Avsikten är att främja hållbarheten på regional, nationell och internationell nivå. Här pågår arbete med att räkna fram MI-faktorer för olika material. Dessa kan hämtas hem via MIPS-online¹⁴ på Internet, vilket är en lista med MI-faktorer som hela tiden uppdateras¹⁵.

Vid beräkningarna tas hänsyn till hela livscykeln och hur till exempel framtagningen påverkar förnybara material, icke förnybara material, vatten, luft och jord. Hänsyn tas även till transporter - hur långt materialet fraktas, om det till exempel tas från en annan del av världen.

Faktorerna kan delas upp i fem olika delfaktorer:

- abiotisk Icke förnybara material som tas upp ur jordskorpan, t.ex. mineraler
- biotisk Förnybara material som t.ex. växter. Även andelen nyttjad markareal, FIPS¹⁶, kommer in här.
- vatten Vatten som påverkas vid framtagandet, t.ex. yt-, grundvatten
- luft Luft som påverkas vid framtagandet, t.ex. förbränning, kemisk omvandling
- jord Förflyttad jord/mark genom t.ex. schaktning

¹³ <http://www.wupperinst.org/Sites/short-information.html> 2005-09-19

¹⁴ Listan finns med som bilaga

¹⁵ http://www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/download/MIT_v2.pdf 2005-05-15

¹⁶ se förklaring sidan 12

I tabell 1 visas ett exempel på ingående MI-faktorer för trä:

Materialintensitet i kg/ kg								
Material	Massa/material [kg]	Spill [kg]	Massa+spill [kg]	abiotisk [kg/kg]	biotisk [kg/kg]	vatten [kg/kg]	Total MI-faktor [kg/kg]	MI-tal [kg]
furu	273	27	300	0,86	5,51	10,00	16,37	300 x 16,37= 4 911
gran	364	36	400	0,68	4,72	9,40	14,80	400 x 14,80= 5 920

Tabell 1 Exempel på uträkning av MI-tal för material

MI-tal

Ett MI-tal beräknas genom att multiplicera materialets/ämnets MI-faktor med den förekommande vikten av materialet. Se summakolumnen i exemplet ovan.

Vid beräkning av produkter som har flera ingående komponenter, delas produkten upp i viktprocent av respektive ämne. De olika materialens MI-tal adderas och resultatet blir ett MI-tal för hela produkten.

Exempel: En gipsskiva består av 95 % gips och 5 % kartong. Den procentuella vikten multipliceras med respektive ämnets MI-faktorer, och adderas slutligen för att få ett MI-tal för gipsskivan. På det här sättet tar man ingen hänsyn till transporter och vilken miljöpåverkan framställningen av den slutliga produkten har, utan enbart fram till och med råmaterialet. För att få fram en "riktig" faktor för ett material krävs lång tid, mycket undersökning och därmed mycket pengar, det är många steg som ska tillgodoses i en sådan process.

Spill

För ett ännu mera exakt MI-tal bör även hänsyn tas till det materialspill som förekommer vid framställningen av produkten. Alltså adderas även det antal kilo material som inte använts vid framställningen, spillet, till massan. Summan av den totala materialförbrukningen multipliceras sedan med MI-faktorn. Spillmassan räknas även med i transporterna.

Exempel: Vid ett husbygge så räknas både det material som fraktas dit för att användas, och det spillmaterial som inte används och fraktas bort. Orsaken till de dubbla belastningarna är att det blir ytterligare en hantering och ännu mer påfrestningar för naturen vid eventuella transporter, förbränning eller deponering.

Emballage, el, energi och transporter

Förutom material skall även beräkningar göras för emballage, energi, el och transporter.

Förpackningsmaterialen, emballaget, beräknas på samma sätt som övriga material. Den här beräkningen kan vara försumbar om det endast förekommer lite emballage.

Vid energiberäkningarna ska hänsyn tas till maskiner som har använts under byggtiden, vilken typ av bränsle och den bränsleförbrukningen som maskinen har haft.

När transporterna beräknas behövs information om hur många transporter som har gått, hur tunga bilarna har varit och hur långt de har gått i km. MI-faktorn ges i [kg/tkm] och resultatet blir då i kg.

För att beräkna MI-tal för elförbrukningen behövs information om förbrukningen. Varje form av kraftutnyttjande har en egen MI-faktor beroende på hur den påverkar miljön. Kvantiteten beräknas i kWh och MI-faktorn ges i [kWh/kg]. Resultatet blir i kg.

Energiförbrukning								
Energi (olja, naturgas etc.)	massa [kg]	abiotisk [kg/kg]	biotisk [kg/kg]	vatten [kg/kg]	MI-faktor [kg/kg]	MI-tal [kg]		
Dieselolja	1 000	1,36	-	9,70	11,06	11 060		
El förbrukning								
Elektricitet	antal [kWh]	abiotisk [kg/kg]	biotisk [kg/kg]	vatten [kg/kg]	MI-faktor [kg/kWh]	MI-tal [kg]		
el inom OECD	1 000	1,58	-	63,80	65,38	65 380		
Transporter								
transportmedel	avstånd [km]	massa [ton]	Avstånd x massa [tkm]	abiotisk [kg/kg]	biotisk [kg/kg]	vatten [kg/kg]	MI-faktor [kg/tkm]	MI-tal [kg]
2,8 tons lastbil	1 000	2	2 000	0,45	-	4,12	4,57	9 148

Tabell 2 Exempel på uträkning av MI-tal för energi, el och transporter

I tabell 2 finns exempel på en uppställning för uträkning av MI-tal som rör material, elektricitet och transporter. När det gäller materialen så multiplicerar man materialets vikt, inklusive spill, med sin specifika faktor (furu) för att få ett MI-tal. Vid beräkning av elektricitet multiplicerar man antalet kWh med MI-faktorn för el (inom OECD-länderna). Räknegången för transporter är avståndet i km multiplicerat med antal ton och faktorn för transporter med en 2,8 ton tung lastbil.

Även MI för emballage, skall senare vara med i slutsummeringen. Det totala MI-talet kan sedan jämföras med en annan produkt för att få fram vilken av dessa som är den mest resurseffektiva och materialintensiva.

MIPS

MIPS = Material input per unit service = MI/S

För att en jämförelse ska kunna göras mellan olika material och metoder används effektivitetsmättet MIPS, som är ett jämförelsetal mellan funktionellt likvärdiga produkter. De sammanlagda MI-talen för alla ingående material i en produkt divideras med antalet funktioner/nyttan som produkten har (nytta = S).

MIPS-talet visar i vilken utsträckning miljövänliga material har använts till produkten, och hur miljön påverkats av dess framställning. För att påverka ett MIPS-tal kan hänsyn tas till materialval, antalet funktioner och utnyttjandegraden.

Exempel: En jämförelse kan göras mellan en Schweizerkniv och en Mora-kniv, där Schweizerkniven har ett betydligt lägre MIPS-tal på grund av dess många funktioner, men har ungefär samma materialinnehåll som Mora-kniven.

MIPS-beräkningarna innefattar hela livscykeln, ”från vaggan till graven”, vilket är en nödvändighet för att få en fungerande och tillförlitlig analys.

Den slutliga faktorn

För att kunna jämföra objekt, t.ex. byggnader, som har byggts med olika material, måste arean och även syftet med byggnaderna vara detsamma. När summeringen av MI-talen är gjorda för de båda objekten, divideras den ena summan med den andra för att få en kvot. Kvoten relateras till en faktor som visar vilket av de båda objekten som är det bästa enligt Faktor-10 konceptet, och därmed hur mycket bättre naturens resurser har utnyttjats (se tabell 3). Med dematerialisering menas en minskning av materialflödet.

% Dematerialisering		Faktor
10	=	1,11
20	=	1,25
25	=	1,33
30	=	1,42
40	=	1,67
50	=	2,00
60	=	2,50
70	=	3,33
80	=	4,00
85	=	6,66
90	=	10,00
95	=	20,00

Tabell 3 Tabell för framtagning av faktorer

Övriga begrepp inom Faktor 10¹⁷

Ekologisk ryggsäck = Alla produkter har en "ekologisk ryggsäck".

Ryggsäcken påvisar produktens påverkan på miljön. Alla ingående materials MI-tal adderas och därefter dras produktens reella vikt av från summan. Resultatet blir då vikten av de naturresurser som har gått åt för att tillverka produkten.

Exempel: Ett par jeans väger med sin "ryggsäck" 30 kg och en kaffebyggare väger då i samma jämförelse 52 kg.

FIPS = The surface coverage per unit service

Hur mycket av jordens yta som brukas för att kunna framställa en produkt, samt den ekologiska kostnaden för denna yta.

COPS = Costs per unit service

En produkts tillverkningskostnad i kronor med hänsyn till utnyttjandegraden.

TOPS = Eco-toxic exposure equivalent per unit service

Produkten eller tjänstens toxiska påverkan på omgivningen och miljön.

FIPS, COPS och TOPS ingår vid framräkning av MI-faktorer.

¹⁷ www.factor10-institute.org

Verktyg

Grundläggande information

På grund av Hällefors Kommuns satsning på miljötänkande och en hållbar utveckling grundar sig arbetet på Faktor-10 konceptet av Prof. Dr. Friedrich Schmidt-Bleek. Med hjälp av information som fanns på Internet, främst på hemsidor från Wuppertal Institutet och Faktor-10 institutet i Carnoule, kunde grundläggande information inhämtas angående begrepp och filosofi.

Sammanställningar och ritningar

Roland Winestrand på NCC hade sammanställt information från entreprenörer och leverantörer angående material som har byggts in och vikterna på dessa. Konstruktions- och rivningsritningar användes för att kunna kontrollera att alla material var med i sammanställningen, och en del tillägg gjordes utifrån dessa. Sammanställningen från Roland sparade mycket tid, då alternativet hade varit att mängda materialen helt och hållet utifrån ritningarna. Genom att studera objektet på plats i Hällefors, har extra kontroller kunnat utföras, för att reda ut eventuella frågetecken kring ritningar och byggnadens konstruktion. Detta för att säkerställa att all information blivit dokumenterad, eller om ytterligare tillägg till materiallistan behövde göras.

Information från tillverkare och branschfolk

Med hjälp av telefon- och mailkontakt med tillverkare och leverantörer har produkters materialinnehåll kunnat erhållas respektive bekräftas, då tilldelad information från sammanställningen ibland varit knapphändig och svårtolkad. Detta gjordes för att få så korrekta MI-tal som möjligt för produkten.

Beräkningsprogram

Sektionsdata 3.4 har använts för att få fram en spillprocent på materialen. I de fall där materialet inte har funnits med eller någon procent inte angivits, har en uppskattning gjorts. Valet att använda Sektionsdata var dels på grund av att det inte fanns någon information angående spill och avfall att tillgå för just det här bygget, men även för att Sektionsdata är ett program som används av branschen och därmed bör ha aktuella siffror.

Programmet Excel användes för att underlätta sammanställningen av byggnadsmaterialens vikter och framräknandet av MI-talen.

Källor till MI-faktorer

För att kunna räkna ut MI-talen hämtades MI-faktorer för de olika materialen huvudsakligen från MIPS-online. I enstaka fall har tal hämtats från Prof. Dr. Schmidt-Bleeks egen bok "Das MIPS-Konzept". Framställningen av MI-faktorer är ett väldigt omfattande arbete som kräver mycket tid och kunskap, och har därför inte varit något alternativ i det här arbetet. Befintliga faktorer har uteslutande använts.

Tekniska data för Formens Hus E1B

På bild 1 visas hur det färdiga Formens Hus kommer att se ut. Här kan man se den gamla delen bestående av stommen från ett gammalt hyreshus och den nya påbyggnaden som till största delen består av element av massivträ, så kallade Santnér- element. Den nya byggnadens BTA: ~645 m².



Figur 1 Formens Hus, södra fasaden

Teknisk beskrivning:

Etapp E1B av Formens Hus innebär att man har byggt en utställningshall på ett befintligt före detta flerbostadshus, så långt som till tätt hus. Det innebär i princip att endast väggar är resta och taket lagt för att skydda mot väder och vind. I nästa etapp, E3, fortsätter arbetet med att integrera de två byggnaderna och färdigställa det som skall kallas Formens Hus, det ingår dock inte i denna rapport.

Grunden består av platta på mark av betong och extruderad cellplast, samt betonggolv med ställuckor över ett mindre källarplan som bland annat skall tjänstgöra som fläktrum. Ingjutet i betongen finns installationsbrunnar för el/tele. Då grundvattennivån i marken är relativt hög, är marken runt källaren så vattenmättad att vattnet därför måste pumpas ut med jämna mellanrum av stationära pumpar. Källarens väggar och golv har av samma anledning gjutits i tät betong. Som isolering till källarväggarna har grundelement från Isover använts. Pelare har gjutits i ytterkanten av plattan som förstärkning och som förberedelse för en eventuell framtida utbyggnad.

Väggarna består av bärande stålpelare, HEA 200, med mellanliggande Santnér element.¹⁸ Santnér element är byggplattor av massivt trä, och består av kryssvis sammanpressade brädor. Elementen är isolerade med glasullsisolering från Gullfiber, och har sedan ett polyester och bitumen baserat täcksikt från Mataki,¹⁹ därpå sitter räspont och en utegipsskiva från Gyproc. I väggen finns ljusinsläpp i form av kupoler från Scanlight. Som förstärkning i den gamla delens före detta ytterväggar, har fyrkantsbalkar satts in mellan våningsplanen.

Taket bärs upp av Santnér element inskjutna mellan stålbalkar. Utefter elementen ligger en plastfolie och därpå isolering av stenull från Paroc (takboard, underskiva och luftskiva). Ovanpå isoleringen ligger ett polyester- och bitumen baserat tätsikt från Mataki. Även i taket sitter takkupoler från Scanlight. Fönsterpartierna i byggnaden består av glas i aluminiumprofiler och dörrarna är av stål och lackerade med färgen Interthane 990. Övriga stålpartier är målade med en rostskyddsfärg från Jotun som heter Muki EPS. Träpartier inomhus har lackats med klarlacken Aqua Allround från Akzo Nobel och övriga träpartier utomhus är målade med vit Hangö slamfärg.

¹⁸ www.ekologibyggar.se

¹⁹ se materialbeskrivning sidan 25

Genomförandet

Grundinformation

Arbetet drog igång på allvar efter ett informationsmöte på adAbacum, och ett studiebesök på Formens Hus. Genom att läsa lite av den information om Faktor-10 som fanns att tillgå på Internet, samt bilagor som hade skickats från uppdragsgivaren adAbacum, kunde ytterligare kunskaper förankras i arbetet.

Med på det inledande mötet var vår handledare på adAbacum Per-Anders Norman, och Roland Gustavsson, eko-koordinator i Hällefors. Efter en information om projektet och faktor 10 konceptet i sin helhet, så tilldelades vi uppgifter om materialinnehållet i tillbyggnaden. Denna etapp av projektet är kallad E1B.

Informationen var gedigen, men lämnade dock en del frågetecken. Sammanställningen var gjord av Roland Winestrand, entreprenadingsenjör på NCC och var så pass grovt uppdelad att det var svårt att följa upp och se om allt verkligen var inräknat. Med hjälp av Per-Anders kunde kontakt förmedlas med Roland Winestrand och Kjell Klarenfjord, NCC, platschef på E1B. Tack vare dem och även av en del entreprenörer, tillverkare och annat branschfolk kunde problemen lösas.

Insamling av information om MI-tals beräkningar och Faktor-10

Det fanns en ganska rik tillgång på information om Faktor-10 och MI-tals beräkningar, dels på Internet men även en del som litteratur. Informationen stod mestadels på tyska och engelska, men det fanns också en del att tillgå på svenska. Trots att det inte är så många år sedan som Faktor-10 konceptet blev känt kunde dess utveckling enkelt följas, från ett globalt miljötänkande och funderingar kring resursbesparingar, till Faktor-4 konceptet, och sedan vidare till Faktor-10 konceptet som det handlar om idag.

Studieresa

Studieresan till Faktor-10 Institutet i Carnoule, Frankrike, var otroligt givande för förståelsen av bland annat MI-tal, Faktor-10 och projektet i sin helhet. Prof. Dr. Friedrich Schmidt-Bleek höll föreläsningar och svarade på frågor och funderingar som uppkommit allt eftersom arbetet fortskridit. Han gav även viktiga synpunkter på upplägg, samt specificerade noggrannheten gällande vissa detaljer, bland annat angående hur detaljerat materialsammansättningarna skulle redovisas.

Materialsammansättning

De byggmaterial som använts i E1B och sammanställts av NCC lades in, sorterades och listades i Excel. Tilldelat material har i vissa fall behövt kompletteras, bland annat när det gällde schaktmassor, dränering och grundläggning, samt kompletteringar av färger och vissa kemikalier. För att kunna göra dessa kompletteringar och kontrollera att allting fanns med användes till största delen konstruktionsritningar och Bygghandlingar.

Hos sammansatta material som till exempel takpapp, där materialet inte hade en egen MI-faktor, togs kontakt med tillverkare för att få reda på sammansättningen och hur stor viktprocent varje ämne upptog av materialet. På de poster där vikten var okänd har information inhämtats från tillverkare och leverantörer, eller genom att utföra beräkningar med hjälp av ämnets densitet eller tunghet.

Beräkningar med MI-faktorer

Den sammanställda listan med byggmaterial kompletterades efter hand med varje ämnes eller materials specifika MI-faktor som fanns att tillgå på MIPS-online. I ett fåtal fall användes boken "Das MIPS-Konzept", bland annat för de färger som användes i byggnaden.

Det har varit viktigt att inte förringa små mängder av ett material/ämne och se dem som betydelselösa, då en liten mängd kan göra stor betydelse i beräkningarna beroende på MI-faktorn. Exempelvis kan en liten bit av en sällsynt metall betyda otroligt mycket för hela byggnadens MI-värde.

MI-faktorn för alla befintliga material räknas med faktor 1. På så vis räknas enbart vikten på materialet. Hade samma material varit nytt hade faktorn blivit betydligt högre och därmed också MI-talet för hela byggnaden.

Spill

Beräkningarna innefattar även hur mycket av varje material som har gått som spill. Posten för avfall inkluderades i den övriga vikten. Detta medför att avfallet i princip räknades två gånger, först som ditfraktat byggmaterial, med de individuella faktorerna, och sedan som avfall. Som avfall beräknas spillet med i transportererna. Det har varit omöjligt att få tag på den exakta spillprocenten, eftersom sorteringen av avfallet inte har varit så noggrann. Alternativet har då varit att ta fram statistiska medelvärden för de olika posterna. Valet blev att ta värden från sektionsdata 3.4. Huvudsaken är att samma metod används i senare jämförelser.

Rivning

Mängden rivningsmaterial framräknades efter rivningsritningarna i bygghandlingarna. Eftersom E1B är en tillbyggnad på en befintlig byggnad, så har viss rivning gjorts vid sammanfogandet av byggnaderna. Det avfall som blev vid rivningen har tillvaratagits och använts i ett annat syfte. I och med det så räknas detta avfall med faktor 1, som innebär även här att det blir vikten på materialet som räknas. Det enda som läggs på är värden för de transporter som har tillkommit vid bortforslande av materialet. Detta är inkluderat i transportberäkningarna.

Transporter och energi

Andra faktorer som räknades in var transporter, bränsle och projektets totala energiförbrukning. Vid transportberäkningarna togs hänsyn till hur många och hur stora lastbilar som använts, och även hur långt transportererna gick, från försäljare/tillverkare till byggplatsen i Hällefors. Vikten på materialet multiplicerades med sträckan, varpå resultatet multiplicerades med MI-faktorerna. Med i transportberäkningarna är, som tidigare nämnts, också transporter för bortforsling av spill och avfall. I bränsleförbrukningen ingår dieselolja för uppvärmning. Vid energiberäkningarna multiplicerades den faktiska förbrukningen under byggtiden med en MI-faktor för elektricitet. Enheten för faktorn är [kg/kWh] och resultatet bli då i kg.

Framtagning av MI-tal för E1B

När alla ingående byggnadsmaterial dokumenterats med vikt, spillvikt och MI-faktor, räknades ett MI-tal för just det materialet/ämnet fram. Samma sak gjordes med transporter, energi-, och bränsleförbrukningen.

När alla material var sammanställda och de olika komponenterna sammanfattade, sorterades de efter de olika ingående fraktionerna och summerades i en separat sammanställning.

Efter det kunde ett totalt MI-tal för hela E1B räknas ut genom en summering av alla posters MI-tal.

Resultat

I MI räknat så står transporter, stål, betong, jord och energi för de 5 största posterna²⁰. Det totala MI-talet för E1B är framräknat till 38 626 595 kg enligt tabell 4.

MI Byggmaterial:	20 207 974	kg
MI Rivning:	329 768	kg
MI Energi:	2 378 550	kg
MI Transporter:	15 698 731	kg

Totalt MI: 38 615 023 kg

Tabell 4 Sammanställning och resultat

Det här resultatet säger inte så mycket i sig eftersom det bara är ett delresultat som skall ligga till grund för fortsatta beräkningar av E3.

Värden för kisel är inte medräknade då vi inte har någon information om dessa.

Analys

Arbetet med att ta fram MI-faktorer på Wuppertal Institutet har inte fokuserats på just byggmaterial, vilket har bidragit till en hel del efterforskningar för oss om materialens sammansättningar. Det vill säga vilka som är de ingående ämnena och procentsatserna av dessa, och efter det de separata faktorerna. Det här sättet att räkna gör att det saknas ett led med faktorberäkningarna eftersom det då inte tas hänsyn till framställningen av slutprodukten. Kort sagt så är inte MI faktorerna riktigt anpassade för byggbranschen ännu, men förhoppningsvis kommer detta arbete att bidra till en vidare utveckling.

Att just stål, betong och jord är bland de högsta MI-värdena är inte så konstigt eftersom det också är material som används i stora mängder och har hög densitet. Det som är värt att påpekas är att jorden har en MI-faktor på 1, men får ändå ett så pass högt värde. Det visar på att förflyttning av jord även är något som påverkar miljön. Transporternas höga värde visar det viktiga i att minimera transporterna och använda de material, tillverkare och leverantörer som finns i närheten. I det här fallet är en del material hämtat från Europa, vilket kanske hade kunnat undvikas. Även när det gäller transporter så kan schaktningen påpekas. Förflyttningen av jord står för det näst största MI-talet trots att sträckan endast är två kilometer.

²⁰ Se beräkningar sidan 40, 41 och tabell för material sidan 42.

Diskussion kring MI och Faktor 10

Under projektets gång har det visat sig att vi saknar lite av resonemanget kring hela miljöperspektivet. Istället för att ifrågasätta produktens materialsammansättning vill Prof. Dr. Schmidt-Bleek t.ex. att man i första hand ska tänka igenom vilket syfte produkten har, om man behöver ha den överhuvudtaget, eller om den kan ersättas med någonting annat.

MIPS-tals beräkningar riktar mestadels in sig på ett *förebyggande* sätt att tänka. Vi har inte satt oss in i så noggrant hur de olika faktorerna räknas fram, eftersom det är ganska komplext och tiden har varit knapp. Vi undrar lite över vad som ingår vid faktorberäkningarna? Till hur stor del det tas hänsyn till det efterkommande? Vad händer med materialet vid skrotning? Behandlar vi avfallet på rätt sätt? Hur ser utvecklingen av nya miljövänligare ämnen/produkter ut? Vilken påverkan har materialet med tanke på emissioner? Hur mycket av materialet kan återvinnas och hur påverkar den processen naturen? Detta anser vi vara frågor som ska löpa parallellt med införandet av Faktor-10 runt om i världen. Detta är också den typen av frågor som den lilla människan fortfarande har vissa begrepp om.

Precis som med allt nytt som införs, så skapas skepsis hos de människor som inte har nyttan helt klar för sig. Sverige har under många år kämpat sig till det miljötänkande som finns idag, till exempel sopsortering, återvinning och utsläpps begränsningar. Detta är nu en del i vår vardag, men trots det inte förankrat i var mans sinne. Hur många är det till exempel i vår bekantskapskrets som sopsorterar till fullo? Det finns fortfarande en stor okunskap hos mänskligheten om i vilken utsträckning vi kan bidra till en bättre miljö att leva i. För dessa människor kan säkert Faktor-10 tänkandet te sig fullkomligt omöjligt att ta in i systemen. Att till exempel trä skulle ha en tyngre ekologisk "ryggsäck" än plast? Helt omöjligt resonerar många. Träden växer ju upp igen. Vi har ju massor med skogar i världen. Det de inte inser är att om U-länderna skulle börja konsumera de mängder av trämaterial som vi i I-länderna gör idag, skulle det snart inte finnas någon skog kvar. Det ekologiska systemet skulle kollapsa och mänskligheten dö ut. Det är tyvärr så framtiden ser ut om vi inte börjar tänka efter och se allt i lite större perspektiv.

Som ett exempel kan man ta Formens Hus, som utgörs av ett befintligt trevånings hyreshus som byggdes på 50-talet, samt en påbyggnad som uppfördes så sent som i vintras. Skillnaden mellan att utnyttja det befintliga huset och utföra vissa ombyggnationer och att bygga nytt, helt från grunden, är att man idag vanligen beställer hus i byggsatser. Där är det mesta redan indraget, såsom el-, vattenledningar och avlopp. Delarna monteras ihop på plats och det enda egentliga arbetet sker effektivt och enkelt med mindre arbetskraft på en fabrik, och grundarbeten på plats. Att arbeta med ett befintligt hus kräver däremot mera eftertanke och fler arbetsinsatser. Här måste man ta hänsyn till tränga utrymmen, ledningsdragningar, håltagningar, stomkompletteringar, rivningsarbeten etc. Arbetena kräver mer arbetskraft, samt ett större yrkeskunnande för att resultatet ska bli lika bra jämfört med en ny från grunden uppförd byggnad. Däri ligger poängen i Prof. Dr. Schmidt-Bleeks framtidsvision. Om man hade råd att anställa duktiga byggnadsarbetare och hantverkare, samtidigt som det blev dyrt att köpa jungfrumaterial, skulle detta snart leda till ett ökat behov av att rusta och modernisera redan uppförda byggnader istället för att som idag, riva och bygga nytt. Miljötänkandet skulle automatiskt införas i vår vardag, utan att vi ens märkte av det. Detta skulle även leda till ett större behov av materialåtervinning, där kanske till exempel plasten skulle kunna få en revolution. Utvecklingen inom denna industri har lett till enorma framsteg för utvecklingen av nya, hållbara, transpirerande, återvinningsbara plastprodukter, som mycket väl skulle kunna ersätta dagens naturmaterial. Det borde läggas vikt på att utveckla teknik för att producera material som inte

innehåller giftiga ämnen och som utnyttjar naturresurserna så lite som möjligt. Här vill vi återigen trycka på den parallella utvecklingen av Faktor-10 och avvecklingen av giftiga ämnen i våra produkter. Plast är ett hållbart alternativ, men det skall också kunna garanteras att ingående ämnen och processer inte är farliga för oss och vår miljö i någon form.

Arbetet med faktor-10 är främst riktat till politiker, beslutsfattare i näringslivet och andra som står långt fram i utvecklingen, som exempelvis forskare, designers, och konstruktörer. Hällefors kommun arbetar även med att utbilda ledande tjänstemän i den kommunala verksamheten i Faktor 10 konceptet.

Så hur kan då gemene man ta till sig principerna? Hur mycket kan den vanliga människan påverka när det gäller materialval, funktionalitet och kvalitet?

Det behöver ske en utveckling för sättet att beräkna ett MI för produkter, så att det blir lättare att implementera i ett dagligt arbete. I en byggprojektering borde en beräkning kunna ske i samband med kalkylering. Då skulle jämförelser och medvetna val kunna göras redan från början, vilket skulle kunna leda till en mer hållbar utveckling i samhället.

Referenser:

Litteratur:

- Schmidt-Bleek, Friedrich, 1998, *Das MIPS-Konzept Weniger Naturverbrauch – mehr Lebensqualität durch Faktor 10*, Droemersch Verlagsgesellschaft Th. Knaur Nachf., München, ISBN 3-426-26982-1
- Forskningsrådsnämnden, 1998, *Möjligheter och hinder på väg mot faktor 10 i Sverige*, Forskningsrådsnämnden, Stockholm, ISSN 0348-3991
- Forskningsrådsnämnden, 1998, *Forskning för hållbar utveckling - en nationell strategi, Huvudbetänkande som svar på ett regeringsuppdrag till FRN*, Forskningsrådsnämnden, Stockholm, ISSN 0348-3991

Webbadresser:

- <http://www.novator.se/kretslopp/9805/faktor.html> 2005-04-03
- <http://www.hellefors.se/formenshus/starta.htm> 2005-04-03
- <http://www.factor10-institute.org/> 2005-04-03
- <http://www.hellefors.se/hellefors.htm> 2005-04-23
- http://www.faktor10.at/Englisch/index_en.htm 2005-04-03
- <http://www.takeda-foundation.jp/en/award/takeda/2001/recipient.html> 2005-04-23
- <http://www.factor10-institute.org/seiten/takedaaward.htm> 2005-04-23
- <http://www.factor10-institute.org/pdf/Mipsstory.pdf> 2005-04-23
- <http://www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/english.html> 2005-09-07

Personer:

- Norman Per-Anders, adAbacum, Örebro
Tfn: 019-30 73 36 Mobil: 070-600 86 17
- Gustavsson Roland, Bergslagens Kommunalteknik, Nora
Tfn: 0587-55 00 12 Mobil: 070-326 43 09
- Schmidt-Bleek Friedrich, Factor 10 Institute, Carnoules, Provence, Frankrike
Tfn: +33 494 33 24 58
- Winestrand Roland, NCC, Örebro
Tfn: 019-17 75 76
- Klarenfjord Kjell, NCC, Örebro
Tfn: 019-17 75 00 Mobil: 070-653 75 11

Appendix

Materialsammanställning

Informationen om byggmaterialen grundar sig på en sammanställning av Roland Winestrand på NCC, och utefter Konstruktionsritningar, Bygghandlingar, Rivningsritningar men även efter samtal med platschefen Kjell Klarenfjord, entreprenörer, leverantörer och tillverkare. Om information inte har varit tillgänglig har uppskattningar gjorts av folk inom branschen och till viss del av oss själva.

Eftersom informationen om de olika fraktionerna för avfallet var knapphändig, beslutade vi att ta en procentsats från Sektionsdata²¹ för spillberäkningarna. Där uppgifter inte fanns i Sektionsdata har en uppskattning gjorts utifrån liknande material.

Sammanställningen är först gjord efter de olika entreprenörernas sammanställningar som NCC har samlat in. Därefter är några tillägg gjorda som inte fanns med i NCCs sammanställning. Vid beräkningarna har MI-talen först räknats ut för varje material och slutligen adderats och sorterats efter de olika fraktionerna. Till exempel så har allt trä, primärt aluminium och polystyren räknats ihop per ämnesgrupp. (se tabell 5)

Grundinformation är sådan information som NCC tillhandahöll, tillägg är sådant som har tagits fram under tiden med hjälp av ovanstående medel.

MI-faktorer togs från MIPS-online listan om inget annat anges, enhet [kg/kg].

Grundinformation:

Material: Koppar
Mängd: 50 kg
Entreprenör: Storå Rör, Storå (Lindesberg)
Info: Ingjutna värmerör

Tillägg: Angående koppar så var frågan hur stor del som var återvunnen, sekundär, och hur stor del som var jungfrumaterial, primär. Entreprenören hänvisade till tillverkarna. Efter rådgivning med Bengt Julin på Outokumpu i Västerås gjordes en uppskattning av procentandelen till förhållandet primär 30 % och sekundär 70 %. Ingen exakt procentandel kunde ges. Abiotisk MI-faktor 2,38 resp. 348,47; vatten 85,50 resp. 367,20.

MI = 13 811 kg

²¹ Sektionsdata 3.4

Grundinformation:

Material: Polypropen
Mängd: 15 kg
Entreprenör: Stora Rör, Stora (Lindesberg)
Info: Avloppsrör och brunnar

T: Efter rådfrågan av Ulla Pettersson, kemist på skolan, informerades om att polypropen ska vara lika som eng. polypropylene.

Abiotiska MI-faktorn togs som formpressad polypropen 4,24; vattenfaktor 205,50.

MI = 3 146 kg

Grundinformation:

Material: Färg
Mängd: 125 l
Entreprenör: TLs Måleri, Hällefors
Info: Aqua Allround 25, Produktblad från tillverkare

Tillägg: Färgen kom från Akzo Nobel och var en vattenburen klarlack. Vid samtal informerade Lars-Olof Nilsson hos entreprenören, om att färgen har använts som panellack.

Enligt produktbladet så var ingredienserna: vatten, propylenglykol-butyleter.

Densiteten var $10,07 \text{ kg/m}^3$. 125 liter blev då 128,18 kg. Uträkning: $(0,125 \times 10,07 \times 1000)/9,82 = 128,18 \text{ kg}$

MI-faktorerna togs som en generell lack/akrylfärg 2,70 och 3,30 enligt "Das MIPS-Konzept".

Vid samtalet med entreprenören kom det fram att även andra målningsarbeten var gjorda. Dessa tas upp senare.

MI = 802 kg

Grundinformation:

Material: Isolering
Mängd: 4 489 kg
Entreprenör: Lindström Tak, Örebro
Info: Paroc underskiva, 50mm, 855 m^2 ; $5,25 \text{ kg/m}^2$

Tillägg: Utifrån Parocs hemsida antogs att den isolering som använts var art nr 152-00, som var en stenullsskiva. Materialdata konfirmerades av Paroc.

Abiotisk MI-faktor 4,00; vatten 39,70.

Spill beräknades med 6 % av vikten.

MI = 196 169 kg

Grundinformation:

Material: Isolering
Mängd: 10 773 kg
Entreprenör:Lindström Tak, Örebro
Info: Paroc underskiva, 120mm, 855 m²; 12,6 kg/m²

Tillägg: Likadan som ovan förutom tjockleken.
Spill beräknades med 6% av vikten.

MI = 470 780 kg

Grundinformation:

Material: Isolering
Mängd: 10 773 kg
Entreprenör:Lindström Tak, Örebro
Info: Paroc underskiva Air, 120mm, 855 m²; 12,6 kg/m²

Tillägg: Denna skiva var likadan som den ovan, förutom att den här skivan hade luftspår, art nr 153-00. Materialdata konfirmerades av Paroc.
Abiotisk MI-faktor 4,00; vatten 39,70.
Spill beräknades med 6 % av vikten.

MI = 470 780 kg

Grundinformation:

Material: Isolering
Mängd: 3 078 kg
Entreprenör:Lindström Tak, Örebro
Info: Paroc Takboard, 20mm, 855 m²; 3,6 kg/m²

Tillägg: Lastfördelande skiva av stenull, art nr 1341-00. Materialdata konfirmerades av Paroc.
Abiotisk MI-faktor 4,00; vatten 39,70.
Spill beräknades med 6 % av vikten.

MI = 134 509 kg

Grundinformation:

Material: Tätskikt
Mängd: 5 858 kg
Entreprenör:Lindström Tak, Örebro
Info: Mataki Uno Tech FR, 1062 m²; 5,5 kg/m²

Tillägg: Det här materialet var ett av de sammansatta materialen som inte fanns med i några listor. Materialet delades upp i dess olika beståndsdelar. Från leverantörens hemsida togs produktinformationen.

Sammansättningen av tätskiktet var följande:

	Viktprocent	Antagen %	Abiotisk MI – faktor	Vatten
SBS-bitumen	60-75	68	1,50	11,40
Skiffer	15-25	22	1,07	
Polyester	3-5	4	5,11	188,00
Sand	0-7	5,5	1,42	1,40
Polypropen	<0,5	0,5	2,09	35,80

”Mataki Uno Tech är ett skyddsbelagt tätskikt med kraftig stomme av polyester och SBS-modifierad bitumen. Uno Tech har goda mekaniska egenskaper och kan tack vare sin elasticitet klara stora rörelser i underlaget. Uno Tech uppfyller kraven för brandteknisk klass T. Uno Tech FR är den produkt som används vid läggning direkt på mineralull och underlagstäckt cellplast.” Enligt produktblad från Mataki/Trelleborg.

Problemet med det här materialet var att exakta förhållanden för de ingående ämnenas sammansättning inte var tillgänglig. En uppskattning på förhållandena gjordes.

Problem fanns även med att få fram MI-faktorer för skiffer och bitumen, eftersom dessa inte fanns med på listan från Wuppertal. Frågan skickades till Prof. Dr. Schmidt-Bleek på Faktor10-institutet i Carnoule. MI-faktor för bitumen och skiffer kommer ifrån Claudia Kaiser på mipsHAUS Institut i Wuppertal, Tyskland. Hon har i sin tur fått informationen om skiffer ifrån det tyska ”Öko-Insitut”. Tyvärr så är enbart den abiotiska faktorn med.

Faktorn för polypropen togs som eng. polypropylene och där valdes siffran för granulat. Spill beräknades med 6 % av vikten.

MI = 100 033 kg

Grundinformation:

Material: PE - folie

Mängd: 162 kg

Entreprenör: Lindström Tak, Örebro

Info: Paroc plastfolie, 0,20mm, 855 m²; 0,19 kg/ m²

Tillägg: Polyeten folie togs som eng. polyethylene och folie, vilket gav en abiotisk MI-faktor på 3,01; vatten 167,60.

Spill är beräknat med 6 % av vikten.

MI = 27 639 kg

Grundinformation:

Material: Aluzinkplåt (tunnplåt)
Mängd: 1 094 kg
Entreprenör:Lillåns Bleck & Plåt, Örebro
Info: -

Tillägg: Plåten behandlas som ett sammansatt material.

Entreprenören hänvisade till tillverkaren för att få sammansättningen.

Enligt telefonsamtal med Thomas Wikström på Lindab Steel i Båstad fick vi veta att plåten är en stålplåt som är förzinkad med en blandning av aluminium 55 %, zink 43,4 % och kisel 1,6 %.

Aluminiumet är uppdelat på primärt 5 % och sekundärt 95 % (antaget enligt tidigare kontakter, och godkänt som trovärdigt av Thomas Wikström).

Den totala tjockleken på plåten är 0,6 mm, tjockleken på förzinkningen är 25 μ på vardera sidan. En överslagsräkning gjordes och kom fram till att aluförzinkningen stod för 8,3 % av den totala vikten. De procenten fördelades sedan på de olika ingående ämnena. Enligt samtal med handledaren L-O Magnusson bestämdes att stålplåten tas som kallvalsad och MI-faktorn efter det (abiotisk 8,51; vatten 74,80).

Förhållanden om zinkets ursprung är okänd, så en faktor för mixad zink togs (21,76; vatten 305,10).

Det primära aluminiumet har en abiotisk faktor på 37,00; vatten 1 047,70; och den sekundära 0,85; vatten 30,70.

Faktorn för kisel är ännu okänd, frågan är skickad till Wuppertal institutet, men något svar har ännu inte erhållits.

Spillet är uppskattat till 5 % av vikten.

MI = 100 663 kg (med nuvarande kända faktorer)

Grundinformation:

Material: Rostfri plåt
Mängd: 372 kg
Entreprenör:Lillåns Bleck & Plåt, Örebro
Info: -

Tillägg: Efter samtal med Universitetslektor Magnus Jarl på Örebro Universitet antogs det att den rostfria plåten består av 18 % krom och 8 % nickel.

MI-faktorn är tagen efter 18 % krom och 9 % nickel som gav faktorerna 14,43 och 205,10.

Spill är uppskattat till 5 % av vikten.

MI = 81 665 kg

Grundinformation:

Material: Stålplåt
Mängd: 545 kg
Entreprenör:Lillans Bleck & Plåt, Örebro
Info: -

Tillägg: Plåten har behandlats som obehandlad kallvalsad stålplåt.
Abiotiska MI-faktorn är 8,51, vattenfaktor 74,80.
Spill är uppskattat till 5 % av vikten.

MI = 45 404 kg

Grundinformation:

Material: Plaströr Ø10mm
Mängd: Ca 234 m
Entreprenör:Hällefors Eltjänst
Info: -

Tillägg: Entreprenören finns inte tillgänglig. Typen av plast var okänd så kontakt togs med NEA för att få veta vilket det troliga materialet var och även vikten. De trodde att vid tidpunkten för bygget så bestod rören säkert av PVC. Vikten för rören togs fram på deras hemsida efter guidning via telefon. Enligt den så väger rören 4 kg/100 m.
Faktorn för PVC valdes för suspenderad PVC: abiotisk 3,33; vatten 176,60.
Spill är uppskattat till 5 % av vikten.

MI = 1 684 kg

Grundinformation:

Material: Plaströr Ø16mm
Mängd: Ca 234 m
Entreprenör:Hällefors Eltjänst
Info: -

Tillägg: Lika som ovan. Vikt enligt NEAs hemsida: 9 kg/100 m.

MI = 3 789 kg

Grundinformation:

Material: Plaströr Ø40mm
Mängd: 415 m
Entreprenör:Hällefors Eltjänst
Info: -

Tillägg: Entreprenören finns inte tillgänglig. Varuprov fanns på byggplatsen. Märke: UPONOR kraftkabel 40/35 PE (polyeten). Röret vägdes och mättes, vilket gav 0,283 kg/m. Faktorn togs som eng. polyethylene High Density (abiotisk 2,52; vatten 105,90) eftersom plasten var kraftig och hård. Spillet är uppskattat till 5 % av vikten.

MI = 12 733 kg

Grundinformation:

Material: Plaströr Ø50mm
Mängd: 270m
Entreprenör:Hällefors Eltjänst
Info: -

Tillägg: Entreprenören finns inte tillgänglig. Varuprov fanns på byggplatsen. Röret vägdes och mättes, vilket gav 0,169 kg/m, och antogs vara av polyeten. Faktorn togs som eng. polyethylene Low Density (abiotisk 2,49; vatten 122,20) eftersom plasten var mjukare och inte lika kraftig som den tidigare. Spillet är uppskattat till 5 % av vikten.

MI = 5 690 kg

Grundinformation:

Material: Sargar, Polyester
Mängd: 347 kg
Entreprenör:Scanlight, Råå
Info: 63 st à 5,5 kg

Tillägg: Kupolerna är levererade från Belgien. Abiotisk MI-faktor 5,11 för polyester, vatten 188,00.

MI = 67 009 kg

Grundinformation:

Material: Kupoler, Polykarbonat
Mängd: 337 kg
Entreprenör: Scanlight, Råå
Info: 52 st Ø40 à 5 kg
11 st Ø70 à 7 kg

Tillägg: Kupolerna är levererade från Belgien.
Abiotisk MI-faktor 6,94 för polykarbonat, vatten 212,20.

MI = 73 850 kg

Grundinformation:

Material: Armering
Mängd: 21 296 kg
Entreprenör: NCC
Info: KS500

Tillägg: Spillet beräknat med 9 %.
MI-faktor efter varmvalsat stål: abiotisk 7,63; vatten 56,00.

MI = 1 355 064 kg

Grundinformation:

Material: Armering
Mängd: 6 237 kg
Entreprenör: NCC
Info: NPS 50

Tillägg: MI-faktor efter varmvalsat stål: abiotisk 7,63; vatten 56,00.
Spillet beräknat med 9 %.

MI = 396 860 kg

Grundinformation:

Material: Grundelement
Mängd: 1,96 m³
Entreprenör: NCC
Info: -

Tillägg: Enligt platschefen så är dessa grundelement från Isover. Enligt Isovers hemsida antogs deras grundelement Isover 400. Information om polystyren fanns på Genevads hemsida där vikten för EPS angavs till 20 kg/m³.
MI-faktorn togs som EPS granulat: abiotisk 2,50; vatten 137,70.

MI = 5 496 kg

Grundinformation:

Material: Betong
Mängd: 294,30 m³
Entreprenör:NCC
Info: -

Tillägg: Densitet för betong 2 400 kg/m³.
Massa: 2 400 x 294,30 = 706 320 kg
Abiotisk MI-faktor för betong 1,33; vatten 3,40.
Spillet beräknas med 7 %.

MI = 3 340 894 kg

Grundinformation:

Material: Trä 44x120, 44x145, 44x170, 44x195, 44x44, 28x70, Råspont 17x95,
22x95, 22x120 2-panel
Mängd: 17,89 m³
Entreprenör:NCC
Info: -

Tillägg: Gran antaget. Densitet för gran 450 kg/m³ enligt Einar Malmgren på Hasselfors.
Uträkning: 450 x 17,89 = 8 051 kg
MI-faktorer för furu: abiotisk 0,68; biotisk 4,72; vatten 9,40.
Spillet beräknades med 10 %.

MI = 158 863 kg

Grundinformation:

Material: Plastfolie 0,20
Mängd: 1148 m²
Entreprenör:NCC
Info: -

Tillägg: Antagen som polyeten folie med samma vikt som Parocs plastfolie 0,19 kg/ m².
Abiotisk MI-faktor 3,01; vatten 167,60 för polyeten.
Spillet beräknat med 6 %.

MI = 37 213 kg

Grundinformation:**Material:** Limträpelare och limträbalkar**Mängd:** $3,16 \text{ m}^3 + 0,75 \text{ m}^3$ **Entreprenör:**NCC**Info:** -

Tillägg: Limträpelarna är tillverkade av gran. Densitet för gran 450 kg/m^3 , enligt information från Einar Malmgren på Hasselfors sågverk.

Uträkning: $450 \times 3,91 = 1\,759,50 \text{ kg}$

Abiotisk MI-faktor 0,68; biotisk 4,72; vatten 9,40.

MI = 26 041 kg**Grundinformation:****Material:** Isolering**Mängd:** $88,90 \text{ m}^3$ **Entreprenör:**NCC**Info:** GF Väggar

Tillägg: Kjell Klarenfjord, platschef på NCC, meddelade att isoleringen var vanlig gullfiber, numera Isover, glasullsisolering.

Densitet 15 kg/m^3 enligt Isovers tekniska upplysning.Uträkning: $15 \times 88,90 = 1\,413,51 \text{ kg}$

MI-faktorer glasull: abiotisk 4,66; vatten 46,00.

Spillet beräknades med 6 %.

MI = 67 555 kg**Grundinformation:****Material:** Isolering**Mängd:** $39,96 \text{ m}^3$ **Entreprenör:**NCC**Info:** 200 SL - A 5cm

Tillägg: En sökning gjordes på Internet där resultatet blev att det troligtvis handlar om Floormate 200 SL-A, en extruderad polystyrenisolering från Styrofoam.

Densiteten är 28 kg/m^3 .Uträkning: $28 \times 39,96 = 1\,118,88 \text{ kg}$

MI-faktorer EPS: abiotisk 2,50; vatten 137,70.

Spillet beräknades med 6 %.

MI = 156 867 kg

Grundinformation:

Material: Isolering
Mängd: 9,50 m³
Entreprenör:NCC
Info: Källarväggar 10cm

Tillägg: Enligt Kjell Klarenfjord så var isoleringen av vit frigolit och kom från ett företag i Vårgårda. Sökning på Internet gav att företaget var Sundolitt och att artikeln var deras källarväggsskiva av EPS.

Densitet enligt hemsida: ca 17 kg/m³.

Uträkning: 17 x 9,50 = 161,50 kg

MI-faktorer EPS: abiotisk 2,50; vatten 137,70

Spillet beräknades med 6 %.

MI = 22 642 kg

Grundinformation:

Material: Santnér element
Mängd: 97,34 m³+ 7,26 m³+ 7,00 m³
Entreprenör:NCC
Info: Tak 110mm, Väggar 22mm, Väggar 70mm

Tillägg: Elementen kom från Ekologibyggnarna och levererades direkt från Österrike.

Tjockleken på takelementen berodde på att de var vikt bärande.

Ett tillägg gjordes till NCCs sammanställning med 70 mm elementen, mängden uppskattades till ca 7 m³.

Elementen består av olika skikt där samtliga består av furu.

Vikten 500 kg/m³ togs från Ekologibyggnarnas hemsida.

Uträkning: 111,60 x 500,00 = 55 800 kg

MI-faktorer för furu: abiotisk 0,86; biotisk 5,51; vatten 10,00

MI = 913 446 kg

Grundinformation:

Material: Underlagspapp
Mängd: 950 m²
Entreprenör:NCC
Info: -

Tillägg: Pappen antogs som Mataki underlagspapp, med sammansättning enligt hemsida.

Eftersom den verkliga procentuella sammansättningen inte gick att få tag på så gjordes en uppskattning på förhållandena. Viktprocenten är det som är givet från tillverkaren.

Pappens vikt är 1 100 kg/m³ enligt tillverkarens hemsida.

	viktprocent	Antagen %	MI-faktor
Bitumen	70 – 85	70	abiotisk 1,50; vatten 11,40
Sand	15 – 25	24	abiotisk 1,42; vatten 1,40
Polyester	6 – 9	6	abiotisk 5,11; vatten 188,00

Uträkning: $(950 \times 0,002) \times 1\,100 = 2\,090$ kg
Spillet är beräknat med 6 %.

MI = 44 503 kg

Grundinformation:

Material: Plywood
Mängd: 5,4 m³
Entreprenör:NCC
Info: -

Tillägg: Densitet för plywood 600 kg/m³.
Uträkning: $600 \times 5,4 = 3\,240$ kg
MI-faktorer: abiotisk 2,00; biotisk 9,13; vatten 23,60.
Spillet beräknades med 9 %.

MI = 112 525 kg

Grundinformation:

Material: Protect gips
Mängd: 3,89 m³
Entreprenör:NCC
Info: 15 mm

Tillägg: Protect gipsskiva från Gyproc. Gipsskivans sammansättning är enligt produktblad från tillverkaren.

Vikt enligt produktbladet är 12,70 kg/m².
Uträkning: $3,89/0,015 = 259,33$ m²
 $259,33 \times 12,70 = 3\,293,53$ kg

	viktprocent	MI-faktor
Gips	82 %	abiotisk 1,83; vatten 10,30
Kartong	3 %	abiotisk 0,30; biotisk 0,22; vatten 24,90
<i>Kaolin</i>	} <15 %	abiotisk 3,05; vatten 2,50
<i>Vermikulit</i>		

Den sammanlagda mängden för Kaolin och Vermikulit är 15 viktprocent. De egentliga procentsatserna är okända eftersom tillverkaren inte vill lämna ut informationen. MI-faktor finns enbart tillgänglig för kaolin, varpå beräkningarna är gjorda enbart efter 15 % kaolin. Vermikuliten har inte tagits med i beräkningarna, men bör nämnas. Spill beräknades med 9 %.

MI = 38 013 kg

Grundinformation:

Material: GU gips
Mängd: 2,30 m³
Entreprenör:NCC
Info: 9 mm

Tillägg: Utegipsskiva från Gyproc. Gipsskivans sammansättning är enligt produktblad från tillverkaren.

Vikt enligt produktbladet är 7,20 kg/m².

Uträkning: $2,30/0,009 = 255,56 \text{ m}^2$

$255,56 \times 7,20 = 1\ 840 \text{ kg}$

	Viktprocent	MI-faktor
Gips	95 %	abiotisk 1,83; vatten 10,30
Kartong	5 %	abiotisk 0,30; biotisk 0,22; vatten 24,90

Spill beräknades med 9 %.

MI = 23 542 kg

Grundinformation:

Material: Ståldörrar
Mängd: 1 st 12x21, 1 st 21x24
Entreprenör:NCC
Info: -

Tillägg: Enligt samtal med Kjell Klarenfjord så kommer dörrarna från Daloc. Efter undersökningar på Dalocs hemsida antogs att det handlar om deras modell S60. Dörrarna består av stål med isolering mellan. Beräkningarna är endast gjorda med hänsyn till stålet. Isoleringen och eventuella andra material antogs vara försumbar. Inga material som kan påverka resultatet nämnvärt har använts.

Dörrarna vägde 95 kg respektive 190 kg enligt Dalocs produktblad.

MI-faktor för stål: abiotisk 8,51; vatten 74,80.

MI = 23 743 kg

Grundinformation:**Material:** Aluminium**Mängd:** 2681 kg**Entreprenör:** Rockpart**Info:** -

Tillägg: Materialet har använts till en glasad fasad med dörrar. Aluminiumet består av 95 % återanvänd aluminium, och 5 % ny. Informationen kommer från Jan Sundqvist på Rockpart i Frövi.

MI-faktorer för aluminium sekundär är: abiotisk 0,85; vatten 30,70. Primärt aluminium ger faktorerna: abiotisk 37,00 och vatten 1 047,70.

Spillet är beräknat med 5 %.

MI = 225 760 kg

Grundinformation:**Material:** Glas**Mängd:** 5395 kg**Entreprenör:** Rockpart**Info:** -

Tillägg: Materialet har använts till samma fasad och dörr som ovan.

MI-faktorer: abiotisk 2,95; vatten 11,60.

MI = 78 497 kg

Grundinformation:**Material:** Stål**Mängd:** 110 658 kg**Entreprenör:** JB Smides AB**Info:** -

Tillägg: Kontakt togs med Lars Johansson på JB Smides AB i Västerås som gav informationen att stålet var endast behandlat med rostskyddsfärg.

MI-faktorer togs efter varmvalsad plåt som gav: abiotisk 7,63 och vatten 56,00.

Färgåtgången har räknats ut, men behandlas separat.

MI = 7 041 169 kg

Övriga material som inte har sammanställts av NCC

Material: Rostskyddsfärg till stålbalkar

Mängd: 57 liter

Enligt egna beräkningar har mängden uppskattats. Färgen kommer från Jotun och heter Muki EPS och består av två olika komponenter (A+B) med olika densiteter, den ena på $0,9 \text{ g/cm}^3$ och den andra på $1,1 \text{ g/cm}^3$. Förhållandena mellan de olika komponenterna är tagna som 50/50, vilket ger densiteten 2 g/cm^3 . Massan på färgen blir då 114 kg.

Sammansättningen på färgen är komplex och för att få fram en separat faktor för just denna färg skulle det krävas mycket tid och arbete. Därför har faktorer för lack/akryl färg valts ur boken "Das MIPS-Konzept"; 2,70; respektive 3,30.

MI = 684 kg

Material: Lim till Santnér element

Mängd: 0,5 - 1 % per volymenhet av elementen

Kontakt togs med Kicki Torstensson hos Ekologibyggarna som har levererat elementen. Hon informerade om att limmet är ett polyuretan lim och har densiteten 1 100 kg/m^3 , samt att mängden lim är 0,5 - 1 % per volymenhet. Beräkningarna gjordes med 0,75 volymprocent. Den totala volymen Santnér element uppgick till $111,60 \text{ m}^3$ vilket gav en volym på limmet på $0,837 \text{ m}^3$. Uträkning: $0,837 \times 1 \text{ 100} = 920,70 \text{ kg}$ lim.

MI-faktorer för polyurethan: abiotisk 6,31; vatten 505,10.

MI = 470 855

Material: Syllisolering

Mängd: 78m

Klarenfjord informerade om att syllisoleringen är från Sundolitt och går längs den södra fasaden. Mängden är uppskattad till 78 m, 95mm bredd och 5mm tjocklek är antagen utifrån Sundolitts hemsida. Isoleringen består av polyeten och densiteten är 25 kg/m^3 . Mängden beräknades till $0,04 \text{ m}^3$ som ger massan 0,93 kg.

MI-faktor för polyethylene Low Density är: abiotisk 2,49 och vatten 122,20.

Spillet är beräknat med 5 %.

MI = 121 kg

Material: Färg, Aqua kantlack, Akzo Nobel
Mängd: 103 liter
Entreprenör: TLs Måleri, Hällefors

Lack för trädetaljer. Används på tak och väggar av trä, sammanlagt 1126 m².
Färgåtgång ca 100g/m².
Densitet 1,09 kg/liter.
MI-faktorer 2,70 och 3,30 enligt "Das MIPS-Konzept".

MI = 676 kg

Material: Färg, Interthane 990, International Protecting Coatings
Mängd: 2 liter
Entreprenör: TLs Måleri, Hällefors

Färgen har använts till staldörrarna och är en polyurethane färg. Färgåtgången är 11,40 m²/liter. Informationen kommer ifrån TLs måleri.
En uppskattad åtgång på 2 liter för dörrarna ger en vikt på 2,4 kg då färgen väger 1,2 kg/liter.
MI-faktorer togs som de andra färgerna då andra faktorer saknas; 2,70 och 3,30 enligt "Das MIPS-Konzept".

MI = 14,4 kg

Material: Fogband
Mängd: Uppskattad till 50m

Fogbandet har använts för att täta mellan betongväggen i källaren och grundplattan. Märket är Volclay Waterstop RX, vikten är 0,83 kg/m. Den totala vikten blir då 41,50 kg. Den information om sammansättningen som har varit tillgänglig är i ungefärlig vikt-%, därför har en uppskattning gjorts angående de närmare värdena. Produktinformation kommer ifrån Lars Lindgren hos återförsäljaren GLH.

	Viktprocent	antagen	MI-faktor
Kvarts	1-4 %	1 %	abiotisk 1,42; vatten 1,40
Bentonit	>75 %	75 %	abiotisk 3,23; vatten 14,70
Butylgummi	25 %	24 %	abiotisk 5,70; vatten 146,00

Eftersom MI-faktor för bentonit saknas har MI-faktorn antagits till samma värde som mald bränd kalk.
Spillet är beräknat med 5 %.

MI = 2 174 kg

Material: Expanderbruk, EXM701 Maxit Group
Mängd: 125 kg uppskattat av Klarenfjord

	viktprocent	Antagen	MI-faktor
Portlandcement	0-40 %	30 %	abiotisk 3,22; vatten 16,90
Sand	60-80 %	70 %	abiotisk 1,42; vatten 1,40

Tillsatsmedel som använts i expanderbruket är bl a flytmedel, luftporbildare, expansionsmedel och krympkompenserare. Ingen hänsyn har tagits till tillsatserna vid beräkningarna eftersom mängderna inte är tillgängliga. Informationen kommer från Sören Velin på Maxit AB och enligt honom räknas tillsatsmedlen på procent av cementvikten vilket för många medel ger några få gram/kg färdig produkt.

Spillet är beräknat till samma som betong 7 %.

MI = 1 071 kg

Material: Fiberduk
Mängd: 2 000 m²

Som materialskiljare antogs fiberduken Typar SF-32. Den består till 100 % av polypropylen och väger 110 g/m². Mängden uppskattades till 2 000 m² eftersom den är lagd i två lager.

MI-faktor togs som formgjuten polypropylen: abiotisk 4,24; vatten 205,50.

Spillet beräknades med 6 %.

MI = 48 911 kg

Material: Spolbrunnar Pipelife polar diameter 400 mm
Mängd: 3 st

Enligt Lars Eriksson på NCC har 3 st brunnar använts av märket Pipelife Polar med diametern 400 mm. Brunnarna är tillverkade i polypropen. Uppskattad vikt till 3 kg/st.

MI-faktor togs som formgjuten polypropylen: abiotisk 4,24; vatten 205,50.

MI = 1 888 kg

Material: Markavloppsrör Pragma
Mängd: Varierande enligt nedan

Uppgifterna om dimensioner och antal kommer från Lars Eriksson på NCC. Vikterna kommer från Ahlsells hemsida.

Diameter	Antal	Vikt kg/m
250 mm	5 m	3,98
315	86 m	6,10
400	5 m	7,95
315 böjar	41 st	3,00 kg/st uppskattat
315 lock	18 st	1,31 kg/st
110	80 m	1,35
160	60 m	2,70

MI-faktor togs som formgjuten polypropylen: abiotisk 4,24; vatten 205,50.
Spill beräknades med 5 %.

MI = 337 861 kg

Material: Jord
Mängd: Uppskattad till 1153 m³

Vikten på jorden är beräknad efter tungheten 23 kN/m³ för fuktig morän (Byggkonstruktioner, Börje Rehnström), eftersom grundvattennivån är hög vid byggnaden. MI faktorn är 1 kg/kg eftersom jorden endast förflyttas. Hänsyn tas även vid transportberäkningen för bortforsling av jorden.

MI = 2 700 509 kg

Material: Singel/Makadam
Mängd: 200 m³

Dräneringslagret är enligt Lars Eriksson på NCC bergkross 16-32 mm från Bredsjö. Vikten är räknad efter 1400 kg/m³. Information om vikten kommer ifrån Grusbolaget Svenska Centralgrus AB.

Efter rådfrågan hos Claudia Kaiser på mipsHAUS Institut i Wuppertal, Tyskland, har MI-faktorerna tagits som sand: abiotisk 1,42; vatten 1,40.

MI = 804 073 kg

Rivning

Beräkningarna är gjorda efter rivningsritningarna. Det som ingick i rivningen för E1B är ytterväggen på den befintliga byggnaden inklusive alla ingående komponenter i fasaden som fönster, balkonger och dylikt. Även en del av taket revs. Vikten på materialen är framräknade utifrån densiteter, och en del uppskattningar gjordes av tillverkare av motsvarande eller liknande material. Det rivna materialet blev enligt Roland Gustavsson återanvänt och räknades därmed med en MI-faktor på 1. MI-talet blev då lika med vikten på materialet. Bortforsling av rivningsmaterial medräknades i transportberäkningarna.

Total MI för rivningen = 329 768 kg (se tabell 6)

Transporter

Roland Winestrand och Kjell Klarenfjord sammanfattade vilka transporter, och hur många bilar som har gått till bygget och vad de har innehållit i stora drag. Avstånden mellan de olika orterna har hämtats från Eniros hemsida på Internet. Beräkningarna är gjorda efter enkel resväg. Vikterna på byggmaterialen är tagna från entreprenörernas/leverantörernas sammanfattningar av materialen. Då det var oklart vilka material som levererades från Beijers i Örebro respektive Bjelkes i Karlskoga, gjordes en procentuell uppskattning utifrån antalet transporter. Fördelningen blev 17 % från Beijers och 83 % från Bjelkes. Utifrån det räknades vikten fram på hur mycket material som har gått från respektive företag.

För att räkna ut antalet transporter av rivningsmaterial antogs att transporterna gick med 10 m³ lastbilar. Volymen av det rivna materialet räknades först ut, sedan dividerades summan av volymerna med 10 vilket gav antalet transporter. Samma tillvägagångssätt användes för att räkna ut bortforslingen av spill från byggmaterialet.

Enligt Roland Gustavsson har rivningsmaterial och schaktmassor gått till Gyltbo Återvinningscentral. Stenmaterial har gått till vägbyggen. Transportsträckan är beräknad till Gyltbo. Även spillmaterialet antogs ha gått dit. Transport av makadam har gått från Bredsjö enligt Lars Eriksson på NCC. Beräkningarna är gjorda efter 10 m³/lastbil.

Den totala fraktsträckan av material, från leverantör till byggarbetsplats, uppgick till 17 734 km. Vikten på fraktat material blev 4 346,72 ton.

Antalet ton multiplicerat med antalet km blev totalt 3 428 494 tkm.

MI-faktorerna är uppdelade efter storleken på lastbilarna:

	Abiotisk faktor [kg/tkm]	Vatten faktor [kg/tkm]
>2,8 ton	0,450	4,124
<2,8 ton	1,336	11,630

Total MI för transporterna = 15 698 731 kg (se tabell 7)

Sett till MI-tal för transporterna så var de största posterna betongleveranser, förflyttning av schaktmassorna och leveranser av massivträ från Österrike. Schaktmassorna stod för den största vikten.

Energi

Elförbrukningen under byggtiden togs fram med hjälp av Roland Winestrand på NCC. Den uppgick till 35 000 kWh. Förbrukningen multiplicerades med en faktor för elektricitet inom OECD länder. Den abiotiska faktorn 1,58 och vatten faktorn 63,80 [kg/kWh].
MI = 2 288 300 kg

Även bränsleförbrukning för uppvärmning informerades Roland Winestrand om. Den uppgick till 5 700 liter dieselolja.
MI = 50 434 kg

Vid schaktning har en grävmaskin använts i ca 300 timmar enligt Lars Eriksson. Förbrukningen av diesel för en 20-tons grävmaskin ligger mellan 15-20 liter i timmen enligt Schakt och Transport i Växjö. Beräkningarna är gjorda efter 15 liter i timmen.
MI = 39 816 kg

Dieselolja har räknats med densiteten 800 kg/m³.
MI-faktorerna för dieselolja är 1,36 och 9,70.

Total MI för energi = 2 378 550 kg

Tabeller

Byggmaterialens olika fraktioner

Byggmaterial	Massa+spill [kg]	MI-faktor abiotisk [kg/kg]	MI-faktor biotisk [kg/kg]	MI-faktor vatten [kg/kg]	MI-tal [kg]
Aluminium primär	137	37,00	-	1047,70	148 113
Aluminium sekundär	2 594	0,85	-	30,70	81 853
Bentonit	33	3,23	-	14,70	586
Betong	706 320	1,33	-	3,40	3 340 894
Bitumen	5 446	1,50	-	11,40	70 259
Butylgummi	10	5,70	-	146,00	1 586
EPS	1 320	2,50	-	137,70	185 005
Furu	55 800	0,86	5,51	10,00	913 446
Färg	363	2,70	-	3,30	2 176
Gips	4 449	1,83	-	10,30	53 963
Glas	5 395	2,95	-	11,60	78 497
Glasull	1 334	4,66	-	46,00	67 555
Gran	9 810	0,68	4,72	9,40	145 188
Kaolin	494	3,05	-	2,50	2 742
Kartong	191	0,30	0,22	24,90	4 850
Koppar primär	15	348,47	-	367,20	10 735
Koppar sekundär	35	2,38	-	85,50	3 076
Makadam	285 132	1,42	-	1,40	804 073
Plywood	3 240	2,00	9,13	23,60	112 525
Polyester	707	5,11	-	188,00	136 475
Polyeten folie	380	3,01	-	167,60	64 852
Polyeten HD	117	2,52	-	105,90	12 733
Polyeten LD	47	2,49	-	122,20	5 811
Polykarbonat	337	6,94	-	212,20	73 850
Polypropen	1 868	4,24	-	205,50	391 806
Polypropen	29	2,09	-	35,80	1 110
Polyuretan	921	6,31	-	505,10	470 855
Portlandcement	40	3,22	-	16,90	807
PVC	30	3,33	-	176,60	5 473
Rostfri plåt	372	14,43	-	205,10	81 665
Sand	918	1,42	-	1,40	2 588
Schaktad jord	2 700 509	1,00	-	-	2 700 509
Skiffer	1 289	1,07	-	-	1 379
Stenullisolering	29 113	4,00	-	39,70	1 272 238
Stålplåt kallvalsad	1 833	8,51	-	74,80	152 724
Stålplåt varmvalsad	138 191	7,63	-	56,00	8 793 093
Zink	39	21,76	-	305,10	12 881
S:a	3 958 858				20 207 974

Tabell 5 Sammanställning av byggmaterialens olika fraktioner

Ej med i beräkningarna: Kisel

MI för byggmaterialen: 20 207 974 kg

Rivningens olika fraktioner

Material	Vikt [kg]	MI faktor [kg/kg]	MI tal [kg]
papp	423	1,00	423
furu	6 213	1,00	6 213
betong	247 816	1,00	247 816
tegel	33 398	1,00	33 398
lättbetong	39 708	1,00	39 708
bitumen	457	1,00	457
glas	242	1,00	242
stål varm	544	1,00	544
stål kall	796	1,00	796
stål.fzv	172	1,00	172
	329 768		329 768

Tabell 6 Sammanställning av rivningen

MI för rivningen: 329 768 kg

Transporter

Lev av	Ort	Sträcka totalt [km]	Fraktad massa [ton]	Ton x km [tkm]	Fordons klass	Abiotisk [kg/tkm]	Vatten [kg/tkm]	Total [kg/tkm]	MI-tal: faktor x tkm [kg]
Byggmtrl	Karlskoga	1 405	23,26	32 675	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	149 454
Byggmtrl	Örebro	410	4,76	1 953	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	8 932
Betong	Karlskoga	3 035	706,32	2 143 681	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	9 805 198
Ståldörrar	Töreboda	150	0,29	43	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	196
Massivträ	Österrike	6 840	55,80	381 672	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	1 745 768
Smide	Västerås	679	110,66	75 137	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	343 676
Takbeläggning	Örebro	410	35,13	14 405	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	65 886
Alu. partier	Frövi	384	8,08	3 101	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	14 185
Takkupoler	Belgien	1 585	0,68	1 084	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	4 959
Plåt	Örebro	983	2,01	1 977	<2,8 t lb	1,34	11,63	12,97	25 631
Arm. stål	Köping	817	27,53	22 494	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	102 890
Målare	Hällefors	16	0,14	2	<2,8 t lb	0,34	11,63	11,97	26
El	Hällefors	36	0,19	7	<2,8 t lb	0,34	11,63	11,97	84
Rör	Storå	300	0,07	20	<2,8 t lb	0,34	11,63	11,97	233
Rivning	Gyltbo	44	329,77	14 510	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	66 368
Schaktmassor	Gyltbo	230	2 700,51	621 117	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	2 840 989
Spillmtrl	Gyltbo	10	56,39	564	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	2 579
Makadam	Bredsjö	400	285,13	114 053	2,8 t lb	0,45	4,12	4,57	521 678
S:a		17 734	4 346,72	3 428 494					15 698 731

Tabell 7 Sammanställning av transporter

MI för transporterna: 15 698 731 kg

Bilagor

MIPS-online lista