

RE:

SOURCE

Slutrapport för projekt

Flotationssepareringsprocess för plaster i avfallsströmmar

Projektperiod: Juli 2017 till Februari 2018
Projektnummer: 44187-1

Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Titel på projektet – svenska
Flotationssepareringsprocess för plaster i avfallsströmmar
Titel på projektet – engelska
Flotation process for plastics in waste streams
Universitet/högskola/företag
Swerea IVF
Adress
Argongatan 30
Namn på projektledare
Annika Boss
Namn på ev övriga projektdeltagare
Luleå Tekniska Universitet, Stena Recycling International AB och Akzo Nobel Surface Chemistry AB
Nyckelord: 5-7 st
Plast, elektronikplast, HIPS, ABS, separation, flotation, återvinning, WEEE

Med stöd från:



STRATEGISKA
INNOVATIONS-
PROGRAM

Förord

Projektet som är en förstudie har genomförts inom ramen för programmet Strategiskt innovationsprogram, RE:Source. Ett NDA-avtal togs fram och undertecknades av projektpartners innan projektarbetet påbörjades. Genomförandet av projektet har utförts enligt plan men med två månaders förlängning. Alla partners har bidragit i genomförandet av aktiviteter och med kompetens. Projektet avrapporteras till Energimyndigheten, till partners i projektet och referensgruppen (Swerea Mefos, Axjo Plastic och Elkretsen).

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Summary	4
Inledning och bakgrund	6
Genomförande.....	6
Kartläggning av kunskapsläget	7
Experimentellt utförande.....	9
Material och provberedning	9
Mikroflotation	10
Karakterisering ytegenskaper, kontaktvinkelmätning	12
Flotation i bänkskala	13
Utvärdering	14
Hållbarhetsbedömning	14
Resultat och diskussion.....	15
Experimentella resultat	15
Mikroflotation	15
Karakterisering ytegenskaper, kontaktvinkelmätning	16
Flotation i bänkskala, Wemco-cell	18
Hållbarhetsbedömning	20
Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg	20
Publikationslista	21
Projektkommunikation.....	21
Referenser	21
Bilagor.....	22

Sammanfattning

Två och en halv miljoner ton plast används årligen i elektriska och elektroniska produkter (EEE) i Europa, produkter som byts ut i allt snabbare takt. Avfallet (WEEE) är den nu snabbast växande avfallsströmmen, men endast en liten del av plasten återvinns. Mycket av plasten från WEEE har skickats till Kina fram till nyligen men nu har Kina satt stopp för import av blandad plast. Det är viktigt att vi själva utvecklar fungerande metoder att återvinna det elektronikskrot vi genererar.



Figur 1. Elektronikskrot, den snabbast växande avfallsströmmen.

Syftet med det initierade projektet är att på sikt kunna bidra till bättre möjligheter att separera och återvinna elektronikplasten. Det skulle ge förutsättning att återvinna plasterna till nya kvalitetsprodukter istället för att de energiåtervinns eller används i lågvärdiga produkter. Förstudieprojektet har genomförts för att undersöka potentialen att utveckla en process för flotationsseparering av plasterna akrylnitrilbutadien (ABS), slagseghetsmodifierad styren (HIPS) och glasfiberförstärkt polypropen (GFPP). Plasterna HIPS och ABS är de vanligast förekommande plasterna i EEE, de har ett högt inköpspris och är eftertraktade på återvinningsmarknaden om kvalitén är god. Då plasterna har alltför lika densitet fungerar inte enbart konventionell densitetsseparering i vattenbad (sink-float metoden) för att separera ABS och HIPS. PP med glasfiber eller andra fyllmedel förekommer också i samma densitetsområde. Flotationsseparering används vanligtvis för att separera mineraler men kan också fungera för att separera vissa plastblandningar. Om HIPS, ABS och GFPP kan separeras med hjälp av flotation skulle processen kunna integreras i återvinningskedjan för WEEE-plast efter sink-float-separering.

Swerea IVF (koordinator), Luleå Tekniska Universitet (Metallurgi), AkzoNobel Surface Chemistry och Stena Recycling har samarbetat i detta projekt.

Projektgruppen har en bred tvärvetenskaplig kompetens med kunskaper om flotationsprocessen, kemiska reagens och ytkemi, plasters egenskaper och kunskap om återvinning av elektronikplast. Först utfördes litteratursökning, patentsökning och kontakter togs för att kartlägga kunskapsläget och möjligheterna att separera HIPS, ABS och GFPP med flotationsprocess. Artiklar och patent visade att det finns möjligt att separera HIPS och ABS, åtminstone i laboratorieskala. Det finns också återvinningsföretag som använder flotation för separering av plast såsom MBA-Polymers men hur de använder tekniken är en hemlighet. Om en metod kan utvecklas för att separera de rena materialen bli nästa utmaning att få metoden att fungera för de verkliga materialen, plast från elektriska produkter som är förorenad och kan variera i sammansättning. I litteraturen beskrivs olika metoder att modifiera plasternas ytor (HIPS och ABS) före flotationen. Det är sannolikt att det krävs ytbehandling för att plasterna ska kunna separeras selektivt.

Lämpliga reagens till experimentella försök valdes baserat på litteratur och patent. Ett viktigt kriterium var att fokusera på miljövänliga reagens. Genomförda försök på LTU visade att reagens av typen lignosulfonat och en variant av CMC har effekt på plasternas ytegenskaper och flotationsegenskaperna. Reagensen hade tryckande effekt på både HIPS och ABS. Utmaningen är att påverka plasterna selektivt med reagensen så att den ena plasten floterar och den andra trycks. I ett av försöken med verkliga material från Stenas elektronikåtervinning lyckades ABS tryckas effektivt. HIPS var svårare att styra. Det visade sig också att föroreningar såsom skumplast, trästickor och gummi mm floterade. Flotationsprocessen skulle också kunna användas för att separera bort oönskade föroreningar som annars förstör plastens kvalitet. För att gå vidare med utvecklingen av en metod behöver en försöksutrustning av kolonntyp med lämplig design och storlek för plastflotation byggas upp. Det är många parametrar som styr flotationsprocessen såsom plastpartiklarnas storlek och egenskaper, reagenssammansättningen, inmatningen av material, luftflöde och spridningen av luftbubblor. Det är ett omfattande arbete att utveckla och optimera en process för flotation av plasten, först med rena material och därefter med verkliga material. Ur ett kostnadsperspektiv är det resurseffektivt att lägga till flotation efter de densitetsseparationssteg (sink-float) som finns idag. Utrustningskostnaden, energiförbrukningen och arbetsinsatsen blir relativt liten. Också miljöpåverkan är liten om miljövänligt reagens kan användas och det verkar förhoppningsfullt om reagens av typen lignosulfonat eller karboxymetylcellulosa (CMC) kan fungera.

Summary

Two and a half million tons of plastic are used annually in electrical and electronic products (EEE) in Europe, products being replaced at an ever faster rate. The waste (WEEE) is the fastest growing waste stream, but only a small part of the plastic is recycled. Much of the plastic from WEEE has been shipped to China until recently, but now China has stopped the import of mixed plastic. It is important that we develop functional methods to recycle the electronic waste that we generate.

The purpose is to contribute to improved separation the WEEE plastics which could provide new possibilities to recycle the plastics in new quality products instead of being incinerated or used in low-value products. This pre-study project has been conducted to investigate the potential to develop a process for flotation separation of acrylonitrile butadiene styrene (ABS), impact-modified polystyrene (HIPS) and glass fiber reinforced polypropylene (GFPP), within an innovation project. HIPS and ABS are the most common plastics in EEE and have high value on the recycling market if the quality is good. Since these plastics are close in density, conventional density separation in water (the sink-float separation method) is not feasible. Flotation separation is usually used to separate minerals, but can also work to separate some types of plastics. If selective separating of HIPS, ABS and GFPP with a flotation process is feasible, the process could be integrated into the WEEE plastic recycling after the sink-float separation.

Swerea IVF (coordinator), Luleå University of Technology (Metallurgy), AkzoNobel Surface Chemistry and Stena Recycling have collaborated in this project. The project group has a broad multidisciplinary competence with knowledge of flotation, chemical reagents and surface chemistry, the properties of plastics and the recycling of WEEE plastics. The project started with a literature investigation. Articles and patents showed that it is possible to separate HIPS and ABS with flotation technology, at least in laboratory scale. There are also recycling companies that use flotation for plastic separation such as MBA Polymers but how they use the technology is a secret. If a method can be developed to separate the virgin materials, the next challenge will be to make it work with the real materials, plastic from WEEE recycling process that are contaminated and may vary in composition. The literature describes various methods of modifying the surfaces of the plastics (HIPS and ABS) prior to flotation. It is likely that surface treatment is required to be able to selectively separate the plastics. For the experimental trials; reagents, composition and pH of the flotation solution for experimental trials were selected based on the literature and patents. Important was to chose environmentally friendly reagents. The tests performed at LTU showed that lignosulfonate and one variant of carboxymethylcellulose (CMC) had effect on the plastics wettability and the plastics could be pressed in the reagent solution. The challenge is to selectively flotat the plastics. In one of the experiments with real material the ABS plastic was effectively pressed. HIPS was harder to control. It also turned out that contaminants such as plastic foam, wood sticks and rubber etc. were floated. The flotation process could those be used to separate unwanted contaminants which otherwise destroys the quality of the plastic.

In order to proceed and development a method for flotation of the plastics, a column equipment designed and in proper size for plastic flotation is needed. There are several parameters that control the flotation process, such as size and properties of the plastic particles, reagent composition, pH, the feeding of material, airflow and distribution of air bubbles. It is a lot of work to develop and optimize a process for flotation of the plastic, first with clean virgin materials and then make it work with the real materials.

From a cost perspective, it is resource-efficient to add flotation after the sink-float separation in the recycling process. Equipment costs, energy consumption and the work effort would probably be relatively small. Also the environmental impact would be small if environmentally friendly reagents can be used and it seems hopeful if lignosulfonate or some variant of carboxymethylcellulose (CMC) reagents can work.

Inledning och bakgrund

I Sverige samlas in och sorteras 24000 ton/år av plast från WEEE (enligt Stena Recycling). Ca 80 % består av styrenbaserade plaster, huvudsakligen ABS och HIPS (ca 50/50). PP, GFPP och PVC ingår också i WEEE. I dag går huvuddelen till energiutvinning och en del materialåtervinns i lågvärdiga produkter.

Vidareutvecklingen av processtekniken för att separera olika plasttyper och föroreningar från plastavfall är en förutsättning för att öka materialåtervinningen och skapa förutsättningar att kunna återvinna plasterna till nya kvalitetsprodukter. Idag separeras plasterna efter densitet i vatten, men plaster med alltför lika densitet kan inte separeras med denna metod. Syftet är att utveckla en metodik att genom selektiv flotation kunna separera GFPP, ABS och HIPS från WEEE. Idén är att integrera plastflotation i återvinningsprocessen efter densitetssepareringsstegen och få ut separerade fraktioner av HIPS, ABS och GFPP som kan materialåtervinnas.

Flotation är en fysikalisk process för att separera hydrofoba material från hydrofila. Den används bland annat till att rena dricksvatten och för anrikning av malm. För att lyckas med selektiv flotationsseparation är det nödvändigt att materialen som ska separeras har tillräckligt stora skillnader i ytegenskaper. Plaster är generellt hydrofoba men en del plaster är delvis vätbara. Ytaktiva reagens alternativt fysikalisk ytbehandling kan användas för att skapa skillnader i plasternas ytegenskaper. Flotationsprincipen är selektiv attraktion av luftbubblor på partiklarna som ska separeras.

Flotationsprocessen beror också av densiteten och partiklarnas storlek. Luftflödet och fördelningen av material och bubblor i flotationscellen är också viktiga parametrar.

Genomförande

Swerea och LTU genomförde inledningsvis litteraturstudier och omvärldsanalyser. Därefter planerades de praktiska försöken och kemiska reagens bestämdes i samråd med Akzo som också bidrog med reagens. Swerea har utfört provberedning samt analyser av floterade prover, ansvarat för projektledning, budget och rapportering i projektet. LTU har utfört flotationsförsök, kontaktvinkelmätningar och sammanställt resultat. Akzo har bidragit som experter på kemiska reagens, ytmodifiering och flotation samt med reagens. Stena har bidragit med en egen omvärldsanalys och kontaktat Universitet i Liège, Belgien, som jobbar med och har erfarenhet av plastflotation. Stena har också tagit ut industriella prov och utfört provberedning. Den breda tvärvetenskapliga kompetensen i projektgruppen har varit värdefull för projektet. Genomförandet beskrivs här steg för steg.

Kartläggning av kunskapsläget

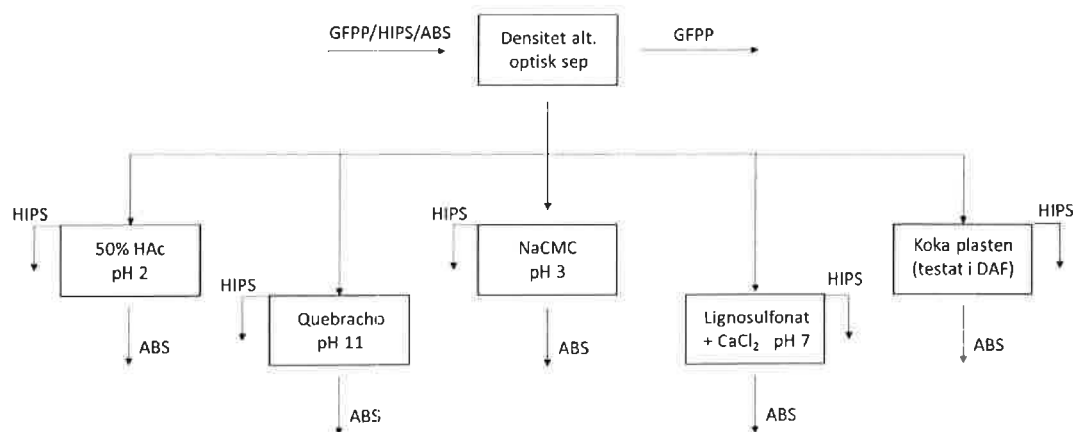
Det finns många vetenskapliga artiklar och några patent som beskriver flotation av plaster, också för blandningar av HIPS och ABS.

Det är också känt att det finns återvinningsföretag såsom MBA Polymers som använder tekniken. Det bör därför vara en möjlig att utveckla en metod för att separera HIPS och ABS.

Litteraturstudien indikerade fem möjliga vägar för att med flotation separera ABS och HIPS. Inga undersökningar där GFPP rapporterades kunna selektivt separeras från de andra två med hjälp av flotation hittades och av den anledningen lades mer fokus på ABS och HIPS. GFPP kanske kunde separeras på annat sätt. De fem vägarna som upptäcktes var:

- 1) Separation i en lösning innehållande 50 % ättiksyra eller metanol vid ett pH mellan 1,77 till 2,05 (Jody et. al 1997, Patent).
- 2) Flotation med Quebracho vid pH 11. (R.D. Pascoe, Minerals Engineering 18 (2005) 233–237) där ABS och HIPS separerades vid en koncentration av 0,05 g/l quebracho.
- 3) Flotation med natriumcarboxymethylcellulosa (NaCMC) (R.D. Pascoe, Minerals Engineering 18 (2005) 233–237) där separation av ABS och HIPS utfördes vid pH 3.
- 4) Flotation med lignosulfonat och kalciumklorid (Pongstabodee et al., Waste Management 28 (2008) 475–483) som utfördes vid pH 7.
- 5) Flotation med mikrobubblor efter kokning av plasten (Wang et al., Waste Management 34 (2014) 1206–1210)

Nedan visas schema med möjliga separationsvägar som användes för att välja ut de mest lämpliga. Pil nedåt indikerar tryckning medan pil åt sidan indikerar flotation. I samtliga fallen är det ABS som trycks och HIPS som floterar.



Figur 2. Olika tänkbara processvägar för separation av plast.

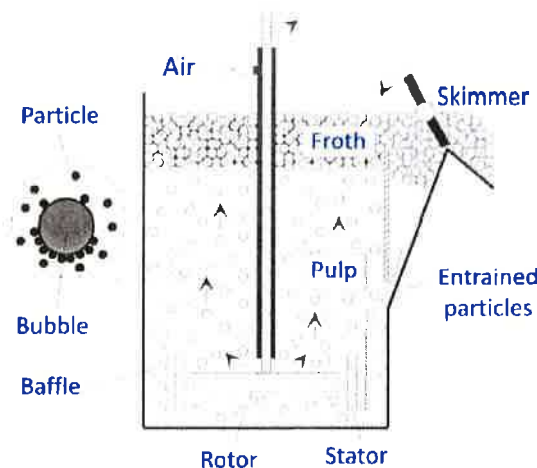
Av arbetsmiljöskäl valdes flotation vid pH 2 i 50 % ättiksyra bort. Av de fyra kvarvarande alternativen valdes alternativ fem bort då det, dels inte fanns tillgång till flotationsutrustning med mikrobubblor, och dels att kokning inte bedömdes lämpligt varken ur arbetsmiljösynpunkt eller vara ekonomiskt försvarbart i industriell skala.

Det tredje alternativet som valdes bort var flotation med quebracho p.g.a. att det är en naturprodukt, som tas från trädet med samma namn och dess renhet därmed kan variera. De två alternativ som återstod var NaCMC och lignosulfonat som båda såg ut att ha potential. Lämpliga koncentrations- och pH-spann valdes därefter i samråd med leverantör av kemikalier. Ett viktigt kriterium är att inte använda miljö- eller hälsofarliga kemikalier. Reagensen bör också vara relativt stabila över tid så att reagenslösningen kan återcirkuleras.

Kalciumklorid (CaCl_2) har enligt flera studier effekt i kombination med lignosulfonat, plasten kan vätas lättare då kalciumjonen fungerar som bryggbildare mellan plasten och lignosulfonat. Både HIPS och ABS kan påverkas av CaCl_2 (Le Guern et al. (2000, 2001). Härav bestämdes att prova tillsätta CaCl_2 till flotationslösningen.

Vanligtvis krävs en skumbildare vid flotation men i fallet HIPS och ABS har de skumbildare som provats haft marginell inverkan på flotationsegenskaperna (S. Pongstabodee et al. (2007) varför skumbildare inte använts i våra försök.

Flotationsutrustningar kan vara rektangulära eller cylindriska tankar eller kolonner med omrörning. Två olika typer av flotationsutrustning finns, mekaniska och pneumatiska. Det är vanligast med mekaniska celler för mineralflotation. För plaster som är lätta och hydrofoba till skillnad från mineral är god flödeskontroll viktigt och pneumatiska celler är lämpligare än mekaniska. Partikelstorleken rekommenderas ligga på 2.0 – 6.0 mm för plasterna men det beroende också på vilken flotationsutrustning som används (Wang et al., 2015).



Figur 3. Flotation i mekanisk cell
(<http://www.nptel.ac.in/courses/103103033/module6/lecture6.pdf>)

Flera vetenskapliga artiklar beskriver fysikaliska ytbehandlingsmetoder för HIPS/ABS blandningar. Skillnad i plasternas ytenergi kan då ökas och möjliggör selektiv bubbelattraktion och selektiv flotationsseparering. Det finns flera ytbehandlingsmetoder för att göra plasten mer hydrofil och vätbar som studerats såsom kokning av plasten, ozon-, plasma- och coronabehandlingar mfl metoder (Wang et al., 2014, Mallampati et al., 2017). Malning av plast är också ett sätt att genererar fria radikaler som direkt oxideras, de nya ytorna som skapas är mer vätbara. Föroreningar på plastytorna har säkert stor påverkar på plastens ytegenskaper. Då verkliga materialströmmar ska separeras krävs sannolikt malning och kanske även någon annan metod att modifiera ytorna på plasten från WEEE-återvinningen.

Experimentellt utförande

Material och provberedning

CMC respektive lignosulfonat valdes som reagens (vätmedel/ tryckare). Kalciumklorid skulle också testas i kombination med lignosulfonat.

Akzo Nobel levererade lignosulfonat och tre varianter CMC, här kallade CMC A, CMC B och CMC C. Skillnader mellan CMC varianterna är funktionella grupper i molekylerna, framför allt tätheten av karboxylgrupper på makromolekylen.

25-säckar med plastgranulat beställdes:

- ABS (Acrylonitril Butadien Styren): Lustran Standard ABS
Densitet $1,06 \text{ g/cm}^3$
- HIPS (High Impact Polystyren): Styrolutions PS 495N
Densitet $1,03 \text{ g/cm}^3$
- GFPP (Glass Fiber Reinforced polypropylene): Tecnoprene 3K3F NAT005
Densitet $1,00 \text{ g/cm}^3$

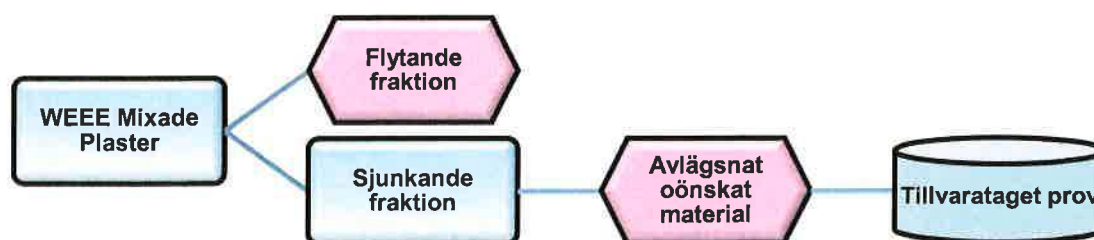
Plastkvalitéerna som valts är rekommenderade för användning elektronikprodukter.

Granulat (4x3 mm) av respektive plast skickades till LTU för mikroflotationsförsök.

Plattor (100x100x2 mm) av respektive plast formsprutades på Swerea. Till HIPS-materialet tillsattes vid formsprutningen 0,2 % masterbatch med carbon black och till GFPP 0,2 % masterbatch med ett rött pigment. Pigmenten tillsattes för att kunna sortera materialen efter flotationsförsöken. Några av plattorna skickades till LTU för kontaktvinkelmätningar, övriga plattor maldes i en knivkvarn av typen Rapid G150-42-DT med dammseparering. De malda materialen siktades därefter i storleksfraktioner, 5 - 8 mm och skickades till LTU för flotationsförsöken i bänkskala (mekanisk cell).

Ett prov med blandade plaster från återvinningsprocessen behövdes för att validera de experimentella flotationsbetingelserna som skulle kunna användas för separation av ABS och HIPS. Detta prov samlades in 2017-10-24 från plastströmmen av Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) återvinningen på Stena Nordic Recycling Centre (SNRC) i Halmstad. Denna ström har redan genomgått en gedigen materialseparationsprocess som slutligen isolerar flingor av en mixad plastfraktion med en partikelstorlek på 10-60 mm. Ungefär 25 kg av våta plastblandningen samlades in och behandlades sedan genom omrörning i vatten under 15 minuter.

Den flytande fraktionen avlägsnades med en sil och förkastades. Den tunga fraktionen tillvaratogs och torkades i en varmluftsugn. Den torkade plastfraktionen handplockades för att avlägsna spår av oönskade material som till exempel trä, gummi och glas. Resterande plastfraktion, cirka 20 kg, består till en majoritet av ABS och HIPS, andra eventuellt förekommande plaster kan vara fylld Polypropen och Styren Akrylonitril (SAN).



Figur 4. Provuttag från den industriella återvinningsprocessen.

Plastfraktionen lämnades till Swerea och materialet maldes i knivkvarnen på samma sätt som de jungfruliga materialen. Det siktades därefter i en storleksfraktioner på 6 - 8 mm. Ett par kg av materialet skickades till LTU för flotationsförsök i bänkskala (mekanisk cell).

Mikroflotation

Mikroflotationsförsök utfördes för att kunna använda små reagensmängder och för att den metoden har likheter med pneumatisk flotation.

Flotationsförsöken utfördes i Hallimondrör (100ml) med 1 g granulat (4x3 mm) av ren ABS, HIPS samt GFPP för att snabbare kunna skanna av ett större koncentrationsområde samt fler potentiella samlare.



Figur 5. Hallimondrör (100 ml) med floterande plastpartiklar, som sedan samlas upp i sidoröret.

De reagens, som testades var Lignosulfonat (LS) samt de tre variaterna av karboxymetylcellulosa; CMC A, CMC B samt CMC C. Försöken utfördes vid tre olika pH (pH 6, 8, 10) och i tre olika koncentrationer, 1×10^{-3} , 1×10^{-4} , 1×10^{-5} M för LS och 2 vikt-%, 0.2 vikt-%, 0.02 vikt-% för CMC, med och utan tillsats av kalciumklorid (CaCl_2 , 2×10^{-6} M). Försöken kördes efter en fullständig faktoriell försöksplan på två nivåer och med tre centrpunkter. Detta gjordes för varje plast- och reagenskombination. Det innebär att flotationsutbytet anpassas med en ekvation

$$\text{Recovery} = a_0 + a_1 \cdot \text{pH} + a_2 \cdot \text{Reagent} + a_3 \cdot \text{CaCl}_2 + a_{12} \cdot \text{pH} \cdot \text{Reagent} + a_{13} \cdot \text{pH} \cdot \text{CaCl}_2 + a_{23} \cdot \text{Reagent} \cdot \text{CaCl}_2 + \text{p.e.} + \epsilon$$

där p.e.= pure error (inomexperimentellt fel), och $\epsilon \in N(0, \sigma)$

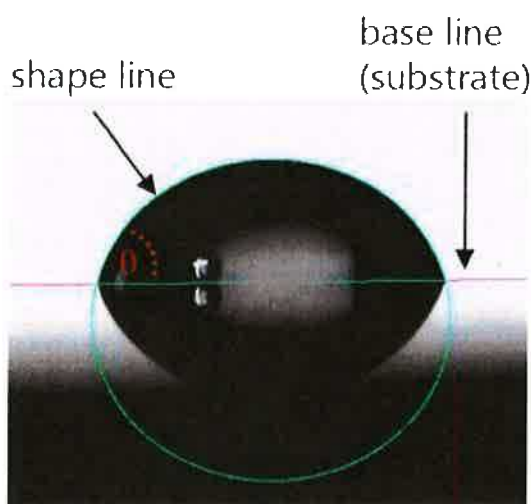
Ekvationen anpassades med multipel linjärregression (MLR) förutom i försök med mätning av kontaktvinkel på hög nivå av CMC-tillsats, där reagenslösningens höga viskositet gjorde att de försöken fick uteslutas från försöksplanen. Anpassningen gjordes då i stället med multivariat PLS-regression. Beräkningarna gjordes i mjukvaran MODDE ver 11. Sambanden är generellt mycket svaga och inga modellförfiningar gjordes.

Plasten jämviktades i 10 minuter vid det pH och koncentration som skulle användas. Därefter fördes blandningen över till flotationscellen. Luftflödet startades och hölls igång under 1 minut varefter den floterade och den icke-floterade fraktionen vägdes och ett viktsutbyte beräknades. Luftflödet var 200 ml/min.

Karakterisering ytegenskaper, kontaktvinkelmätning

Kontaktvinkelmätningar utfördes för att undersöka skillnader i ytegenskaper mellan plasterna och de olika reagensens inverkan på plasterna. För att plastpartiklar ska attrahera luftbubblor och floterar behöver de vara hydrofoba (ha hög kontaktvinkel). Plaster är generellt mer eller mindre hydrofoba. För att undvika att en plastyp floterar behöver den vätas (kontaktvinkeln vara så liten som möjligt). Avsikten är därför att göra den ena plasten hydrofil med hjälp av ett kemiskt reagens medan den andra plasttypen fortfarande är hydrofob.

Samma koncentrationer och pH användes för de mest intressanta reagenssammansättningarna utifrån mikroflotationsförsöken. Kontaktvinkelmätningar utfördes på de formsprutade plattorna av plast med en goniometer (Krüss EasyDrop (DSA25)). En droppe av lösningen släpps från en spruta ner på en större bit av ett material och kontaktvinkeln beräknas utifrån en sidobild av droppen när den ligger på materialet. Mätningarna utfördes minst 3 gånger.



Figur 6. Princip för kontaktvinkelmätning med droppe på substrat.
(<https://www.kruss-scientific.com/services/education-theory/glossary/drop-shape-analysis/>)

Mätningar av kontaktvinkel har utförts med lignosulfonat och CMC B som reagens, med respektive utan tillsats av CaCl_2 och vid olika pH (6, 8 och 10). För CMC B har det inte varit möjligt att mäta för den höga tillsatsnivån eftersom lösningen blev alltför viskös för att kunna ge reproducerbara resultat. Förutom naturligt vit HIPS gjordes det också kontaktvinkelförsök på infärgad svart HIPS. Detta för att kontrollera om färgämnet kunde ha någon inverkan på kontaktvinkeln och indirekt på tryckningen.

Flotation i bänkskala

Flotation i bänkskala utfördes med mekanisk omrörning för att testa reagenstillsens inverkan på blandningar av plaster vid mer realistiska volymskoncentrationer av plast.

Flotation i bänkskala utfördes i en 3 liters Wemco-cell vid lågt varvtal (900 rpm).



Figur 7. 3 liter Wemco-cell med mekanismen delvis lyft.

Försöken utfördes först på 50/50 blandningar av HIPS och ABS där de från mikroflotationerna funna mest intressanta reagensen och förhållandena användes. Flotationerna gjordes med fasta reagenstillsatser, 4 mM CMC B vid pH 8 och 10 samt med 10 μ M lignosulfonat vid pH 10. Försöken gjordes med 0 och 2 μ M tillsats av CaCl_2 .

Blandningarna jämviktades i 10 minuter i cellen innan det självsugande luftflödet startade och flotationen påbörjades.

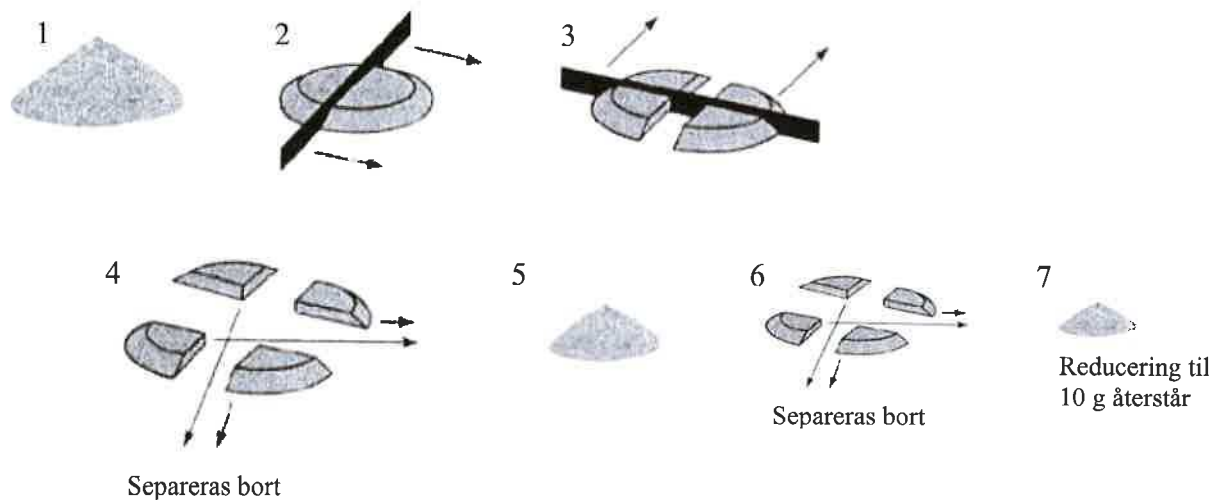
Flotationstiden var 4 minuter. Därefter kördes några flotationer med industriella materialfraktioner för att undersöka responsen i den försökspunkt som ansågs mest intressant: pH 10 och med $2,00 \cdot 10^{-6}$ M tillsats av CaCl_2 . Två försök gjordes med 4 mM respektive 0,4 mM CMC B. Preliminärt resultat indikerar en bulktryckningseffekt, som är proportionell mot reagenstillsatsen. (Resultat i bilaga 4).

Floterade resp icke floterade fraktioner torkades i värmeskåp i 80 °C till torrhet. De torkade fraktionerna vägdes in och skickades till Swerea IVF för utvärdering.

Utvärdering

Plasterna, HIPS och ABS, i den fraktion som inte floterade sorterades och vägdes på Swerea IVF. Det var möjligt då de hade olika färg. Genom massbalans beräknades andelarna HIPS och ABS i de floterade produkterna och återvinningsgraden av respektive plast beräknades. Flotationsprodukterna från försök med industriella prov analyserades med FTIR-ATR. Plastfraktionerna, floterande respektive ej floterande, reducerades först genom proceduren "kvartering" till ca 10 g material återstod att analysera.

1.



Figur 8. Procedur för att reducera storleken på provet, sk "kvartering".

Plastbitarna analyserades med FTIR-ATR (Bruker FTIR Tensor 27). Totalt analyserades 100 plastbitar per uttaget prov. Genom produktbalans beräknades procentuella fördelning av plasterna i de floterande respektive ej floterande fraktionerna.

Hållbarhetsbedömning

Hållbarhetsbedömning har utförts med det verktyg Swerea IVF tagit fram för hållbarhetsbedömningar i RE:Source-programmet. Metoden och resultat redovisas i bilaga 5.

Resultat och diskussion

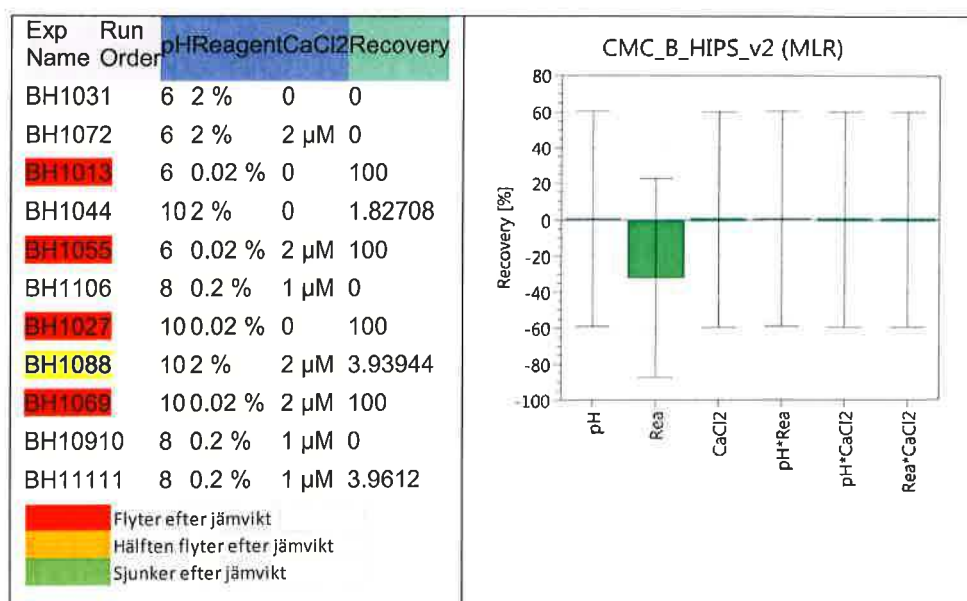
Experimentella resultat

Mikroflotation

Då flotationen styrs av både ytkemiska, hydrodynamiska och gravimetriska faktorer är det svårt att avgöra vilka faktorer som är mest styrande men sannolikt har lignosulfonat och CMC B något större inflytande på tryckningen av plasten.

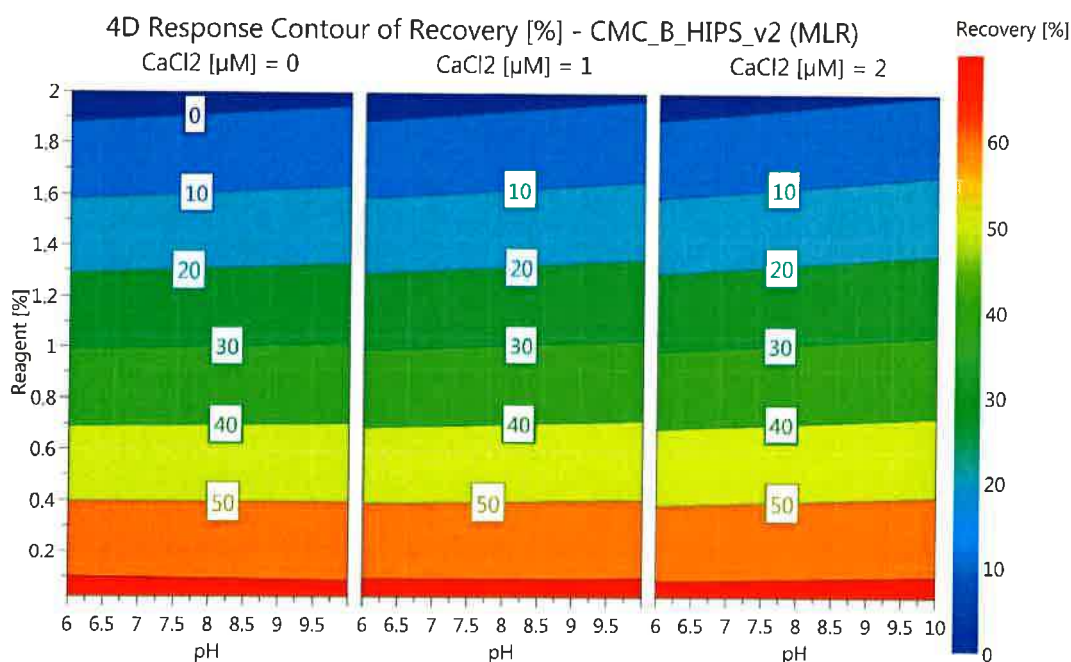
Den bästa potentiella selektiviteten verkade CMC B ha i och med att det reagenset gav en tydlig tryckning av HIPS. Det är lite märkligt då det varit ABS som trycks i andra studier vi funnit i litteraturen.

I nedanstående figurer visas som ett exempel försöksplan, koefficienter i den anpassade regressionskvationen samt en 4D konturplot över flytproduktbytet. Notera att det är önskvärt att så lite som möjligt av plasten floterar, dvs man vill uppnå maximal tryckning.



Figur 9. Mikroflotationsförsök med CMC B på HIPS.
a) Försöksplan; b) Skalade koefficienters inverkan med konfidensintervall.

I försöksplanen är en del försök färgkodade utifrån vad som observerades under jämviktningen (blandningen) med reagens. Helst skall plasterna tryckas (sjunka) redan under blandningen. Detta är en kvalitativ information som kompletterar det beräknade flotationsutbytet. Koefficientdiagrammet visar att CMC B i sig själv har negativ (tryckande) inverkan på HIPS, men att inverkan inte statistiskt säker.



Figur 10. Flotationsutbytet för HIPS med CMC B som 4D konturplot; pH och reagensmängd är axlarna i varje underdiagram och CaCl₂ varierar 0, 1 och 2 μM mellan dessa.

I ovanstående 4D-konturdiagram ges en god sammanfattning försöken med CMC B på HIPS. Mängden reagens har stort inflytande och vid hög dosering fås nästan fullständig tryckning. Inverkan av pH och CaCl₂ är försumbar.

I bilaga 1 redovisas alla kombinationer av potentiellt tryckande reagens för ABS och HIPS. De bästa tryckande reagensen bedömdes utifrån mikroflotationsförsöken vara lignosulfonat i kombination med CaCl₂ och CMC B. Inget av dessa reagens klarade dock av att trycka GFPP.

Karakterisering ytegenskaper, kontaktvinkelmätning

Enligt flera studier skulle plastens vätkbarhet öka om en lignosulfonatlösning tillsätts CaCl₂. Det skulle innebära att kontaktvinkeln minskar men vi ser ingen tydlig trend i de mätningarna som utförts, spridningen är för stor.

Generellt ses att skillnaderna mellan kontaktvinkelmätningarna under olika testförhållanden är mindre än mellan olika plaster. Mätningarna sammanfattas i tabellen nedan. Kontaktvinklarna ökar för lignosulfonat i ordningen: svart HIPS, HIPS, ABS till GFPP. För CMC B blir ordningen: HIPS, svart HIPS, ABS till GFPP. GFPP som har störst kontaktvinkel är så hydrofob att den inte alls påverkas av reagensen. Resultaten redovisas i tabellerna nedan och i bilaga 2.

Tabell 1. Kontaktvinklar (medelvärde) på plastmaterialen för mätningar med lignosulfonatlösning, med och utan tillsats av CaCl₂.

pH	Reagens (mM)	CaCl ₂ (µM)	θ (°) HIPS	Std. Av.	θ (°) HIPS _{Svart}	Std. Av.	θ (°) ABS	Std. Av.	θ (°) GFPP	Std. Av.
6	1	0	76,0	0,8	75,2	3,0	87,3	2,8	88,0	0,7
6	1	2	67,9	1,6	72,9	1,6	74,9	3,6	91,5	1,0
6	0,01	0	71,9	4,6	71,0	1,4	75,6	8,4	91,1	1,8
6	0,01	2	73,0	7,2	74,3	4,2	89,5	1,2	95,4	0,3
8	0,1	1	75,5	4,6	70,4	0,9	91,4	2,8	90,0	---
10	1	0	69,8	1,3	73,2	4,3	89,2	1,9	91,8	0,3
10	1	2	73,4	2,0	70,5	0,2	87,7	1,8	89,9	0,7
10	0,01	0	77,7	1,9	73,5	2,7	86,9	0,7	95,4	1,5
10	0,01	2	74,5	1,8	70,1	0,8	88,7	0,6	93,1	0,8

Tabell 2. Kontaktvinklar (medelvärden) på plastmaterialen för mätningar med CMC B, med och utan tillsats av CaCl₂.

pH	Reagens (%)	CaCl ₂ (µM)	θ (°) HIPS	Std. Av.	θ (°) HIPS _{Svart}	Std. Av.	θ (°) ABS	Std. Av.	θ (°) GFPP	Std. Av.
6	2	0	76,2	1,8	66,5	1,9	---	---	88,4	0,4
6	2	2	---	---	---	---	---	---	---	---
6	0,02	0	71,9	4,6	76,1	2,6	85,6	2,1	95,8	0,6
6	0,02	2	71,3	1,4	84,0	1,6	77,2	1,9	92,3	0,7
8	0,2	1	75,2	2,6	86,2	1,1	77,0	0,9	90,1	1,0
10	2	0	---	---	---	---	---	---	91,8	---
10	2	2	---	---	---	---	---	---	89,9	---
10	0,02	0	78,5	5,6	75,0	1,6	81,9	1,9	94,2	0,5
10	0,02	2	72,8	1,4	71,6	1,9	76,9	0,5	91,2	0,8

Flotation i bänkskala, Wemco-cell

HIPS/ABS blandning 50/50

Försöken med rena referensmaterial visade inte någon selektivitet mellan ABS och HIPS. Däremot finns det en bulktryckningseffekt av CMC B som förefaller kopplad till kontaktvinkeln. Lignosulfonat hade mycket liten tryckningseffekt på blandningen, men det finns en viss selektivitet i separationen, som dessutom är omvänd mot den för CMC B. Resultaten redovisas i tabell 3 och i bilaga 3.

Tabell 3. Utfall flotationsförsök med blandning av HIPS och ABS 50/50

Försök	Total mängd (g)		Floterat (g)			Floterat (%)		Ej Floterat (g)			Ej Floterat (%)	
	HIPS	ABS	Totalt	HIPS	ABS	HIPS	ABS	Totalt	HIPS	ABS	HIPS	ABS
Lignosulfonat CaCl ₂ pH 10	270	270	214,91	119,52	95,39	55,6	44,4	303,67	150,48	174,61	49,6	57,5
CMC B pH 8	270	270	75,28	37,80	37,56	50,2	49,9	466,60	232,20	232,44	49,8	49,8
CMC B pH 10	270	270	71,31	29,13	42,24	40,8	59,2	472,96	240,87	227,76	50,9	48,2
CMC B CaCl ₂ pH 8	270	270	41,22	16,44	24,68	39,9	59,9	506,62	253,56	245,32	50,0	48,4
CMC B CaCl ₂ pH 10	270	270	24,38	8,73	15,69	35,8	64,4	518,32	261,27	254,31	50,4	49,1

Industriellt prov

Det syns skillnad på materialet som floterat respektive ej floterat. Materialet som floterat innehåller olika typer av föroreningar som trä, polyuretanskum, gummibitar, etenvinylacetat (EVA) och liknade polymertyper. Skillnaden var tydligast mellan fraktionerna i försök B. Det material som floterat i försök B hade delvis klumpat ihop sig vid torkningen i ugn efter flotationsförsöket på grund av att EVA smält ut på materialet. Den plast som ej floterat ser betydligt renare ut.



Figur 11. Försök A - Floterande fraktion (tv) respektive Ej floterande fraktion (th).



Figur 12. Förorsök B - Floterande fraktion (tv) respektive Ej floterande fraktion (th).

CMC B hade tydlig bulktryckningseffekt, störst var effekten i försök B där koncentrationen CMC B var högst. I försök B var det också tydlig selektivitet i separationen. ABS hade tryckts effektivt och kunde huvudsakligen identifieras i fraktionen som ej floterat. En stor del av HIPS materialet hade floterat men en del HIPS hade tryckts och också. Den PP som identifierats återfanns i den floterade fraktionen i försök B. Föroreningar såsom polyuretanskum, gummi, träfibrer, EVA identifierades också huvudsakligen i det floterade materialet. I fraktionerna som inte floterat kunde endast ett fåtal andra plaster identifieras såsom polyamid och enstaka gummi. I försök A däremot hade plasterna inte separerats selektivt. Sannolikt var CMC B koncentrationen alltför låg. Se resultaten i tabell 4 och 5 samt i bilaga 4.

Tabell 4. Utfall flotationsförsök med verkliga prov

Försök	Reagens	Floterat	Ej Floterat	Floterat (%)
A	4E-04 MCMC B 2.00E-06 CaCl ₂ pH 10	114,3	422,3	21,3
B	4E-03 MCMC B 2.00E-06 CaCl ₂ pH 10	80,7	463,9	14,8

Tabell 5. Fördelning av plaster i floterande respektive ej floterande fraktion.

Produkt	Beräknad fördelning (vikt-%)			
	HIPS	ABS (+SAN)	GFPP (+ PP)	Övrigt
Floterande i försök A	13,4	28,3	0,0	54,9
Ej Floterande i försök A	86,6	71,7	100,0	45,1
Beräknad feed	100,0	100,0	100,0	100,0
Floterande i försök B	24,3	2,6	100,0	46,5
Ej Floterande i försök B	75,7	97,4	0,0	53,5
Beräknad feed	100,0	100,0	100,0	100,0

Det är positivt och överraskande att selektiviteten var bättre i försök med verkligt material (försök B) jämfört med försök med rena jungfruliga material, trots att plasten från återvinningen är förorenade och ytorna påverkade.

Det visar att det finns potential att med flotationsteknik separera HIPS och ABS från elektronikåtervinning. Tekniken kan också användas för att separera bort oönskade föroreningar såsom trä, gummi, skumplast osv. som annars förstör plastens kvalitet.

Hållbarhetsbedömning

Hållbarhetsbedömningen har utförts i 4 steg och redovisas i bilaga 5.

En flotationsprocess som selektivt separera HIPS och ABS skulle göra det möjligt att materialåtervinna plasten istället för att den energiåtervinns. Om metoden fungerar tekniskt är förutsättningarna goda för en industriell process som är både kostnadseffektiv och har låg miljöpåverkan. En flotationsprocess skulle kunna integreras i återvinningsprocessen efter densitetssepareringssteg i vatten. Processvatten med reagens behöver hanteras så att det inte innebär miljö- och hälsorisker. Målet är att utveckla en miljövänlig process som inte innebär hälsorisker.

Slutsatser, nyttiggörande och nästa steg

Skillnaden i kontaktvinkel mellan referensmaterialen är relativt liten. För att selektivt kunna separera HIPS och ABS krävs att en av plasterna får hydrofila ytor med hjälp av kemiskt reagens och/ eller fysikalisk ytmodifiering.

GFPP material floterade till 100 % i Hallimondröret med alla reagens på grund av starkt hydrofoba egenskaper. Försöken med HIPS och ABS gav skiftande resultat men Lignosulfonat och CMC B hade bulktryckningseffekt på båda plasttyperna. Sannolikt kan gravimetriska effekter haft inflytande då plastgranulaten som användes hade relativt hög vikt (Shen et al., 2001). Spridning i resultat kan också beror på turbulens orsakat av luftflödet.

Lignosulfonat tillsammans med CaCl_2 hade viss tryckningseffekt i Wemco-cellen och gav viss liten selektivitet i separationen av HIPS och ABS.

CMC B hade en tydligt tryckande effekt men ett problem var lösningens höga viskositet. Enligt studier som gjorts med CMC (Pongstabbodee et al., 2008) är det sannolikt att effekten varit bättre om lösningen haft ett lägre pH. ABS hade då kunnat vätas effektivare och viskositeten på lösningen hade sjunkit. Det stämmer också överens med vad Akzo, som utvecklat CMC produkterna, tror om saken.

Ett av flotationsförsöken med verkliga material från Stena gav oväntat god selektivitet. ABS trycktes effektivt medan HIPS floterade men även trycktes. Föroreningar såsom skumplast, gummi, trästickor floterade. Flotation kan också fungera för att separera föroreningar som annars förstör plastens kvalitet.

Då målet är att flotationsprocessen ska vara miljövänlig och inte innebära några risker i arbetsmiljön valdes reagens och förhållanden som är "snälla" ur ett miljö- och arbetsmiljöperspektiv.

Förstudieprojektet har gett ny kunskap och förståelse om reagens, plasternas egenskaper och andra faktorer som påverkar flotationsprocessen samt bättre förståelse hur en process för plastflotation bör designas.

Litteratur; flera artiklar och patent, tyder på att det i mindre skala med rena material är möjligt att separera HIPS och ABS med god selektivitet. Vi har också kunnat visa att det går få selektivitet med verkliga prover så det finns all anledning att arbeta vidare med att försöka utveckla en fungerande metod.

För att gå vidare behöver en försöksutrustning som har lämplig designad för plastflotation. Utrustning bör vara av kolonntyp. Inmatning av materialet behöver vara jämn och lugn samt att gasbubbelflöde behöver vara lugnt och stabilt genom kolonnen. Utrustningen behöver vara större än de som använts i förstudien för att försök ska kunna utföras med plast av realistisk storlek.

Det finns många parametrar som styr processen för selektiv flotation som behöver undersökas och optimeras för att lyckas utveckla med selektiv metod. Detta arbete behöver först göras med rena material. Nästa steg är försök med verkliga material. Den kunskap och de nya tvärvetenskapliga kontakter förstudieprojekt genererat är en viktig grund för det fortsatta arbetet.

Denna rapport med projektresultat och slutsatser kommer spridas via RE:Source programmets nätverk, via partners och referensgruppens nätverk. Projektet kommer presenteras för Swerea's nätverk för Testbädden Plaståtervinning och en artikel skrivs i Swerea IVF's medlemstidning.

Publikationslista

En artikel planeras i Swerea IVF's medlemstidning Teknik och Tillväxt under våren 2018.

Projektkommunikation

En pressrelease publicerades i juni 2017 av Swerea att projektet fått finansiering inom RE:Source-programmet.

Projektresultat har hittills kommunicerats till partners och referensgrupp.

Referenser

- Jody, B.J., Arman, B., Karvalas, D.E., Pomykala Jr., J.A., Daniels, E.J., 1997. Method for the separation of high impact polystyrene (HIPS) and acrylonitrile butadiene styrene (ABS) plastics. US Patent 5,653,867.
- Pascoe, R., 2005. The use of selective depressants for the separation of ABS and HIPS by froth flotation. Miner. Eng. 18, 233–237.
- Pongstabodee, S., Kunachitpimol, N., Damronglerd, S., 2008. Combination of threestage sink–float method and selective flotation technique for separation of mixed post-consumer plastic waste. Waste Manage. 28, 475–483.

- Wang, C.-q., Wang, H., Fu, J.-g., Liu Q., 2015. Flotation separation of waste plastics for recycling - A review. Waste Management 41, 28–38.
- Shen, H., Forssberg E., Pugh R.J., 2001. Selective flotation separation of plastics by particle control. Resources, Conservation and Recycling. 33, 37-50.
- Shen, H., Forssberg E., Pugh R.J., 2002. Selective flotation of plastics by chemical conditioning with metyl cellulose. Resources, Conservation and Recycling. 35, 229-241.
- Wang, C.-q., Wang, H., Wu B.-x., Liu Q., 2014. Boiling treatment of ABS and PS plastics for flotation separation. Waste Management 34, 1206-1210.
- Wang H., Chen X.-l., Yang B., Chao G., Li Z., 2012. Application of dissolved air flotation on separation of waste plastics ABS and PS. Waste Management 32, 1297-1305.
- Wang H., Wang C.-q., Fu J.-g., Gu G.-h., 2014. Flotability and flotation of polymer materials modulated by wetting agents. Waste Management 34, 309-315.
- Wang C.-q., Wang H., Liu Q., Fu J.-g., Liu Y.-n., 2014. Separation of polycarbonate and acrylonitrile-butadiene-styrene waste plastics by froth flotation combined with ammonia pretreatment. Waste Management 34, 2656-2661.
- Mallampati et al., 2017. Selective sequential separation of ABS/HIPS and PVC from automobile and electronic waste shredder residue by hybrid nano-Fe/Ca/CaO assisted ozonisation process. Waste Management 60:428-438.

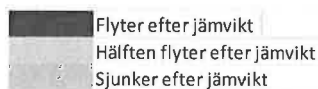
Bilagor

- Bilaga 1. Resultat Mikroflotationsförsök
- Bilaga 2a. Resultat Kontaktvinkelmätningar
- Bilaga 2b. Rådata kontaktvinkelmätningar
- Bilaga 3. Resultat Flotationsförsök i mekanisk cell, HIPS/ABS
- Bilaga 4. Resultat flotationsförsök prover från Stena
- Bilaga 5. Hållbarhetsanalys

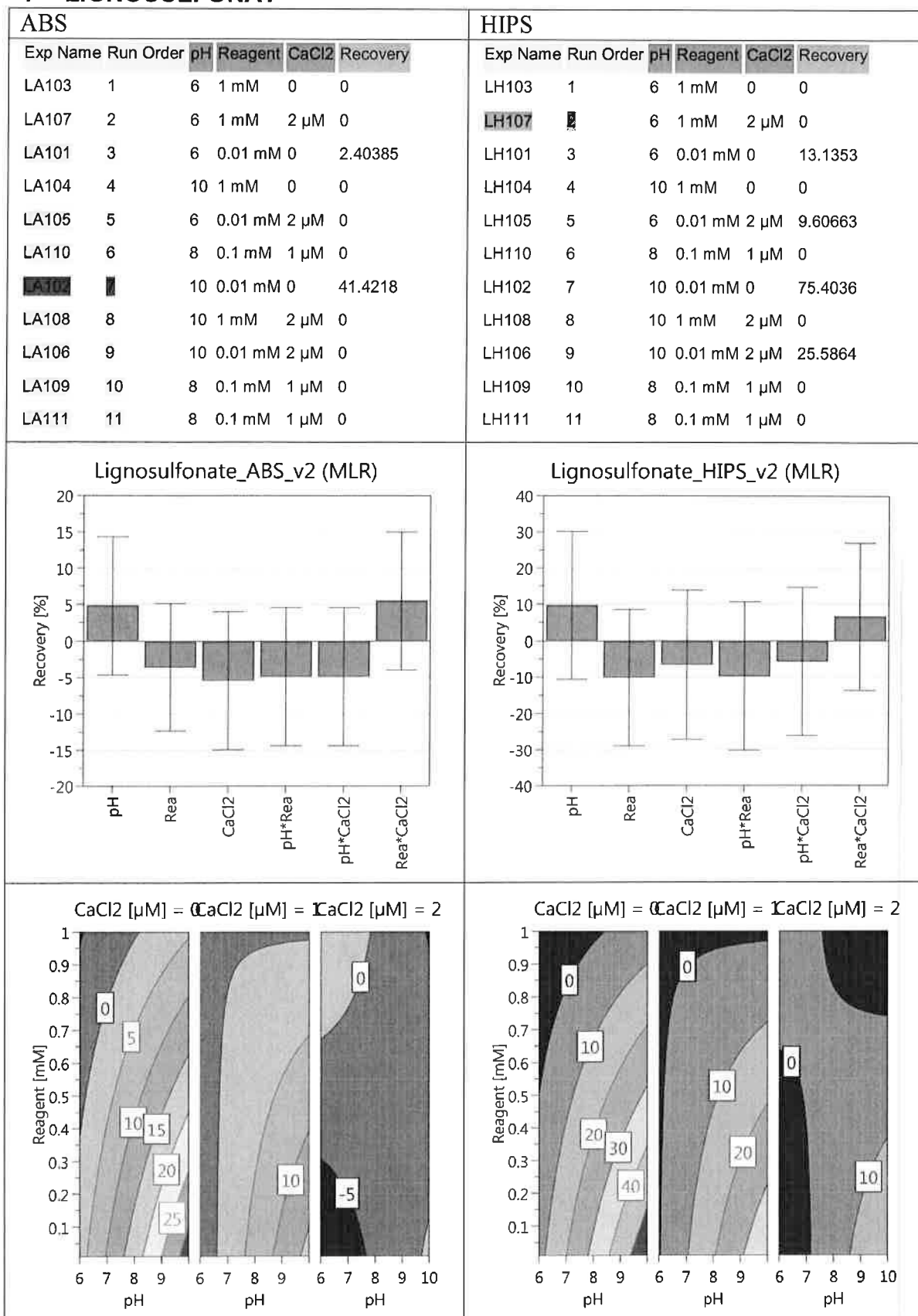
Bilaga som skickas separat:

- Bilaga 6. Administrativ bilaga

MIKROFLOTATION RENA PLASTER



1 LIGNOSULFONAT



Karlkvist, Pålsson

Bilaga 1

2 CMC – A

ABS						HIPS					
Exp Name	Run Order	pH	Reagent	CaCl ₂	Recovery	Exp Name	Run Order	pH	Reagent	CaCl ₂	Recovery
AA103	1	6	2 %	0	89.3127	AH103	1	6	2 %	0	100
AA107	2	6	2 %	2 µM	94.3797	AH107	2	6	2 %	2 µM	100
AA101	3	6	0.02 %	0	100	AH101	3	6	0.02 %	0	100
AA104	4	10	2 %	0	86.342	AH104	4	10	2 %	0	100
AA105	5	6	0.02 %	2 µM	100	AH105	5	6	0.02 %	2 µM	100
AA110	6	8	0.2 %	1 µM	100	AH110	6	8	0.2 %	1 µM	100
AA102	7	10	0.02 %	0	100	AH102	7	10	0.02 %	0	100
AA108	8	10	2 %	2 µM	95.361	AH108	8	10	2 %	2 µM	100
AA106	9	10	0.02 %	2 µM	100	AH106	9	10	0.02 %	2 µM	100
AA109	10	8	0.2 %	1 µM	100	AH109	10	8	0.2 %	1 µM	100
AA111	11	8	0.2 %	1 µM	100	AH111	11	8	0.2 %	1 µM	100

CMC_A_ABS_v2 (MLR)

Factor	Recovery [%]
pH	-0.2
Rea	-4.5
CaCl ₂	1.8
pH*Rea	-0.2
pH*CaCl ₂	0.5
Rea*CaCl ₂	1.8

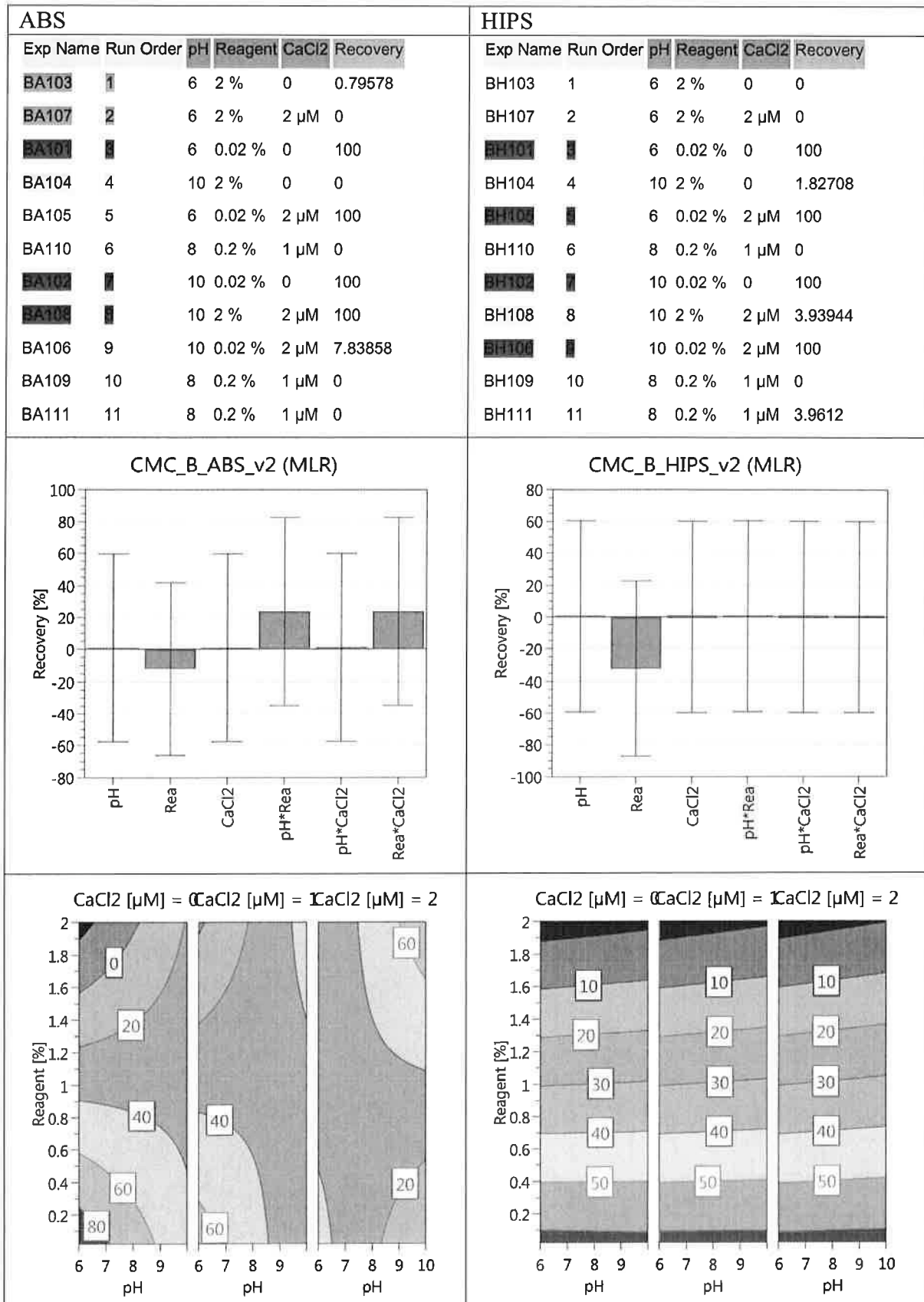
Modell kan inte anpassas

CaCl₂ [µM] = 0.5 CaCl₂ [µM] = 1 CaCl₂ [µM] = 2

pH	CaCl ₂ = 0.5	CaCl ₂ = 1	CaCl ₂ = 2
6	0.2	0.2	0.2
7	0.4	0.4	0.4
8	0.6	0.6	0.6
9	0.8	0.8	0.8
10	1.0	1.0	1.0

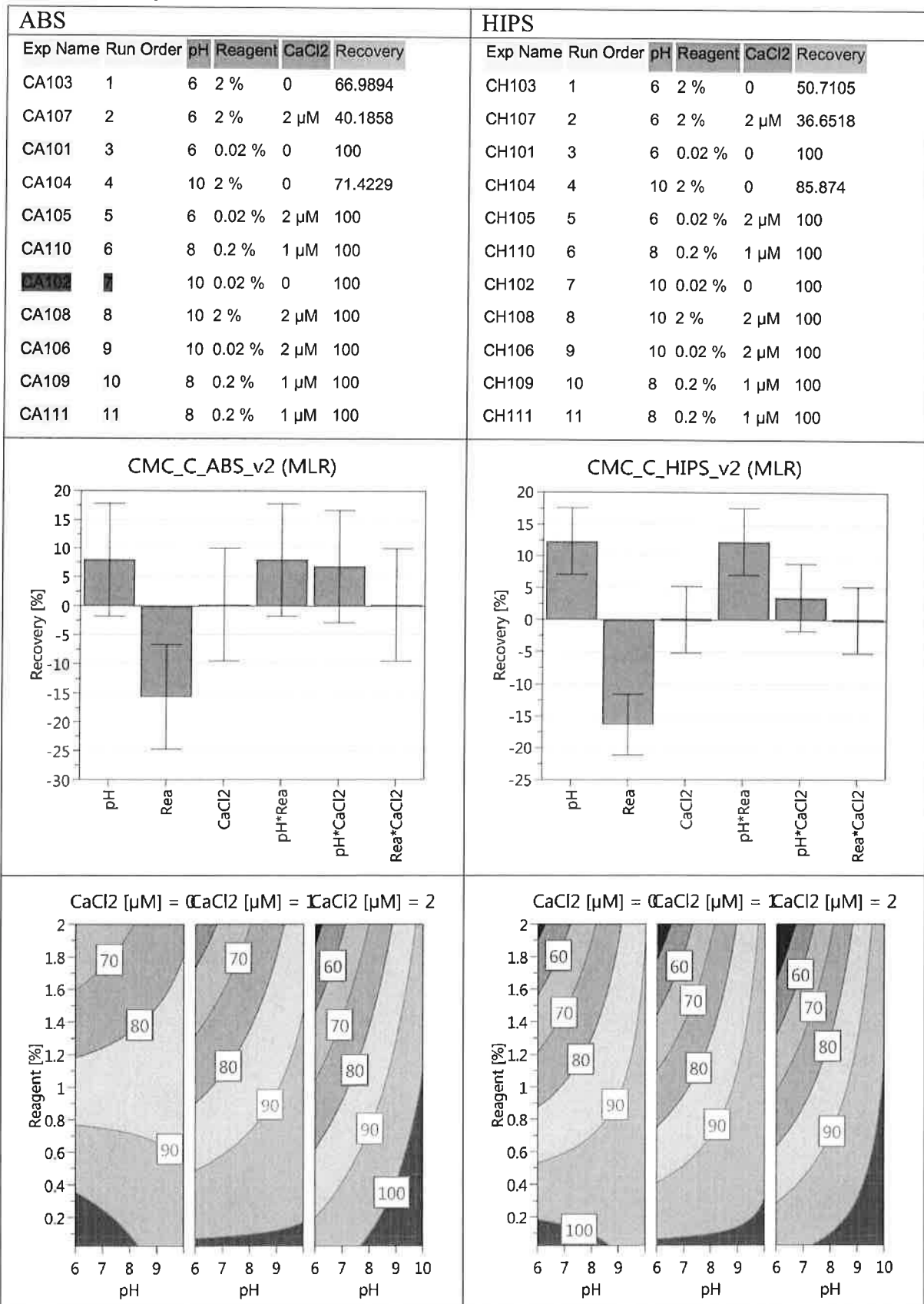
Karlkvist, Pålsson

Bilaga 1

3 CMC – B

Karlkvist, Pålsson

Bilaga 1

4 CMC – C

Karlkvist, Pålsson

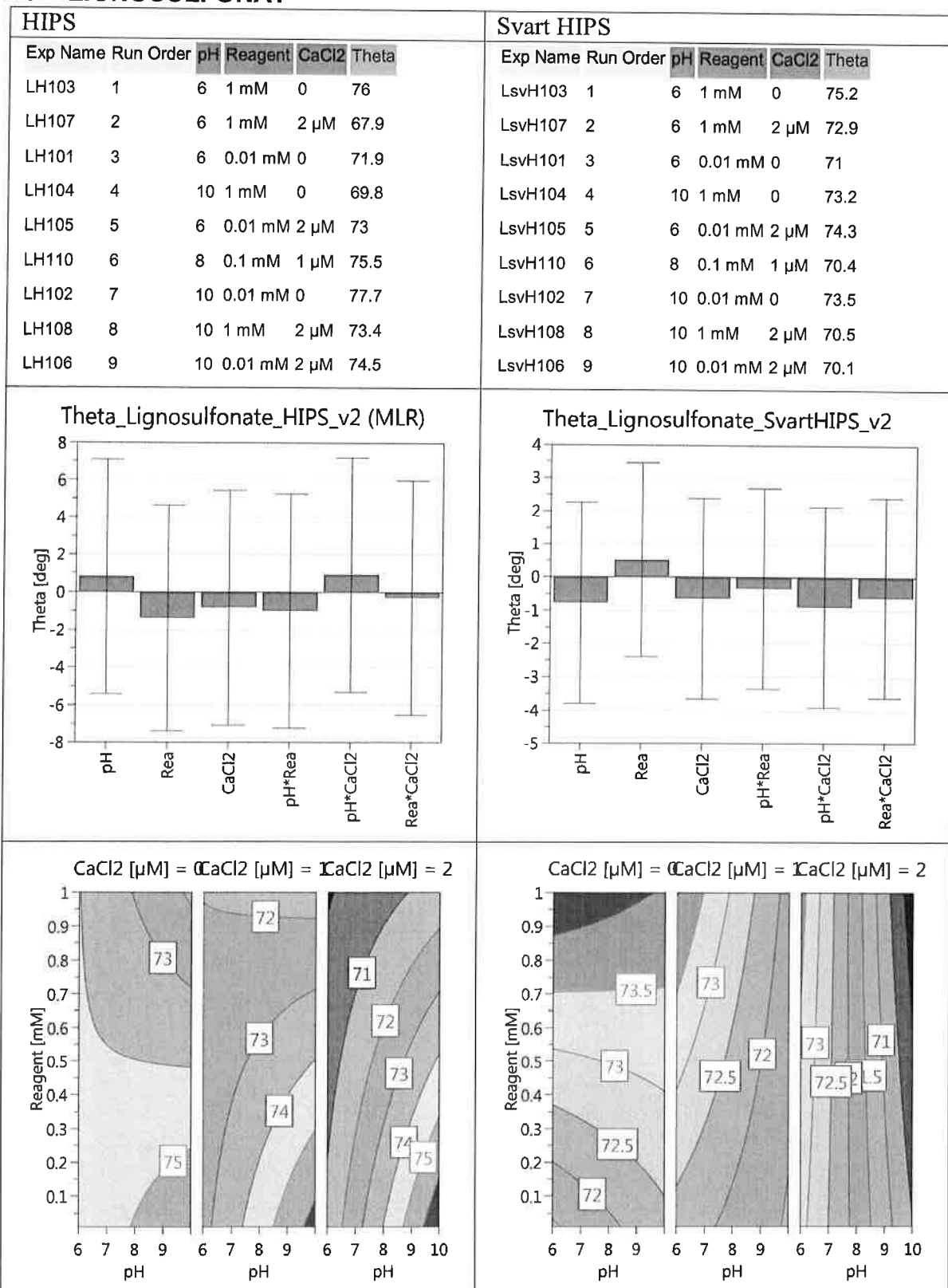
Bilaga 1

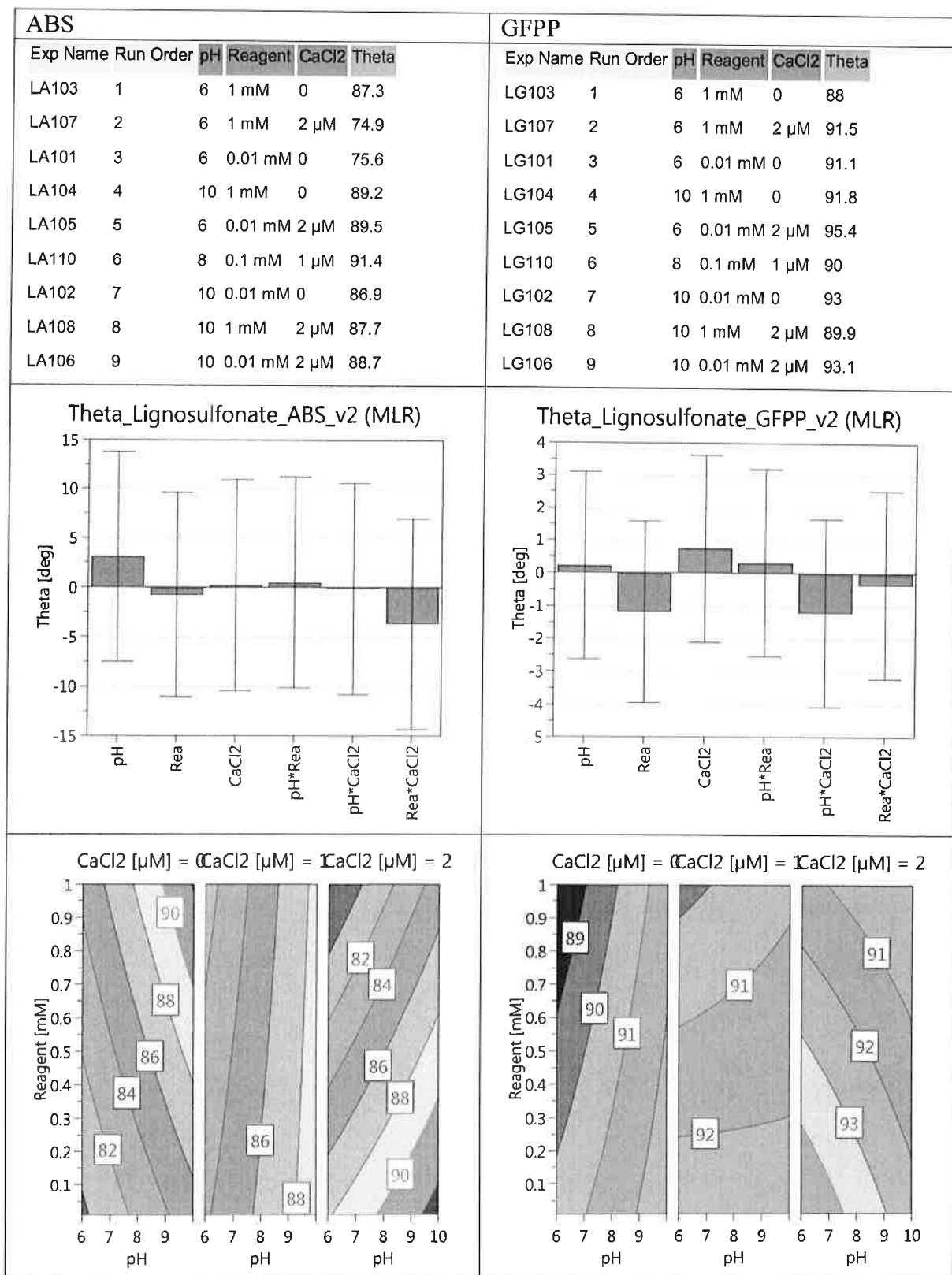
5 GFPP

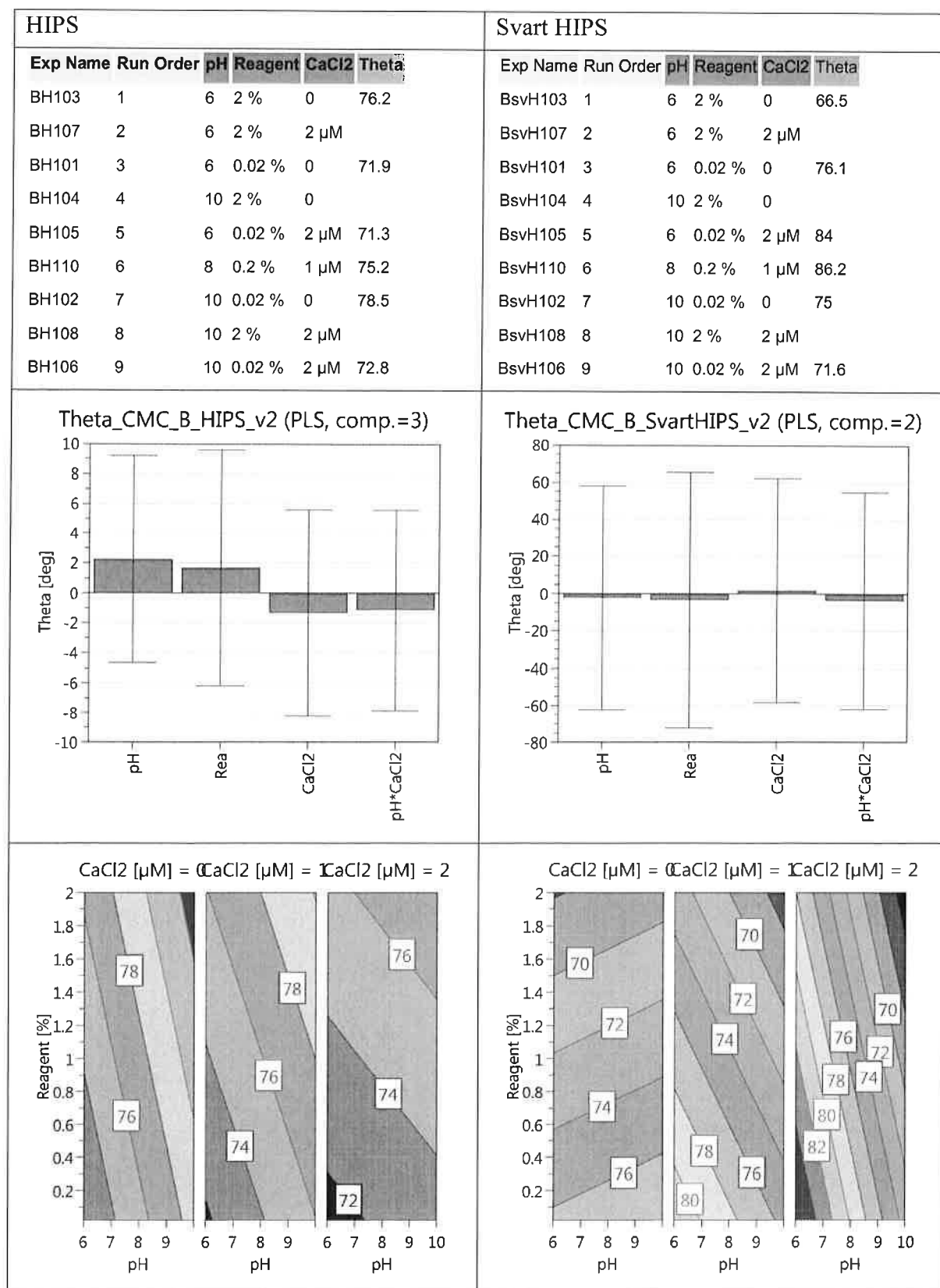
Lignosulfonat							CMC B						
Run Order	pH	Reag.	CaCl ₂	Flot.	Ej flot.	% Flot	Run Order	pH	Reag	CaCl ₂	Flot	Ej flot	% Flot
1	6	1 mM	0	1	0	100	1	6	1 mM	0	1	0	100
2	6	1 mM	2 µM	1	0	100	2	6	1 mM	2 µM	1	0	100
3	6	0.01 mM	0	1	0	100	3	6	0.01 mM	0	1	0	100
4	10	1 mM	0	1	0	100	4	10	1 mM	0	1	0	100
5	6	0.01 mM	2 µM	1	0	100	5	6	0.01 mM	2 µM	1	0	100
6	8	0.1 mM	1 µM	1	0	100	6	8	0.1 mM	1 µM	1	0	100
7	10	0.01 mM	0	1	0	100	7	10	0.01 mM	0	1	0	100
8	10	1 mM	2 µM	1	0	100	8	10	1 mM	2 µM	1	0	100
9	10	0.01 mM	2 µM	1	0	100	9	10	0.01 mM	2 µM	1	0	100
10	8	0.1 mM	1 µM	1	0	100	10	8	0.1 mM	1 µM	1	0	100
11	8	0.1 mM	1 µM	1	0	100	11	8	0.1 mM	1 µM	1	0	100

RENA PLASTER

1 LIGNOSULFONAT





2 CMC – B

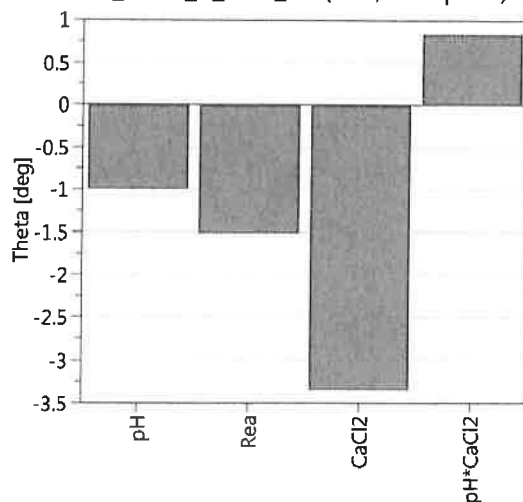
ABS

Exp Name	Run Order	pH	Reagent	CaCl ₂	Theta
BA103	1	6	2 %	0	
BA107	2	6	2 %	2 µM	
BA101	3	6	0.02 %	0	85.6
BA104	4	10	2 %	0	
BA105	5	6	0.02 %	2 µM	77.2
BA110	6	8	0.2 %	1 µM	77
BA102	7	10	0.02 %	0	81.9
BA108	8	10	2 %	2 µM	
BA106	9	10	0.02 %	2 µM	76.9

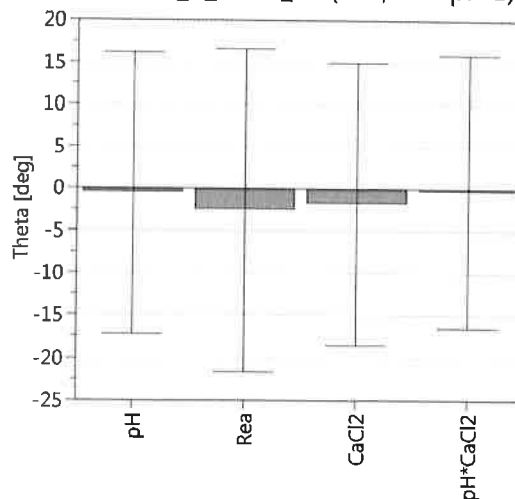
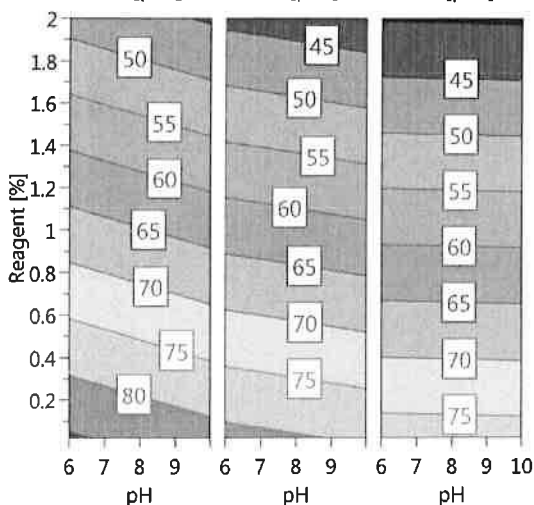
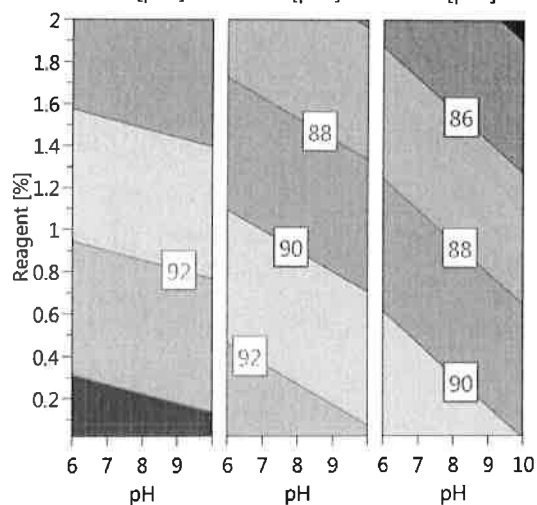
GFPP

Exp Name	Run Order	pH	Reagent	CaCl ₂	Theta
BG103	1	6	2 %	0	88.4
BG107	2	6	2 %	2 µM	
BG101	3	6	0.02 %	0	95.8
BG104	4	10	2 %	0	
BG105	5	6	0.02 %	2 µM	92.3
BG110	6	8	0.2 %	1 µM	90.1
BG102	7	10	0.02 %	0	94.2
BG108	8	10	2 %	2 µM	
BG106	9	10	0.02 %	2 µM	91.2

Theta_CMC_B_ABS_v2 (PLS, comp.=1)



Theta_CMC_B_GFPP_v2 (PLS, comp.=2)

CaCl₂ [µM] = 0 CaCl₂ [µM] = 1 CaCl₂ [µM] = 2CaCl₂ [µM] = 0 CaCl₂ [µM] = 1 CaCl₂ [µM] = 2

FLOTATION I WEMCO-CELL HIPS/ABS BLANDNINGAR

Div. of Mineral Processing								Test No. 1 C	
								Date	
Material: HIPS:ABS 50:50		Treatment:		4 mM CMC B, no CaCl ₂				Signature	
				pH 8					
Product		Weight		Assays		Contents (g)		Distributions (%)	
Notation	Name	(g)	(%)	%HIPS	%ABS	HIPS	ABS	HIPS	ABS
1		75.3	13.9	50.21	49.89	37.798	37.557	14.0	13.9
mp 1		466.6	86.1	49.76	49.82	232.180	232.460	86.0	86.1
Calc.Feed		541.9	100.0	49.82	49.83	269.978	270.017	100.0	100.0
								D.I.	
								0.1	

Div. of Mineral Processing								Test No. 2 C	
								Date	
Material: HIPS:ABS 50:50		Treatment:		4 mM CMC B, no CaCl ₂				Signature	
				pH 10					
Product		Weight		Assays		Contents (g)		Distributions (%)	
Notation	Name	(g)	(%)	%HIPS	%ABS	HIPS	ABS	HIPS	ABS
1		71.3	13.1	40.85	59.23	29.130	42.237	10.8	15.6
mp 1		473.0	86.9	50.93	48.16	240.879	227.778	89.2	84.4
Calc.Feed		544.3	100.0	49.61	49.61	270.009	270.014	100.0	100.0
								D.I.	
								-4.9	

Div. of Mineral Processing								Test No. 3 C	
								Date	
Material: HIPS:ABS 50:50		Treatment:		4 mM CMC B, 2 µM CaCl ₂				Signature	
				pH 8					
Product		Weight		Assays		Contents (g)		Distributions (%)	
Notation	Name	(g)	(%)	%HIPS	%ABS	HIPS	ABS	HIPS	ABS
1		41.2	7.5	39.88	59.87	16.439	24.678	6.1	9.1
mp 1		506.6	92.5	50.05	48.42	253.563	245.305	93.9	90.9
Calc.Feed		547.8	100.0	49.28	49.28	270.002	269.984	100.0	100.0
								D.I.	
								-3.1	

Div. of Mineral Processing								Test No. 4 C	
								Date	
Material: HIPS:ABS 50:50		Treatment:		4 mM CMC B, 2 µM CaCl ₂				Signature	
				pH 10					
Product		Weight		Assays		Contents (g)		Distributions (%)	
Notation	Name	(g)	(%)	%HIPS	%ABS	HIPS	ABS	HIPS	ABS
1		24.4	4.5	35.81	64.36	8.730	15.691	3.2	5.8
mp 1		518.3	95.5	50.41	49.06	261.285	254.288	96.8	94.2
Calc.Feed		542.7	100.0	49.75	49.75	270.016	269.979	100.0	100.0
								D.I.	
								-2.6	

Div. of Mineral Processing								Test No. 4 L	
Material: HIPS:ABS 50:50		Treatment:		10 µM Lignosulfonat, 2 µM CaCl ₂ pH 10				Date	
								Signature	
Product		Weight		Assays		Contents (g)		Distributions (%)	
Notation	Name	(g)	(%)	%HIPS	%ABS	HIPS	ABS	HIPS	ABS
1		214.9	41.4	55.61	44.39	119.511	95.399	44.3	35.3
mp 1		303.7	58.6	49.55	57.50	150.468	174.610	55.7	64.7
Calc.Feed		518.6	100.0	52.06	52.07	269.980	270.009	100.0	100.0
								D.I.	8.9

FLOTATION I WEMCO-CELL VERKLIGA MATERIAL

Luleå Univ. of Technology Div. of Mineral Processing		Products Balance										Account				
Material: Stena		Treatment:		0,4 mM CMC B, 2 µM CaCl ₂ pH 10						Test No. Stena A						
										Date						
										Signature						
Product		Weight		Assays				Contents (g)				Distributions (%)				
Notation	Name	(g)	(%)	%HIPS	%ABS	%PP	%Ann	HIPS	ABS	PP	Annat	HIPS	ABS	PP	Annat	
1	Floterat	114,3	21,3	24,00	67,00	0,00	9,00	27,425	76,561	0,000	10,284	13,4	28,3	0,0	54,9	
mp 1	Ej floterat	422,3	78,7	42,00	46,00	10,00	2,00	177,358	194,249	42,228	8,446	86,6	71,7	100,0	45,1	
Calc. Feed		536,6	100,0	38,17	50,47	7,87	3,49	204,782	270,810	42,228	18,730	100,0	100,0	100,0	100,0	
													D.I.	-14,9		

Luleå Univ. of Technology Div. of Mineral Processing		Products Balance								Account							
Material: Stena		Treatment:		4 mM CMC B, 2 µM CaCl ₂ pH 10						Test No.		Stena B					
										Date							
										Signature							
Product		Weight		Assays				Contents (g)				Distributions (%)					
Notation	Name	(g)	(%)	%HIPS	%ABS	%PP	%Ann	HIPS	ABS	PP	Annat	HIPS	ABS	PP	Annat		
1	Floterat	80,7	14,8	61,00	10,00	14,00	15,00	49,227	8,070	11,298	12,105	24,3	2,6	100,0	46,5		
mp 1	Ej floterat	463,9	85,2	33,00	64,00	0,00	3,00	153,087	296,896	0,000	13,917	75,7	97,4	0,0	53,5		
Calc.Feed		544,6	100,0	37,15	56,00	2,07	4,78	202,314	304,966	11,298	26,022	100,0	100,0	100,0	100,0		
													D.I.	21,7			

Verktyg för hållbarhetsstöd inom Swerea IVF Version december 2017

Detta verktyg är baserat på arbetsmetoder som har tagits fram inom bland annat Swereas interna bedömning av forskningsprojekt, LIGHTer-programmet, SIP Metalliska material, ViktoriaInstitutets metod för effektutvärdering av projekt samt inom projektet för hållbarhetsdeklarationer inom RISE.

Arbetsmetoden går ut på att:

Flik A. Först identifieras ett **jämförelseobjekt**. Hållbarhetspåverkan av produkter eller processer, enligt projektets metod eller teknik, skall jämföras med hållbarhetspåverkan av funktionellt likvärdiga produkter/processer som använder dagens vedertagna **teknik eller metod**. Syftet är att utvärdera vad som kan komma att förändra sig om projektet blir lyckat och dess resultat omsätts i praktiken. Antag att projektet genomförs och når sina mål. Vad skulle fortsatta aktiviteter kunna innebära i industri, samhälle och forskning?

Flik B. Nästa steg är att **identifiera projektets signifikanta hållbarhetsaspekter** i relation till jämförelseobjektet i ett livscykelperspektiv, d.v.s. Framtagning av råmaterial, Tillverkning, Användning, samt Återvinning och resthantering. Detta görs med hjälp av en checklista. Notera att det för aspekterna finns en förklaring om man för muspekaren över den aktuella rutan.

Flik C. Här beskrivs **hantering i projektet** av de signifikanta hållbarhetsaspekterna, både positiva och negativa aspekter och risker.

Flik D. Här görs en bedömning av de signifikanta hållbarhetsaspekternas inverkan på **FNs hållbarhetsmål** med syfte att på sikt kunna hållbarhetsdeklarerera projektet.

Hållbarhetsstödet bör om möjligt **utföras av två personer** tillsammans; idealt en expert på tekniken och en expert på hållbarhet. Checklistan har arbetats fram med stöd av den internationella standarden för socialt ansvarstagande ISO 26000:2010, Sveriges miljömål, FNs mål för hållbar utveckling från 2015 samt Global Reporting Initiative, GRI. Under fliken **Resurser** finns kompletterande information om hållbarhetsaspekter samt referenser.

Kontaktperson:

Verktyg och metod är fortfarande under utveckling och synpunkter om användning skickas till anna-karin.jonbrink@swerea.se eller mats.zackrisson@swerea.se

Projektets namn	Flotationsseparationsprocess för plast i avfallsströmmar
Projektets effekt	Förbättrad separation av plasterna HIPS, GFPP och ABS ur WEEE-fraktion vilket bland annat ger ökade möjligheter att återvinna plasterna och undvika downcycling
Jämförelseobjekt	Jämförs med nuläget där man inte kan separera ur dessa plaster. Plasterna energiutvinns eller återvinns i lågkvalitetsprodukter idag.
Datum för hållbarhetsstöd	2018-01-11
Projektagare eller projektledare	Annika Boss
Hållbarhets/ metodsakskunnig	Mats Zackrisson
Information till forskningsstödsdatabasen:	
Projektnummer: 26687	
Hållbarhetsstöd utfört med denna checklistas flikar A, B och C: Ja/nej Ja	
Även mappning mot FNs hållbarhetsmål SDG utfört med denna checklistas flik D: Ja/nej Ja	

Projektets namn	Flotationseparationsprocess för plast i avfallsströmmar	
Projektets effekt	Förbättrad separation av plasterna HIPS, GFPP och ABS ur WEEE-fraktion vilket bland annat ger ökade möjligheter att återvinna plasterna och undvika downcycling	
Jämförelseobjekt	Jämförs med nuläget där man inte kan separera ur dessa plaster. Plasterna energiutvinns eller återvinns i lågkvalitetsprodukter idag.	

Aspekt	Påverkan i livscykel		
	Råmaterial	Tillverkning	Användning
Miljömässig hållbarhet			
Utsläpp till luft, klimatgaser inkl transporter			Ger ökade möjligheter till lokal materialåtervinning vilket bla minskar transporter (och användning av grönare el)
Utsläpp skadliga ämnen till luft, vatten, mark			Mer koncentrerad restfraktion som inte går att materialåtervinna
Uppkomst av farligt avfall			
Materialanvändning	Minskat behov av jungfrulig framställning av plasterna		Kemikalier i vattnet, CMC, och eventuellt andra reagens eller skumbildare kan behövas. Enkel filtrering av avloppsvattnet krävs. PH kan behöva justeras.
Energianvändning			Kvarn innan flotprocessen och uppvärmning ger lite mer energigång
Vattenanvändning			Vattenanvändningen ökar något, men systemet använder recirkulation.
Optimerad livslängd			
Förändrade eller återskapade ekosystem			
Buller, vibrationer, smitta, strålning, mm			Kvarn kan bullra, kan dock återgårdas med inkapsling
Sammanfattning för miljömässig hållbarhet	Minskat behov av jungfrulig framställning av plasterna	NA	Ger ökade möjligheter till lokal materialåtervinning vilket bla minskar transporter (och användning av grönare el)

Arbetsmiljö och hälsa	Råmaterial	Tillverkning	Användning	Återvinning och resthantering
Kemiska hälsorisker			Om PH-sänkning krävs kan det medföra arbetsmiljörisk	
Olycksfall				
Ergonomi, buller, vibrationer			Buller se ovan	
Psykiska och sociala faktorer				
Sammanfattning för Arbetsmiljö och hälsa	Ingen skillnad	Ingen skillnad	Om PH-sänkning krävs kan det medföra arbetsmiljörisk och visst buller från kvarn	Ingen skillnad
Mänskliga rättigheter	Råmaterial	Tillverkning	Användning	Återvinning och resthantering
Korruption, markstöld, våld eller krig i värdekedjan				
Förbud mot fackföreningar i värdekedjan				
Barnarbete eller tvångsarbete i värdekedjan				
Sammanfattning för Mänskliga rättigheter	Ingen skillnad	Ingen skillnad	Ingen skillnad	Lokal återvinning och kontroll på återvinningskedjan minskar risk för brott mot mänskliga rättigheter
Jämställdhet och mångfald	Råmaterial	Tillverkning	Användning	Återvinning och resthantering
Särbehandling av män och kvinnor				
Övrig diskriminering				
Sammanfattning för Jämställdhet och mångfald	Ingen skillnad	Ingen skillnad	Ingen skillnad	Ingen skillnad
Konkurrenskraft, arbetstillfällen och innovation	Råmaterial	Tillverkning	Användning	Återvinning och resthantering
Påverkan på konkurrenskraft för företag	Plasttillverkaren får billigare råmaterial jfr med nyråvara. Ökad tillgång på sekundär plastråvara av hög kvalitet.			Återvinnaren kan få mer betalt för återvunnen plast plus större del av Weee-återvinningen. Kemikalieleverantören kan få sälja mer know-how och kemiska produkter.
Påverkan på arbetstillfällen				
Påverkan på innovationssystemet				Alla resultat är offentliga så alla aktörer kan använda dem och potentiellt få liknande fördelar som projektpartners
Sammanfattning för Konkurrenskraft, arbetstillfällen och innovation	Ökad tillgång på sekundär plastråvara av hög kvalitet till lägre pris gynnsamt för många av marknadens aktörer.	Ingen skillnad	Ingen skillnad	Gör WEEE-plaståtervinningen lönsammare. Know-how kan exporteras.

Projektets namn	Flotationsseparationsprocess för plast i avfallsströmmar			
Projektets effekt	Förbättrad separation av plasterna HIPS, GPPP och ABS ur WEEE-fraktion vilket bland annat ger ökade möjligheter att återvinna plasterna och undvika downcycling			
Jämförelseobjekt	Jämförs med nuläget där man inte kan separera ur dessa plaster. Plasterna energiutvinns eller återvinns i lågkvalitetsprodukter idag.			
	Råmaterial	Tillverkning	Användning	Återvinning och resthantering
Miljömässig hållbarhet	Minskat behov av jungfrulig framställning av plasterna	NA	Flotationsprocessen har en viss miljöpåverkan (kemikalier, bullrig kvarn, uppvärmning, vattenanvändning, koncentrerad restfraktion) som måste beaktas vid utvecklingen	Ger ökade möjligheter till lokal materialåtervinning vilket bla minskar transporter (och användning av grönare el)
Arbetsmiljö och hälsa	Ingen skillnad	Ingen skillnad	Om PH-sänkning krävs kan det medföra arbetsmiljörisk och visst buller från kvarn	Ingen skillnad
Mänskliga rättigheter	Ingen skillnad	Ingen skillnad	Ingen skillnad	Lokal återvinning och kontroll på återvinningskedjan minskar risk för brott mot mänskliga rättigheter
Jämnställdhet och mångfald	Ingen skillnad	Ingen skillnad	Ingen skillnad	Ingen skillnad
Konkurrenskraft, arbetstillfällen och innovation	Ökad tillgång på sekundär plastråvara av hög kvalitet till lägre pris gynnsamt för många av marknadens aktörer.	Ingen skillnad	Ingen skillnad	Gör WEEE-plaståtervinningen lönsammare. Know-how kan exporteras.

	Hållbarhetsaspekt	Beskrivning av hur projektet ska hantera hållbarhetsaspekten
Positiva hållbarhetsaspekter	Minskat behov av jungfrulig framställning av plasterna	Projektets stora drivkraft
	Ökad tillgång på sekundär plastråvara av hög kvalitet till lägre pris gynnsamt för många av marknadens aktörer.	Stor drivkraft för projektet
	Ger ökade möjligheter till lokal materialåtervinning vilket bla minskar transporter (och användning av grönare el)	Stor drivkraft för projektet
	Lokal återvinning och kontroll på återvinningskedjan minskar risk för brott mot mänskliga rättigheter	Stor drivkraft för projektet
	Gör WEEE-plaståtervinningen lönsammare. Know-how kan exporteras.	Stor drivkraft för projektet
Negativa hållbarhetsaspekter	Flotationsprocessen har en viss miljöpåverkan (kemikalier, bullrig kvarn, uppvärmning, vattenanvändning, koncentrerad restfraktion) som måste beaktas vid utvecklingen	Projektet kommer att arbeta för en miljövänlig process
	Om PH-sänkning krävs kan det medföra arbetsmiljörisk och visst buller från kvarn	Projektet kommer att arbeta för en säker och bra arbetsmiljö

Beskriv de signifikanta aspekterna eventuella påverkan på FN:s hållbarhetsmål genom att byta ut *Inte relevant* mot *Positiv påverkan* eller *Negativ påverkan* där det är befogat! Använd rullisten!

Under Mer information beskrivs där mål under respektive hållbarhetsmål och det finns även texter i bilderna till att du mer information till respektive mål.

Hållbarhetsmål Signifikant aspekt	1 MÅL 1 BROTT INTEKON FÖREBYGG	2 RENS AVFALL RECYCLING	3 HÄLSA OCH VEGFÄRD FÖREBYGG	4 KVALITET I ARBETET FÖREBYGG	5 KÖN JÄMN FÖREBYGG	6 RENS AVFALL RECYCLING	7 RENS AVFALL RECYCLING	8 RENS AVFALL RECYCLING	9 RENS AVFALL RECYCLING	10 RENS AVFALL RECYCLING	11 RENS AVFALL RECYCLING	12 RENS AVFALL RECYCLING	13 RENS AVFALL RECYCLING	14 RENS AVFALL RECYCLING	15 RENS AVFALL RECYCLING	16 RENS AVFALL RECYCLING	17 RENS AVFALL RECYCLING
Minskad behov av tungflygig fraktsättning av plastavfall	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan	Positiv påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan
Ökad tillgång på sekundär plastavfall av hög kvalitet till lägre pris gynnsamt för många av marknadens aktörer.	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan	Positiv påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan
Ger ökade möjligheter till lokal materialåtervinning vilket blir minskar transporter (och användning av glödnare el)	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan	Positiv påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan
Lokal återvinning och kontroll på återvinningsskedan minskar risk för brott mot nationella åtgärder	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan	Positiv påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant
Ger WEEE-plaståtervinningen önsamare know-how kan exporteras.	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan	Positiv påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Positiv påverkan
Plastationsprocessen har en viss miljöbelastning (kemikalier, bulling kvar, uppvärmning, väteanvändning, koncentrerad extraktion) som måste beaktas vid utvecklingen	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant
Om PH-säkring krävs kan det medföra arbetsmiljö- och väst buller från kvarn	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Risk för negativ påverkan	Risk för negativ påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant
Om PH-säkring krävs kan det medföra arbetsmiljö- och väst buller från kvarn	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Risk för negativ påverkan	Risk för negativ påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant
Om PH-säkring krävs kan det medföra arbetsmiljö- och väst buller från kvarn	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Risk för negativ påverkan	Risk för negativ påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant
Om PH-säkring krävs kan det medföra arbetsmiljö- och väst buller från kvarn	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Risk för negativ påverkan	Risk för negativ påverkan	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant	Inte relevant

Bedömningar

Inte relevant

Positiv påverkan

Negativ påverkan

Risk för negativ påverkan