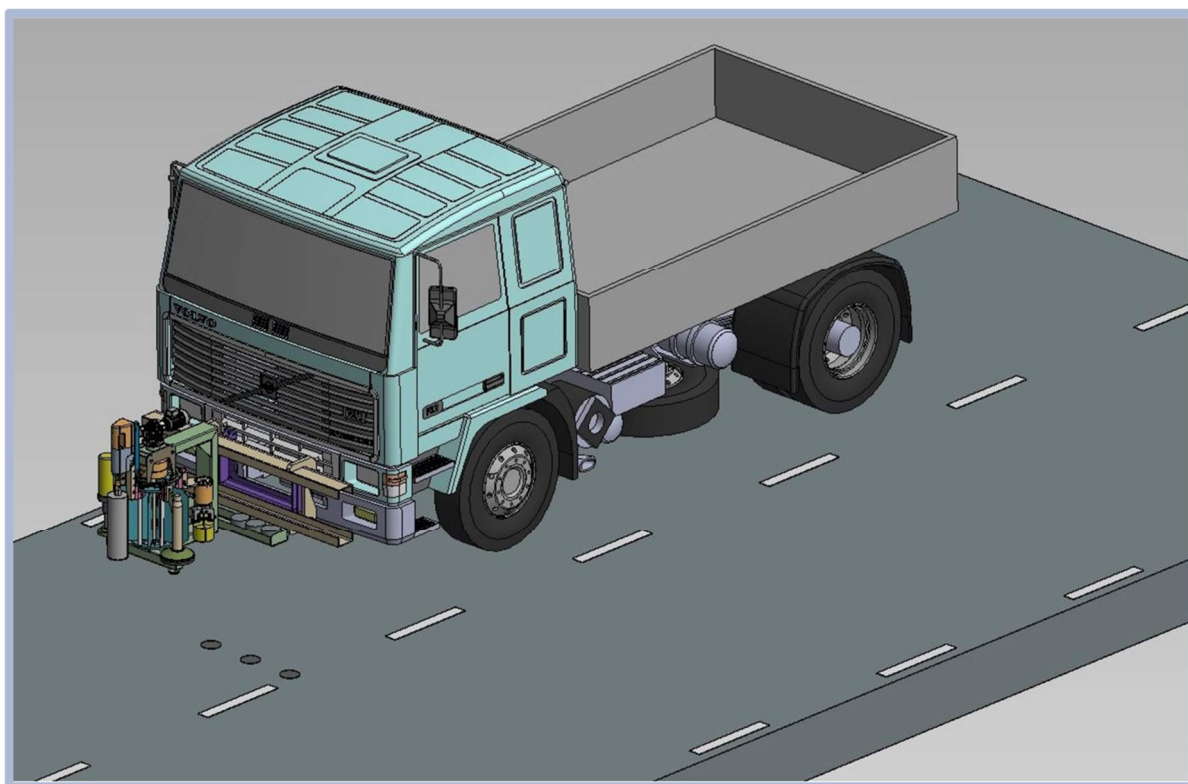


# SÄKRARE FÄLTPROVTAGNING AV ASFALT

*Fjärrstyrd / Automatiserad provtagningsutrustning*



**SKANSKA SVERIGE AB**  
**Slutrapport Ver. 2019-11-13**

**SBUF stödjer**  
forskning & utveckling

**som leder till**  
praktisk handling

## Förord

Tack till alla inblandade i projektet som bidragit med kunskap och engagerat deltagande i utvecklingen av konceptet. Ett speciellt tack till projektets huvudfinansiär SBUF som med sin verksamhet bidrar till att svensk byggindustri utvecklas! Ett stort tack också till projektets andra huvudfinansiär Trafikverket som bidragit med värdefull input i rollen som beställare av provtagningar.

Tack också till representanter från NCC, PEAB, Svevia och Skanska som bidragit med sin tid och gett värdefull input via referensgruppen.

### Projektgrupp:

Projektledning: Martin Blohm, Skanska Teknik - Maskinteknik

Konstruktion: Kim Schroeder/Anton Evensson/Pertti Johansson, Skanska Teknik Maskinteknik

Praktiska tester: Kim Schroeder + Andreas Mark, Skanska VTC Väst

### Referensgrupp:

Kenneth Lind, Trafikverket

Khalid Kader, NCC

Erik Averland, PEAB

Amir Rajabi-Jalal, Svevia

Patryk Witkiewicz, Skanska VTC Sthlm

Andreas Mark, Skanska VTC Väst

Mattias Lindström, Skanska VTC Syd

Sören Carlsson, Skanska Stab Infra

Huvudförfattare till rapport: Martin Blohm, Skanska Sverige AB, Teknik

Göteborg, Oktober 2019

## SAMMANFATTNING

Kvalitetsuppföljning av utlagd asfalt sker idag främst med hjälp av fältprovtagning genom att asfaltkärnor borrar ur vägbanan och tas med till laboratorium för analys. Eftersom många av momenten idag är manuella, kräver detta att personal befinner sig i direkt anslutning till provtagningsstället. Trots godkända trafikanordningar innebär provtagning på trafikerad väg en påkörningsrisk vilken ökar ju närmare förbipasserande trafik personalen befinner sig. Eftersom provtagning ska göras över hela körfältets bredd, blir risken därmed som allra störst vid provtagning i arbetsfog/mittskarv mot intilliggande körfält med förbipasserande trafik.

Syftet med detta SBUF-projekt är att höja säkerheten och förbättra arbetsmiljön i samband med fältprovtagning, utan att begränsa friheten var borrhörens tas och samtidigt minimera störningar i trafikflödet. Genom att utveckla en provtagningsutrustning som gör hela provtagningen automatiserad/fjärrstyrd kan operatören befinna sig en bit ifrån provtagningsstället på säkert avstånd från förbipasserande trafik.

Projektet inleddes med en förstudie för att kartlägga idag kända metoder och hämta information från närliggande teknikområden. I nästa steg arbetades en konceptidé fram på en utrustning som är anpassad för automatisering. Denna konceptidé utvecklades sedan genom praktiska tester, kontakt med leverantörer och konstruktionsarbete i 3D-CAD till en mer realiserbar konstruktionslösning.

Utvecklingsarbetet resulterade i en provtagningsutrustning som kan placeras i fronten på en tung lastbil. Utrustningen positioneras i sidled och längsled och ställs ned på provtagningsstället med hjälp av en hydraulisk armkonstruktion. Utrustningen står sedan kvar på samma ställe tills samtliga moment för provtagning och lagning är utförda. De arbetsmoment som utrustningen ska klara av att utföra är:

1. Borra
2. Plocka upp borrhörens
3. Rengöra borrhål
4. Fylla hål med lagningsmassa
5. Packa lagningsmassa
6. Städa bort överbliven lagningsmassa
7. Magasinera borrhörens

Genom att utforma utrustningen som en karusell (typ revolvermagasin) med fem olika verktyg som roteras fram ett efter ett, kan ovanstående arbetsmoment utföras utan att tappa positionen för hålet mellan respektive moment. De fem verktygen är följande:

1. Borrmaskin
2. Verktyg för att vrida loss och plocka upp borrhörens/provkropp
3. Våtdammsugare för rengöring
4. Utrustning för fyllning av hål med lagningsmassa
5. Stamp för att packa lagningsmassa

Magasinering av borrhärnor görs mellan respektive provtagning genom att utrustningen lämnar kärnan i ett magasin placerat på fordonet.

Med framtagen lösning har behovet av att operatören befinner sig vid provtagningsstället helt eliminerats. Utrustningen kan fjärrstyras av operatören från säker plats inifrån fordonet eller vid väggkanten på säkert avstånd från förbipasserande trafik. Fördelar med konceptet förutom säkerhet på väg, är att det genom automatisering erhålls en mer styrd provtagning där processen är identisk och repeterbar. Man kan också i framtiden koppla utrustningen till positioneringsutrustning placerad i fordonet och koppla respektive prov till en position. Detta skulle kunna gå att kombinera med någon typ av märkningsutrustning.

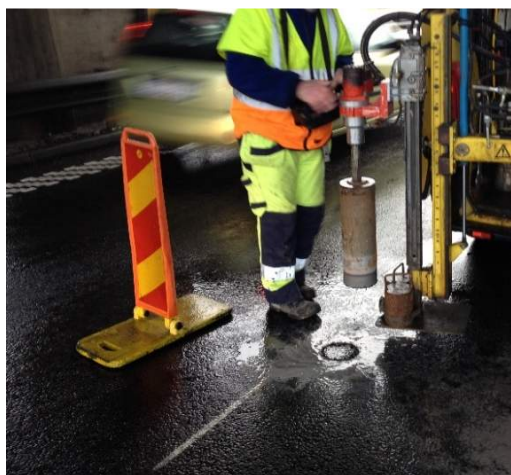
Utmaningarna består främst i att ersätta det inslag av ”hantverk” som flera av momenten har idag. Exempel på detta är tryck/rotationshastighet/matningshastighet borrh, lossbrytning av provkropp, påfyllning av lagningsmassa som varken är i fast eller flytande form, samt packning av denna.

## INNEHÅLL

<b>1. BAKGRUND .....</b>	<b>5</b>
<b>2. SYFTE .....</b>	<b>6</b>
<b>3. AVGRÄNSNINGAR .....</b>	<b>6</b>
<b>4. METODIK .....</b>	<b>6</b>
<b>5. GENOMFÖRANDE.....</b>	<b>8</b>
5.1 Förstudie.....	8
5.1.1 Genomförande av provtagning .....	8
5.1.2 Dagens provtagningsmetoder .....	8
5.1.3 Utmaningar med dagens metoder för provtagning och lagning.....	11
5.1.4 Närliggande teknik .....	12
5.1.5 Kravspecifikation .....	13
5.1.6 Svåra eller kritiska moment.....	15
5.2 KONCEPTLÖSNING .....	15
5.3 PRAKTISKA TESTER.....	18
5.3.1 Tester med kallasfalt.....	18
5.3.2 Övriga praktiska tester .....	20
5.4 FRAMTAGANDE AV KONSTRUKTIONSLÖSNING .....	21
5.4.1 Generellt.....	21
5.4.2 Positionering.....	21
5.4.3 Ram och karusellösning .....	22
5.4.4 Borrning.....	26
5.4.5 Grip-, Vrid- & Lyftverktyg .....	27
5.4.6 Rengöring / Städning.....	28
5.4.7 Fyllning med kallasfalt.....	29
5.4.8 Packning, stampning .....	31
5.4.9 Magasinering.....	31
5.4.10 Styrsystem.....	32
5.4.11 Hydraulik .....	34
5.4.12 Tider.....	34
5.5 REDOVISNING .....	35
<b>6. SLUTSATSER .....</b>	<b>36</b>
<b>7. FORTSATT ARBETE.....</b>	<b>38</b>
<b>BILAGA 1 - FORDON OCH UTRUSTNING ÖVERSIKT .....</b>	<b>39</b>
<b>BILAGA 2 - SYSTEMHANDLINGSRITNINGAR.....</b>	<b>40</b>

## 1. BAKGRUND

Uppföljning av kvalitet på utlagd asfalt görs genom fältprovtagning där kärnor borrar ur och tas upp från vägbanan. Vägbanan återställs genom att hålen lagas, normalt med gjutasfalt eller kallasfalt. De upptagna borrhärdarna/provkropparna tas med till laboratorium för analys. Beroende på syftet med provtagningen tas serier om 2 upp till 12 prover med diameter 100 mm eller 150 mm. Provserierna tas ut slumpmässigt över hela körfältets bredd och inkluderar även längsgående arbetsfogar mellan beläggningsdrag och arbetsfog mellan två intill varandra liggande körfält. Provtagningsutrustningen är idag oftast monterad i en skåpbil eller på en släpkärria som parkeras intill provtagningsstället. Eftersom många av momenten vid provtagningen är manuella, kräver detta att operatören befinner sig i direkt anslutning till provtagningsstället för att hantera utrustning och provkroppar. Vid kontrakt för underhållsåtgärder samt vid inventering av befintlig beläggning eller skadeutredningar, sker ofta provtagningen på vägar med allmän trafik. Detta innebär en risk för operatören, och risken ökar ju närmare förbipasserande trafik denne befinner sig. För att minimera trafikstörningarna stängs i regel bara ett körfält i taget av under arbetet. Risken blir därmed som allra störst vid provtagning i skarven mot körfält med förbipasserande trafik (se figur 1.1). Arbetsfogen mellan två beläggningsdrag samt arbetsfog/mittskarv mellan körfält, är svaga punkter för beläggningsbeständighet. Detta motiverar att kontrollen utförs och att utesluta detta prov är inget alternativ då det skulle innebära en kvalitetssänkning av provtagningsuppdraget.



**Figur 1.1** Provtagning intill trafikerat körfält

Det har redan idag vidtagits en rad skyddsåtgärder för de som arbetar ute på vägarna. För att minimera riskerna att bli påkörd, ska personal som vistas på väg ha varselkläder av klass 3 (EN471) på överkroppen och ifall det är dålig sikt vid t.ex. mörker eller dimma, ska detta kompletteras med varselbyxor lägst klass 2. Trafikverket, som är en dominerande väghållare, ställer också kompetenskrav för personal som arbetar på vägen i sina upphandlingar. Personal som vistas på vägar i samband med arbete skall minst ha genomfört en online-kurs "Arbete på väg – Grund". Vidare används TMA-fordon som skydd för personalen mot påkörning. Kravet på TMA gäller så kallad skyddsklassad väg (hög trafik/hög hastighet), men används också på övriga vägsträckor där behov föreligger. Trots dessa säkerhetshöjande åtgärder sker fortfarande olyckor där vägarbetare blir påkörd. Allra mest utsatta är de som befinner sig närmast trafiken där det

räcker att en ouppmärksam förare vinglar till eller av misstag svänger in i säkerhetszonen mellan TMA och arbetsställe för att olyckan ska vara ett faktum.

Med bakgrund av detta är således den allra säkraste åtgärden att få bort personalen helt från riskområdet. Genom att fjärrstyra provtagningsutrustningen, kan operatören befinna sig inuti ett fordon eller i vägrenen på säkert avstånd från trafiken.

## 2. SYFTE

Övergripande mål med detta SBUF-projekt är att ta fram en säkrare arbetsmiljö vid fältprovtagning på trafikerad väg, utan att tumma på varken provtagnings- eller lagningens kvalitet.

Detta uppnås genom att utveckla en utrustning som gör hela provtagningen fjärrstyrd/automatiserad. Därmed elimineras behovet av att operatören befinner sig vid provtagningsstället. Detta SBUF-projekt resulterar i systemhandlingar och beskrivning av en fjärrstyrd/automatiserad provtagningsutrustning.

## 3. AVGRÄNSNINGAR

Detta projekt fokuserar på själva provtagningen och på att ta fram tekniska lösningar för att automatisera/fjärrstyra de delmoment som idag utförs manuellt för att ta upp en provkropp och laga asfalten efteråt.

Framtagen lösning presenteras med förutsättningen att den är placerad framtill på en tung lastbil, men annan placering på andra typer av fordon utesluts ej. Anordning för att positionera utrustningen (armsystem, kranarm eller motsvarande) har ej studerats mer än på en övergripande nivå, eftersom det här bedöms möjligt att använda befintlig teknik i stor utsträckning. Hänsyn har dock tagits vid utformning av utrustningens storlek, vikt etc. för att möjliggöra fordonsmontage samt hantering och positionering med hjälp av ett armsystem.

Konstruktionen är genomarbetad till en nivå där den är realistisk att genomföra med avseende på funktion, geometri och komponentval. Dock tas inga detaljerade tillverkningsritningar fram inom ramen för detta projekt.

Viss test av prototyper på komponentnivå har gjorts, men ingen komplett prototypustning har tillverkats eller testats.

Styrsystem beskrivs på en övergripande nivå med avseende på uppbyggnad och funktion, men specificeras ej på komponentnivå.

Metod eller utrustning för märkning av provkroppar undersöks ej.

## 4. METODIK

Projektet har genomförts i fem faser uppdelat på områden och tid enligt nedan:

- Förstudie (2017 Q1-Q2): Genomfördes för att studera befintliga lösningar, metoder, utrustningar, och baserat på detta ta fram kravspecifikation och identifiera kritiska/svåra moment.
- Konceptlösning (2017 Q2\*): Framtagande av konceptuell lösning baserad på förstudien för att få en fysisk layout över utrustningens delar samt underlag för praktiska tester.
- Praktiska tester (2019 Q2): Genomfördes för att verifiera kritiska och/eller oprövade delar av konceptlösningen.
- Fastställa konstruktionslösning (2018 Q4 – 2019 Q3): Baserat på erfarenheter från föregående faser genomfördes här ett mer detaljerat konstruktionsarbete för att realisera konceptlösningen.
- Redovisning (2019 Q3-Q4): Upprättande av rapport över resultatet och spridning av information.

*\*Mellan 2017 Q2 och 2018 Q4 gjordes en paus i detta utvecklingsprojektet då medlemmarna i projektgruppen var hårt belastade med annan verksamhet.*

Projektet har i huvudsak letts och genomförts av Skanska Teknik – VTC Maskinteknik som tillhör Skanska Sverige AB. I genomförandet av de praktiska testerna har även Skanska Teknik - VTC Väst deltagit.

Projektgruppen består av följande personer:

Projektledning: Martin Blohm, VTC Maskinteknik

Konstruktion: Kim Schroeder/Anton Evensson/Pertti Johansson, VTC Maskinteknik

Praktiska tester: Kim Schroeder + Andreas Mark, Skanska VTC Väst

Utöver projektgruppen har en referensgrupp satts samman som bidrar med olika kompetenser inom området. Referensgrupp och projektgrupp har haft regelbundna möten c:a 1 gång i kvartalet där projektgruppens arbete redovisats för att få in feedback på utfört arbete samt input till kommande fas. Åtskilligt med värdefull information har framkommit genom diskussioner i referensgruppen där både beställar- och användarperspektiv kunnat mötas.

Referensgruppen består av följande personer:

Kenneth Lind, Trafikverket – Ansvarig för Trafikverkets regelverk för Bitumenbundna lager, TDOK 2013:0529, arbetar med utvecklingsfrågor inom asfalt samt har egen erfarenhet av provtagning.

Khalid Kader, NCC – Arbetar med provtagning, samt utvecklingsfrågor inom asfalt.

Erik Averland, PEAB – Arbetar med provtagning.

Amir Rajabi-Jalal, Svevia – Arbetar med provtagning.

Patryk Witkiewicz, Skanska VTC Sthlm – Arbetar med utveckling inom provtagning, har bl.a. lett ett utvecklingsprojekt inom användning av kallasfalt.

Andreas Mark, Skanska VTC Väst – Arbetar med provtagning

Mattias Lindström, Skanska VTC Syd – Arbetar med provtagning, samt är skyddsombud.

Sören Carlsson, Skanska Stab Infra – Utvecklingsledare inom säkerhet för arbete på väg.



## 5. GENOMFÖRANDE

### 5.1 Förstudie

Målet med förstudien var att få fram en komplett kravspecifikation på utrustningen genom att studera dagens provtagningsmetoder samt identifiera vilka svårigheter/problem som finns och vilka moment som kan vara svåra att mekanisera. Information inhämtades genom att medlemmar i projektgruppen följde med ut i fält vid genomförande av provtagning, där också momenten diskuterades med operatörerna på plats. Vid dessa fältstudier fick projektgruppen också ytterligare insyn i de arbetsmiljörisker som initierat projektet. Vidare hämtades information in om närliggande teknik genom förslag från referensgruppen, internetsökningar och kontakter med tillverkare och leverantörer.

#### 5.1.1 Genomförande av provtagning

Provtagning utförs ofta i serier om upp till 12st prov inom några meters radie. Beroende på syftet med provtagningen tas provserierna ut slumpmässigt över körfältet i bredd- och längsled, samt även i längsgående arbetsfogar mellan beläggningsdrag och arbetsfog mellan två intill varandra liggande körfält. Provtagningen inom samma serie genomförs normalt med samma parametrar, dvs samma borrhåldiameter och borrhåldjup.

#### 5.1.2 Dagens provtagningsmetoder

Förstudien inleddes med en kartläggning av vilka olika typer av utrustning som används vid provtagning idag. Kartläggningen gav att metoder och utrustning som används är relativt lika, och de olika arbetsmomenten utförs på liknande sätt med relativt små variationer. Provtagningen kan därmed delas upp i delmoment enl nedan:

1. Positionera bormaskin
2. Borra med kärnbora
3. Bryta loss provkropp
4. Lyfta upp provkropp
5. Rengöra borrhål
6. Fylla borrhål med lagningsasfalt
7. Packa, stampa och jämna till lagningen
8. Städa upp överbliven lagningsmassa
9. Magasinera provkropp

För positionering av bormaskin används idag olika metoder. T.ex. kan bormaskinen vara monterad på en arm som viks ut från skåpbil, eller så sitter borren på en separat ram, ibland försedd med hjul som lyfts/rullas ut till provtagningsstället. Såväl utvikbar arm som separat ram manövreras/flyttas till önskad position med handkraft. Även helt handhållen bora utan stativ förekommer. Se exempel i Figur 5.1.

Själva bormaskinen kan vara hydraulisk eller elektrisk. Matningen av borren sker normalt med hjälp av hydraulik eller manuell spak/vev. De vanligaste borrhåldiametererna är 100 eller 150mm. Borrhåldjupet varierar, men vid en serie provtagningar för kontroll av kvalitet på befintlig väg är djupet normalt max 100mm.



**Figur 5.1** Exempel på borrhustrustning som används idag

Bormaskinen gör ett cirkulärt spår i asfalten och själva provkroppen sitter normalt kvar i vägbanan då borret avlägsnas. Det händer att provkroppen fastnar och följer med borren upp, men vanligtvis måste provkroppen brytas loss från underlaget då den fortfarande sitter fast i botten. Detta görs manuellt med ett speciellt verktyg som förs ned i spåret, och sedan bryts provkroppen loss genom att verktyget bryts i sidled.

Nästa moment är att ta upp provkroppen och till detta används ett speciellt gripverktyg som består av två cirkelhalvor som förs ned i spåret och nyper tag runt provkroppen som sedan lyfts upp med verktyget. Gripverktyget är helt manuellt.

Efter att provkroppen är avlägsnad städas hålet från vatten och löst material, exempelvis med hjälp av en grov tvättsvamp eller en våddammsugare.



**Figur 5.2** Lossbrytning, upptagning av provkropp samt städning. Dagens metod.

Efter städning ska hålet repareras. Detta kan göras med gjutasfalt eller kallasfalt.

Vid lagning med gjutasfalt används BCS (bitumeniserad chipsten) samt gjutasfalt (typ spricklagningsmassa) som upphettas för att kunna hällas i borrhålet. Normalt packas BCS med handstamp eller elektrisk vibrohammare, varefter gjutasfalten hälls i borrhålet, jämnas av och avsändas. Se exempel Figur 5.3.



**Figur 5.3** Exempel lagning med gjutasfalt, dagens metod.

Vid lagning med kallasfalt hälls detta ner i hålet samtidigt som vatten tillförs för att massan ska härda. Alternativt låter man en viss mängd vatten vara kvar i borrhålet efter städning.

Kallasfalt ska packas i hålet, detta görs med hjälp av en manuell stamp eller elektrisk borrhammare försedd med stampfot. Vid en lagning fylls och packas hålet växelvis 2-3 gånger för ett 100mm djupt hål. Se exempel Figur 5.4.



**Figur 5.4** Exempel lagning med kallasfalt, dagens metod.

Oavsett lagningsmetod avslutas provtagningen med städning för att avlägsna överblivet material runt provtagningsstället. Detta görs idag med sopborste och skyffel.

### 5.1.3 Utmaningar med dagens metoder för provtagning och lagning

Förutom de uppenbara riskerna med arbete på trafikerad väg finns det ett antal andra utmaningar att ta hänsyn till vid utformandet av en fjärrstyrd/automatiserad utrustning.

Borret är tungt att lyfta och flytta. Är vagnen för lätt kan operatör tvingas stå på borrens ram för att denna ska stå stilla, och utsätts då för vibrationer och risk för att fastna i borret.

Vid borring är det kritiskt att använda rätt varvtal samt rätt tryck och matningshastighet. Fel parametrar kan göra att provkropp och området närmast hålet blir uppvärmt och asfalten börja kleta, vilket kan resultera i att provkroppen fastnar i borren och följer med denna upp. Speciellt asfalt med polymermodifierad bitumen (PMB) upplevs av operatörerna som svårborrad med stor risk för värmeutveckling. Att hitta rätt parametrar åligger idag operatören och bygger på erfarenhet och känsla för hur utrustning och underlag beter sig. Här finns således en utmaning att hitta rätt parametrar för nya och oerfarna operatörer eller vid borring i nya asfalttyper.

Lossbrytning av provkroppen från underlaget kräver en särskild teknik och viss fysisk styrka. Det krävs en viss kraft för att bryta loss provkroppen, men samtidigt får operatören inte ta i för mycket så att provkroppen skadas. I detta moment ligger således ett visst mått av känsla där kraften får anpassas beroende på beläggningstyp, provkroppens hållfasthet, vilken riktning som provkroppen enklast lossnar etc.

Att gripa och lyfta upp provkroppen ur hålet kan vara fysiskt tungt vid stora provkroppar.

Vid lagning med kallasfalt är det viktigt att massan inte har härdat innan den hälls ned i hålet. Därför kan förpackningar med kallmassa inte öppnas för långt i förväg då de härdar vid kontakt

med luft. Även temperaturen påverkar kallasfaltens konsistens, den blir mer trögflytande vid låga temperaturer. Packning av kallmassan innebär antingen ett tungt manuellt moment där stampen ska lyftas och släppas för att packa massan, alternativt utsätts operatören för vibrationer om en borrhammare används.

Vid lagning med gjutasfalt utgör hanteringen av het bitumen ett riskmoment. Dels finns risk för brännskador till följd av att operatören får bitumen på sig, men också en betydande brandrisk. Flertalet olyckor har hänt vid provtagning på väg kopplat till just hantering av bitumen, och detta moment är önskvärt att få bort ur ett arbetsmiljöperspektiv. Bland annat har Skanska genomfört ett annat utvecklingsprojekt (*SBUF-projekt #13206: ”Användning av kallmassa för lagning av borrhål”*) för att påvisa att kvalitén på lagningar med kallasfalt är lika bra eller bättre än lagningar med gjutasfalt.

I Trafikverkets regelverk för Bitumenbundna lager (*TDOK 2013:0529 ver 3.0*) står att läsa följande:

*Vid upptagning av borrhärlar ska borrhålen återställas med gjutasfalt och BCS-sten med största stenstorlek i enlighet med beläggningstypen eller på annat sätt som accepteras av beställaren.*

I praktiken utförs idag flertalet lagningar efter provborrningar med kallasfalt istället för gjutasfalt, då detta ger en fullgod kvalitet på lagningen och stora arbetsmiljövinster.

#### 5.1.4 Närliggande teknik

Ett antal närliggande tekniker och metoder har också studerats för att hämta input till kravspecifikation och tekniska lösningar.

En så kallad snabelbil används för att laga sprickor och mindre försänkningar i asfalten. Systemet består av en lastbil försedd med en fjärrstyrd arm (snabel) som sprutar i stenmaterial och bitumen för att laga och jämna till körbanan. Armsystemet är relativt långt och slankt utformat och utrustningen hänger hela tiden fritt ovanför marken under lagningen. Detta gör att utrustningen gungar och flexar en hel del vilket går ut över precisionen vid positionering av utrustningen. Precisionen är dock tillräckligt god för avsett ändamål där skadan fylls upp så att en viss råge med lös sten och bitumen återstår efter att lagningen är slutförd. Denna packas och jämnas till av trafiken som sedan kör över lagningen. Snabeln arbetar hela tiden framför fordonet och förloppet är helt fjärrstyrt från förarhytten.

Även ett par olika typer av utrustning för att borra större provtagningshål vid inventering med syfte att ta upp obundet material i befintlig överbyggnad har studerats.

En hydraulisk lastbilskran är en tänkbar bärare för att lyfta ut och positionera provtagningsutrustningen. Även denna gungar och flexar en del, speciellt vid stora utligg.

Ett plogfäste för montering av snöplog framtill på en lastbil kombinerat med någon typ av vikarmssystem är en annan tänkbar bärare.

### 5.1.5 Kravspecifikation

Baserat på förstudien togs kravspecifikation enligt detta kapitel fram på utrustningen.

De delmoment provtagningsutrustningen ska klara av att utföra är:

1. Positionera utrustning
2. Borra med kärnbora
3. Bryta loss provkropp
4. Lyfta upp provkropp
5. Rengöra borrhål
6. Fylla borrhål med lagningsasfalt
7. Packa, stampa och jämna till lagningen
8. Städa upp överbliven lagningsmassa
9. Magasinera provkropp

GENERELLT:

- **Samtliga delmoment utförs med fjärrstyrning och/eller automatik**  
Detta för att operatören inte vid något tillfälle ska behöva gå fram till provtagningsstället och därmed utsättas för fara från närliggande trafik. Detta besparar också operatören många tunga manuella moment som lyft av borrarutrustning, lossbrytning och upplyft av provkropp, bärande av kallasfaltförpackningar, stampning och städutrustning.
- **Utrustningen tar prover med en diameter i taget, 100mm eller 150mm.**  
Omställning mellan de olika diametrarna görs manuellt genom att byta till annan dimension på verktygen på en säker plats före ankomst till provtagningsstället.
- **Utrustningen anpassas för provkroppar upp till 100mm höga.**  
Detta täcker in 80% av all provtagning som görs idag, då provtagning på väg normalt tas med upp till 80mm djup.
- **Lagning sker med kallasfalt**
- **Delmoment 6–7 fyllning och stampning ska kunna upprepas växelvis.**  
Detta eftersom det vid lagning med kallasfalt krävs att materialet packas succesivt.
- **Utrustningen ska kunna ta 5 prover i sträck utan inblandning av manuella moment.**

DELMOMENT 1 POSITIONERING:

- **Provtagning ska ske framför bilen med utrustningen placerad på plogfäste eller motsvarande.**  
Detta för att möjliggöra för operatören att enkelt positionera utrustningen och genomföra provtagningen från den relativt skyddade platsen inuti förarhytten. Operatören har också en bra överblick från sin upphöjda position i förarhytten, och kan grovpositionera utrustningen inför provtagning genom att placera lastbilen i sidled och längsled.
- **Finpositionering ska kunna göras med stillastående fordon.**

Finjustering av position görs sedan genom att utrustningen kan skjutas i sidled och längsled så att exakta provtagningskoordinater kan nås. I sidled behöver rörelseområdet vara utmed hela fordonets bredd plus ytterligare c:a 0,5m per sida för att nå skarven till intilliggande körfält => totalt 3,5m. I längsled ska utrustningen kunna skjutas 1,5m. Vid större förflyttningar än så körs lastbilen framåt/bakåt.

- **Efter att positionering är klar ska utrustningen klara av att utföra samtliga delmoment i provtagningen utan att ny positionering krävs.**

Detta för att hela tiden ha kontroll på provtagningsställets exakta position och på så sätt underlätta att hitta rätt för nästa delmoments verktyg.

- **Operatören ska kunna använda fjärrkontroll för att manövrera maskinen från hytten eller från annan säker plats.**

Utöver hytten ska operatören vid behov kunna fjärrstyra utrustningen från annan säker plats, som t.ex. vägrenen.

#### DELMOMENT 2 BORRNING:

- **Borrning med kärnborr med diameter 100 eller 150mm.**
- **Borrdjup krav på min 100mm, önskvärt att klara större djup.**
- **Vattenkylning av kärnborr.**  
Krävs för att kyla borr och provkropp så att provkropp ej fastnar i borr.

#### DELMOMENT 3 BRYTA LOSS PROVSKROPP:

- **Lossbrytning av provskroppen sker med en grip/vrid-rörelse.**  
Detta kräver ett nyutvecklat verktyg som träs ner i det borrade spåret, nyper fast och vrider loss provskroppen från underlaget. Nuvarande manuella metod är svår att mekanisera då det ligger mycket känsla hos operatören att bända lagom hårt för att inte skada provskroppen, och ändå få loss den från underlaget. Hur mycket provskroppen tål varierar dessutom mycket beroende på asfaltens kvalitet. Genom att gripa och vrida provskroppen fås ett skonsammare förlopp för provskroppen med mindre risk för att den skadas.

#### DELMOMENT 4 LYFTA UPP PROVSKROPP:

- **Provskroppen lyfts upp med samma grip/vrid-verktyg som bryter loss den.**  
Eftersom provskroppen sitter i verktyget från föregående moment, så kan den också lyftas upp med samma verktyg.

#### DELMOMENT 5 RENGÖRA BORRHÅL:

- **Utrustning för rengöring av borrhål ska klara av att avlägsna både vatten och småsten.**
- **Rengöring ska kunna ske ner till botten av hålet (100mm djupt).**

#### DELMOMENT 6 FYLLA BORRHÅL MED LAGNINGASASFALT:

- **Vattenhärdande kallasfalt användas vid lagning av borrhål.**

Utrustningen anpassas till lagning med kallasfalt endast. Detta för att eliminera brandrisk, rökutveckling och risk för brännskador som användning av bitumen innebär.

- **Ur en behållare släpps/matras kallmassa ned i borrhålet.**

Kallmassa har en speciell konsistens bestående av klumpar som varken är rinnande eller i fast form. Hur flödet ska styras kräver utredning under projektets gång.

- **Bevattning under fyllning av hål för härdning av kallmassan.**

Kallmassan ska enligt tillverkarens instruktioner bevattnas för att härda på ett korrekt sätt.

- **Laddning av kallasfalt i maskinens behållare sker manuellt.**

Behållaren ska rymma kallasfalt för 5 lagningar innan den får fyllas på igen.

#### DELMOMENT 7 PACKA/STAMPA OCH JÄMNA TILL LAGNINGEN

- **Packning/stampning sker med en borrhämmare/vibro.**

Till detta används samma typ av borrhämmare som används idag för stampning. Denna bedöms kunna monteras på utrustningen.

#### DELMOMENT 8 STÄDNING RUNT LAGNINGEN

- **Bortstädning av löst material vid lagningen.**

Kan med fördel kombineras med utrustning för delmoment 5.

#### DELMOMENT 9 MAGASINERING AV PROVKROPP

- **Magasinering av minst 5 provkroppar utan manuell inblandning.**

##### 5.1.6 Svåra eller kritiska moment

Förstudien har också lett fram till insikter om vad som kan vara tekniskt svårt att lösa eller vara svårt att förutse funktionaliteten för. Följande moment har bedömts som svåra/kritiska:

- Att få plats med erforderliga komponenter för alla delmoment utan att verktyget blir för stort, tungt och klumpigt.
- Att hitta tillbaka till borrhålet vid verktygsbyte.
- Att få plats med alla slangar, kablar m.m. med hänsyn till ”karusellens” rotation.
- Att förhindra att provkroppen fastnar i borret
- Att få bryt- och lyftverktyget att hitta ner i borrhålet.
- Att med automatik bryta loss och lyfta upp provkroppen.
- Att med automatik fylla borrhålet med lagningsmassa med ett styrt flöde och med rätt mängd.
- Att lagningsmassan kan ändra egenskaper över tid pga härdning, temperatur eller luftfuktighet.

## 5.2 Konceptlösning

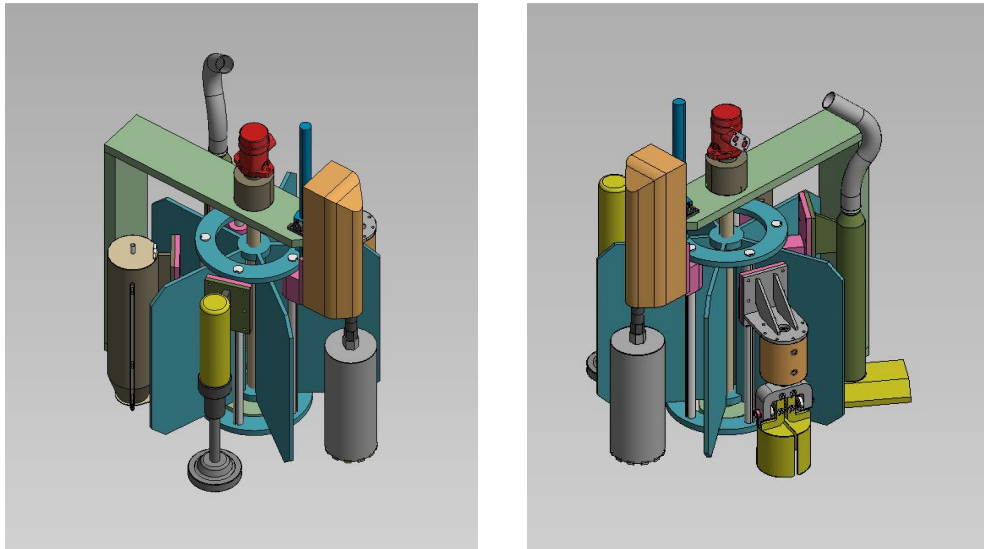
I detta steg tas underlag fram som ringar in funktionalitet och dimensioner för att komma fram till en realiserbar lösning. Extra vikt läggs vid de svåra eller kritiska moment som identifierades under förstudien.

För positionering förutsätts utrustningen placeras fram till på en tung lastbil, och att någon form av hydrauliskt armsystem används. Armar och hydraulik för positionering studeras ej vidare



inom ramen för detta projekt, men är en viktig förutsättning som ger riktlinjer för ungefärlig storlek och vikt på utrustningen.

För att lösa problematiken med att få verktygen att hitta tillbaka till borrhålet utformas utrustningen som en karusell eller revolvermagasin. Utrustningen positioneras till önskat provtagningsställe där den ställs ned. Därefter roterar utrustningen fram respektive verktyg, ett i taget, för att utföra de olika delmomenten. Genom att utrustningen står kvar på samma ställe under provtagningen, kan nästa verktyg roteras fram med stor precision. Speciellt viktigt är detta för bryt/grip-verktyget som ska hitta ner i det relativt smala borrhålet. Rotationen drivs av hydraulik eller elmotor.



Figur 5.5 3D-modell av tidigt koncept med karusellösning

Befintliga bormaskiner bedöms kunna anpassas och monteras i utrustningen. Boring sker med en standard hydraulisk eller elektrisk bormaskin och matning ner/upp av denna sker med hjälp av en hydraulcylinder.

För att lossa provkroppen från underlaget utvecklas ett specialverktyg som består av två rörhalvor som griper tag runt hela provkroppens omkrets vilket minskar punkttrycket mot provkroppen. Verktyget vrids sedan med- och/eller moturs så att provkroppen lossnar från underlaget. Provkroppen lyfts därefter upp och hålls av verktyget under resterande tid av provtagningscykeln. Grip- och vridrörelse drivs med hjälp av hydraulik alternativt el och hela verktyget höjs/sänks med hjälp av en hydraulcylinder. Det finns en del frågeställningar kring verktyget eftersom det så markant skiljer sig från den manuella metoden att bryta loss provkroppen. Hittar verktyget ner i spåret? Hur hårt ska verktyget gripa för att klara vrida loss provkroppen men utan att skada denna? Vilken kraft krävs för att vrida loss provkroppen? Hur ska ytan mot provkroppen vara utformad för att ge tillräckligt bra grepp? Vart sker brottet mot underliggande skikt, vid borrhålets botten, verktygets nederkant eller annat ställe där provkroppen är svagast?

Funktionen bör verifieras genom praktiska tester innan slutgiltig utformning fastställs.

Rengöring av provtagningshål görs med våtdammsugare eller motsvarande utrustning. Denna ska nå ner till hålets botten och kunna suga upp både vatten och mindre stenmaterial, men den ska också klara av att städa området närmast runt borrhålet. Samtidigt får den ej suga upp för mycket material så att en grop bildas i borrhålets botten. Lösningen på detta är ett dammsugarrör som är försett med en fjäderbelastad kåpa. När kåpan sänks ner och tätar mot marken sugas materialet innanför kåpan upp och på så sätt städas området närmast borrhålet. Dammsugarröret kan sedan fortsätta skjutas ner genom kåpan hela vägen ner till hålets botten. Röret är försett med nät i änden för att inte suga upp för mycket stenmaterial. Röret höjs sedan upp igen och fjäderbelastningen gör att kåpan ligger kvar mot marken tills röret kommit upp strax ovanför borrhålet. Vid fortsatt höjning av röret lyfts kåpan upp från marken med röret.

Fyllning med kallasfalt är det moment som identifierats som svårast att styra. Kallasfaltens konsistens är varken fast eller flytande och materialet bildar klumpar. Idag hålls kallmassan manuellt i hålet, detta förlopp skulle kunna efterliknas genom att ha en behållare i form av en stående cylinder med en skjutlucka i botten. När luckan öppnas faller kallmassan ner med hjälp av gravitationen och flödet stängs sedan genom att stänga skjutluckan igen. Det är dock ytterst oklart med vilket flöde kallmassan ”rinner” ur behållaren, så eventuellt behövs någon form av matning av massan. Detta kan lösas genom att sätta tryck på massan ovanifrån, mekaniskt med en kolv eller med tryckluft, och på så sätt pressa ut massan ur behållaren. Ett potentiellt problem med denna metod är dock att massan kan packas i behållaren, eller att man påskyndar härdningen genom att tillföra luft. Varken provtagarna i referensgruppen eller tillverkare av kallasfalt kunde svara på huruvida enbart gravitation skulle fungera för att släppa ut massan alternativt om matning krävs. De kunde heller inte bedöma om massan skulle packas för mycket om det påförs tryck. En alternativ metod för att mata massan ur behållaren som diskuterades var en skruv, men denna ansågs av referensgruppen sannolikt ge upphov till problem då det finns risk för att massan kletar fast och bildar påbyggnader som till slut sätter igen skruven. På grund av alla osäkerheter kring kallasfaltens hantering beslutades att genomföra praktiska tester där kallasfalten faller ur behållaren med hjälp av gravitation, alternativt pressas ur behållaren med tryck ovanifrån. Under fyllning av hålet ska vatten påföras för att massan ska härda ordentligt. Detta löses genom att sätta ett spraymunstycke nertill på behållaren som bevattnar massan som kommer ur behållaren. Behållaren höjs/sänks med hjälp av en hydraulcylinder.

Packning av massan görs med hjälp av en stamp bestående av en borrhammare försedd med fot. Standard elektrisk borrhammare bedöms kunna anpassas till utrustningen. Stampen höjs/sänks med hjälp av en hydraulcylinder.

Slutstädning görs med samma städutrustning som rengör hålet, men sänks endast ner så att kåpan städar ytan. Röret skjuts alltså ej vidare ner genom kåpan i detta moment, och på så sätt sugas löst material som är innanför kåpan upp.

Efter slutstädning är provtagningsmomenten vid borrhålet klara. Nästa steg är att magasinera provkroppen, och detta sker genom att hela utrustningen lyfts upp från provtagningsstället, tillbaka in mot lastbilen där ett magasin finns. Grip/vrid-verktyget roteras in över magasinet och släpper ner provkroppen i avsett fack.

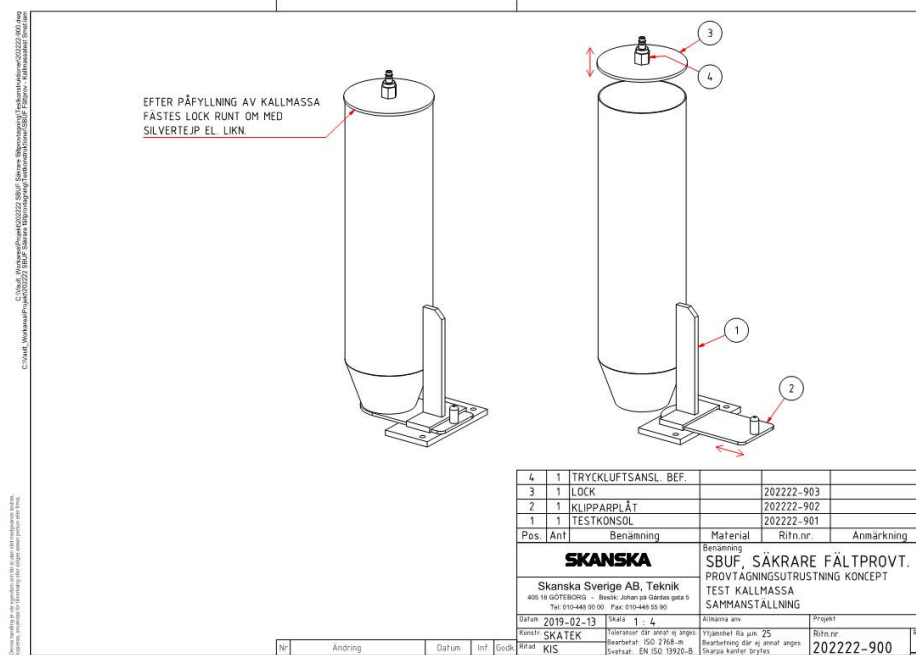
Efter magasinering är utrustningen redo att påbörja nästa provtagning. Totalt kan utrustningen utföra 5 provtagningar i följd utan manuellt ingrepp från operatör, och den styrande faktorn är i första hand kallasfaltbehållarens storlek, dvs hur ofta den behöver fyllas på.

## 5.3 Praktiska tester

### 5.3.1 Tester med kallasfalt

Utifrån förstudien bedömdes att fylla hålet med kallasfalt som det moment som är svårast att automatisera. Den rådande idé som projekt- och referensgruppen kom fram till, blev att efterlikna dagens metod så långt som möjligt där kallasfalt hälls i hålet. Detta efterliknas med hjälp av en cylindrisk behållare med en skjutlucka i botten som när den öppnar släpper ut kallasfalt med hjälp av gravitationen. Om det skulle visa sig att inte gravitationen är tillräcklig, kan behållaren kompletteras med en anordning som pressar ut massan med hjälp av en mekanisk kolv, alternativt att behållaren trycksätts med luft.

Osäkerheterna är dock många på grund av kallasfaltens konsistens, så därför genomfördes praktiska tester för detta moment. En cylindrisk testbehållare tillverkades med en manuell skjutlucka nedtill. Behållaren kunde även utrustas med en kolv för att pressa ut massan ovanifrån, på vilken olika tunga vikter kunde läggas som pressar på massan ovanifrån vid behov.



Figur 5.6 Ritning på Testbehållare för praktiska tester med kallasfalt

Testerna genomfördes inomhus på Skanska VTC:s lab i Gunnilse utanför Göteborg. Temperaturen i lokalen var runt +17°C och kallasfalt av fraktionen 0/8 användes. Kallasfalten förvarades i lokalen och kan därför antas hålla samma temperatur som i lokalen. Ett testprogram utformades där parametrar som tid och tryck varierades mellan de olika testerna. Flödet av kallasfalt ur behållaren bedömdes i första hand okulärt, vid behov fanns möjligheten att också väga massan som kommer ur behållaren under en viss tid.

Följande tester genomfördes:

#### Test 1 Tömning med hjälp av endast gravitation

1. Behållaren fylls med kallasfalt 0/8.
2. Skjutluckan i botten öppnas under c:a 5 sekunder.
3. Skjutluckan stängs.
4. Punkt 2-3 upprepas efter 15, 30 och 45 minuter.

**Resultat:** Kallasfaltens rinner ur behållaren, men i en mycket ojämn takt och klumpvis. Svårt att styra vilken mängd som kommer ur behållaren under en viss tidsenhet. Skjutluckan går enkelt att stänga och därmed stoppar flödet.

När luckan öppnades efter 15 minuter iaktogs en viss tröghet i starten, därefter likvärdigt klumpvis flöde. Motsvarande iakttagelser gjordes efter 30 och 45 minuter vilket tyder på att kallasfaltens egenskaper ej förändras inom loppet av 45 minuter. Vid 45 minuter tömdes även behållaren helt och det noterades att det är ytterst lite kallasfalt kvar på behållarens väggar, kallasfaltens kletar alltså inte fast särskilt mycket mot behållarens väggar.



**Figur 5.6** Praktiska tester med kallasfalt. Värt att notera att ytterst lite material fastnar i behållaren.

### **Test 2 Tömning med hjälp av gravitation och tryck ovanifrån**

1. Behållaren fylls med kallasfalt 0/8.
2. På kallasfaltens i behållaren ställs en kolv med vikten 2kg. På kolven kan ytterligare vikter läggas på.
3. Skjutluckan i botten öppnas under c:a 5 sekunder.
4. Skjutluckan stängs.
5. Punkt 2-4 upprepas med succesivt ökad vikt till 5kg, 9,5kg, 12kg och 19,5kg.

**Resultat:** Med 2kg tryck kunde ingen skillnad ses mot tidigare tester helt utan tryck. Ej heller vid 5kg. Vid 9,5kg noterades en ytterst liten effekt att materialet föll ut snabbare, dock kan denna effekt ej säkerställas eftersom detta kan varit en tillfällighet pga massans svårstyrda egenskaper.

Vid 12 och 19,5kg märktes heller ingen skillnad i utflöde, tvärtom noterades att kallasfalten som kommer ut verkar mer packad och får på så sätt svårare att falla ut.

### **Test 3 Packad massa i behållaren och tömning med tryck ovanifrån**

1. Behållaren fylls delvis med kallasfalt 0/8
2. Kallasfalten packas i behållaren
3. Punkt 1 och 2 upprepas 4-5 gånger så att kallasfalten är ordentligt packad i behållaren.
4. På kallasfalten i behållaren ställs en kolv med vikten 19,5kg.
5. Skjutluckan öppnas c:a 5s.
6. Skjutluckan stängs
7. Punkt 5-6 upprepas 3-4 gånger.

Resultat: Massan faller ur behållaren i klumpar med obestämda mellanrum, snarare något långsammare än i tidigare tester. Att packa massan i förväg verkar göra det svårare för massan att rinna ur behållaren, och ger ett sämre resultat än ej packad massa.

### **Test 4 Behållare utan avsmalning och tömning med tryck ovanifrån**

En teori från resultaten med högst tryck i Test 2 var att konan/avsmalningen nedtill på behållaren bidrar till att packa materialet då det sätts tryck på ovanifrån. För att testa denna teori fylldes en fogspruta med helt rak cylindrisk behållare med kallasfalt som sedan pressades ut med en kolv.

Resultat: Ingen skillnad i flöde eller i materialets benägenhet att falla ur behållaren i klumpar.

### **Slutsatser av tester med kallasfalt:**

Testerna visar enhälligt att det ej går att styra flödet på ett kontrollerat sätt ut ur behållaren enbart med hjälp av gravitation eller genom att sätta tryck på ovanifrån. Kallasfalten verkar dock inte härda särskilt snabbt i den miljö som testerna genomfördes i, och behåller sannolikt sina egenskaper i upp till 1h. Det var också förhållandevis rent i behållaren efter att den sista massan fallit ur, vilket tyder på att kallasfalten kletar mindre än befarat. Testerna utfördes dock i en lokal med konstant temperatur på +17°C, och enligt provtagare i referensgruppen blir massan generellt trögare vid lägre temperaturer. Vid motsatsen, dvs riktigt höga temperaturer, finns risk för att massan separerar. Testerna resulterade i att följande konstruktionsändringar genomfördes inför nästa steg i projektet:

1. Behållaren förses med invändig matarskrub som matar ut kallasfalt med ett konstant flöde.
2. Behållaren förses med isolering och värmeslingor för att bibehålla kallasfaltens egenskaper genom att hålla en konstant temperatur, förslagsvis runt +17°C eftersom kallasfalten vid denna temperatur ej kletade fast i behållaren.

För att ytterligare testa kallasfaltens egenskaper över tid föreslogs av referensgruppen att en så kallad Workability-mätning genomförs. Detta var dock ej möjligt att genomföra inom ramen för detta projekt pga problem med att lokalisera utrustning.

### **5.3.2 Övriga praktiska tester**

Praktiska tester bör göras även för grip-/vrid verktyget innan en prototyp tas fram för att utröna följande:

- Att verktyget hittar ner i spåret
- Att verktyget kan gripa provkroppen
- Att verktygets rörhalvor har tillräcklig friktion för att vrida loss provkroppen
- Att provkroppen kan vridas loss från underlaget utan att skadas
- Att brottet på provkroppen sker på rätt ställe, dvs i botten av borrhålspåret.

Dessa tester var dock ej möjliga att genomföra inom ramen för detta utvecklingsprojekt, då tid

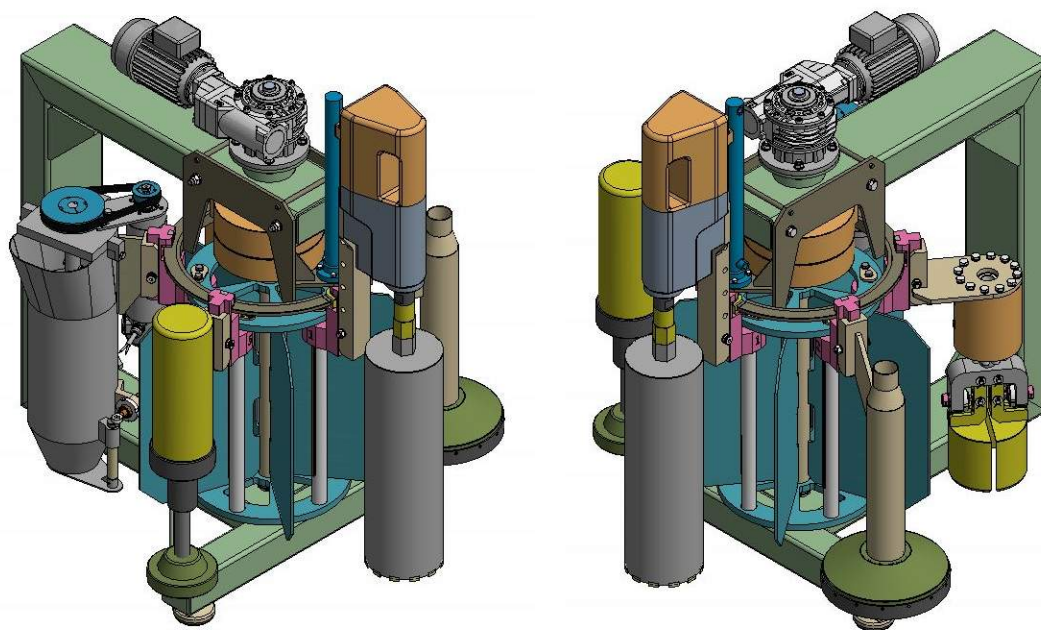
och resurser fick prioriteras för att vidareutveckla kallasfaltbehållaren.

## 5.4 Framtagande av konstruktionslösning

### 5.4.1 Generellt

Provtagningsutrustningen består som tidigare beskrivits av en karusellösning som också kan liknas vid ett revolvermagasin. Fem stycken fack finns med olika verktyg. Utrustningen ställs ner på marken där provtagning ska genomföras, och därefter roteras verktygen i karusellen fram ett i taget för att genomföra de olika momenten. Utrustningen står kvar på samma ställe under hela provtagningen, och lösningen innebär att nästa moments verktyg enkelt kan hitta borrhålets position eftersom karusellens roterande rörelse går att styra med stor precision.

Projektet har i så lång utsträckning som möjligt använt sig av utrustning som redan finns på marknaden för att efterlikna de förutsättningar som gäller vid fältprovtagning idag, och på så sätt säkerställa kvalitén på både provkropp och lagning. För de moment som idag sker helt manuellt har det dock krävts nyutveckling av verktyg. Karusellen kan rotera i båda riktningar eftersom bormaskinen är för hög för att passera under ramen.



Figur 5.7 Översikt bild provtagningsutrustning

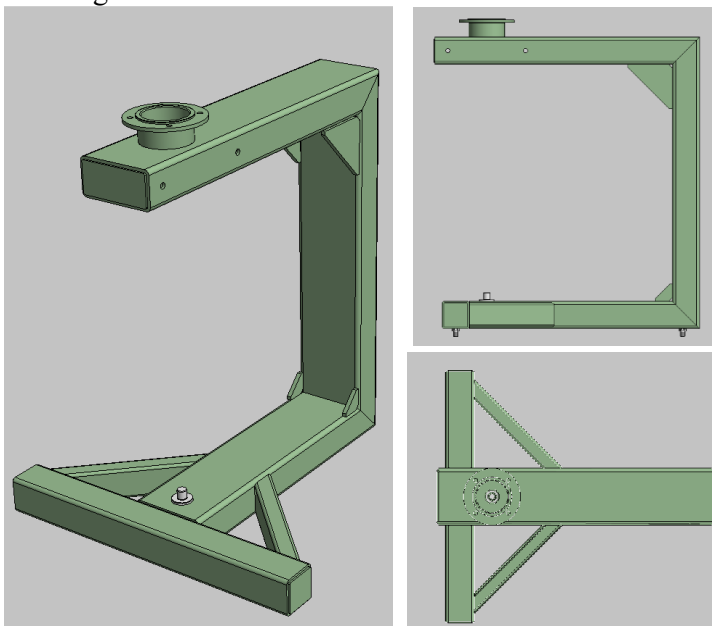
### 5.4.2 Positionering

Provtagningsutrustningen har anpassats för att kunna monteras i fronen på en lastbil. Detta innebär att storleken har hållits nere för att utrustningen ska kunna förvaras i lastbilens fronen under transport utan att skymma föraren. Även vikten har hållits nere för att hålla nere dimensioner på armsystem, samt att ej orsaka för stora fjädringsrörelser hos lastbilen under positionering. Utrustningen kan förflyttas utmed hela fordonets bredd + ytterligare 0,5m utanför fordonets högra och vänstra sida. I längsled kan utrustningen förflyttas 1,5m. Vid provtagning

positioneras först fordonet ungefärligt, därefter finpositioneras utrustningen till provtagningsstället inom en rektangel med 3,5 m bredd och 1,5m djup. Räckvidden för finpositionering är vald för att kunna genomföra en serie provtagningar utan att behöva flytta fordonet. En sådan serie tas normalt tvärs körfältet från skarven mot intilliggande körfält ut till vägrenen, alternativt längsmed körfältet inom en sträcka på c:a 1m. Positioneringen sker med hjälp av ett hydrauliskt armsystem. Armsystemet sitter i sin tur på t.ex. ett standard plogfäste där även uttag för hydraulik finns. Rörelserna i xyz-led sker med hjälp av radiokontroll, och operatören kör utrustningen till önskad placering. I en vidareutvecklad version skulle systemet kunna positionera utrustningen automatiskt med hjälp av GPS och koordinater. Armsystemet redovisas ej mer i detalj då detta projekts fokus ligger på att lösa själva provtagningsmomenten, men beskrivs ändå i generella termer då det är viktigt för funktionaliteten hos utrustningen.

#### 5.4.3 Ram och karusellösning

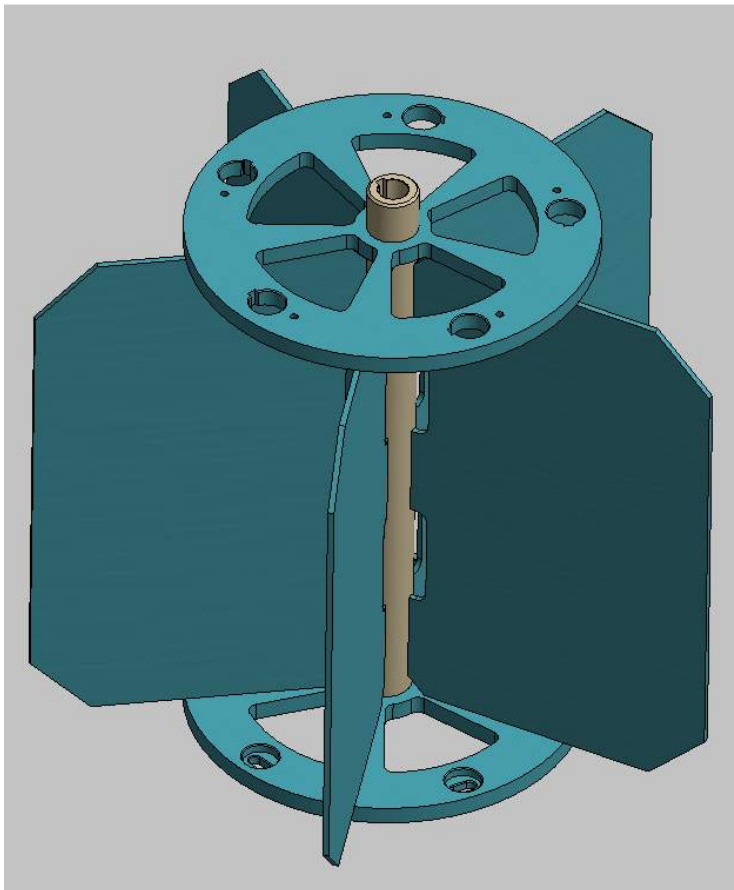
Utrustningens ram är uppbyggd av fyrkantströr i stål. Den ihopsvetsade ramen utgör ett liggande U sett från sidan, där själva revolvermagasinet är placerat inuti U-formen. Sett ovanifrån är ramen T-formad med en tvärliggande balk längst fram på undre delen av U:et. Längst ut i T:ets tre ändar är ramen försedd med gummifötter på undersidan, på vilka utrustningen vilar mot marken. Tre punkter istället för att hela ramen ställs ned mot marken, gör utrustningen mindre känslig för ojämnheter, småsten etc. Gummifötternas friktion ser till att utrustningen står stilla mot underlaget tillsammans med egenvikten på c:a 300kg, som också tjänar som motvikt vid borrning.



Figur 5.8 Ram

Själva karusellen består av 5 fack och är lagrad upptill och nedtill i ramens U. Rotationen sker med hjälp av en elmotor med snäckväxel monterad på en fläns ovanför U-ramen. Växelns utgående axel är försedd med kil som via en axelkoppling driver axeln som i sin tur driver karusellen försedd med kilspår. Axeln, koppling samt motor+växel monteras ovanifrån genom/på ramens fläns. Karusellen består av två runda skivor, en upptill och en nedtill. Dessa förbinds av en ihålig axel i centrum, samt av stabiliserande avdelare mellan de fem facken. Framtagen design är anpassad för att svetsas ihop av stål, men andra material och sammanfogningsmetoder är tänkbara för denna del. T.ex. kan hela eller delar tillverkas av aluminium om lägre vikt

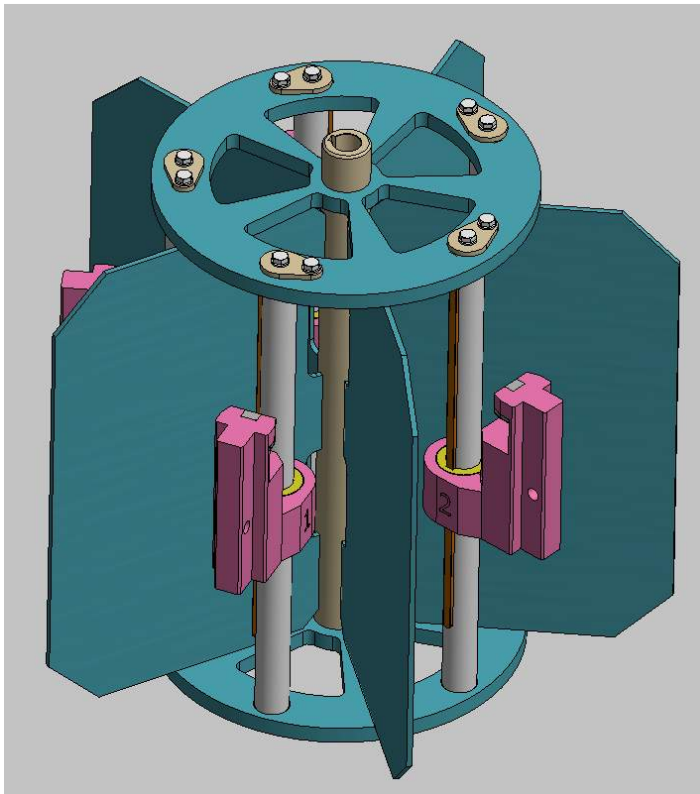
önskas.



**Figur 5.9** Karusell stomme

I respektive fack är karusellens övre och undre skivor är försedda med hål för gejdaxlar. Gejdaxlarna träns i ovanifrån och vilar mot försänkningen i undre skivan. Gejdaxlarna är försedda med en tapp nedtill samt en kil som förhindrar axlarna från att rotera i förhållande till skivorna. På gejdaxeln kan en verktygshållare löpa upp och ner. Verktygshållaren glider mot gejdaxeln i en bronsbussning med kilspår som förhindrar rotation. Bronsbussningen är en utbytbar del som kan ersättas vid slitage. Eftersom bronsbussningen är mjukare sparas också gejdaxeln från slitage. Verktygshållaren är i denna konstruktionslösning identisk för samtliga fem fack, och verktygens fästen får anpassas mot fästet, i de fall ett färdigt standardverktyg används kan en adapter användas.

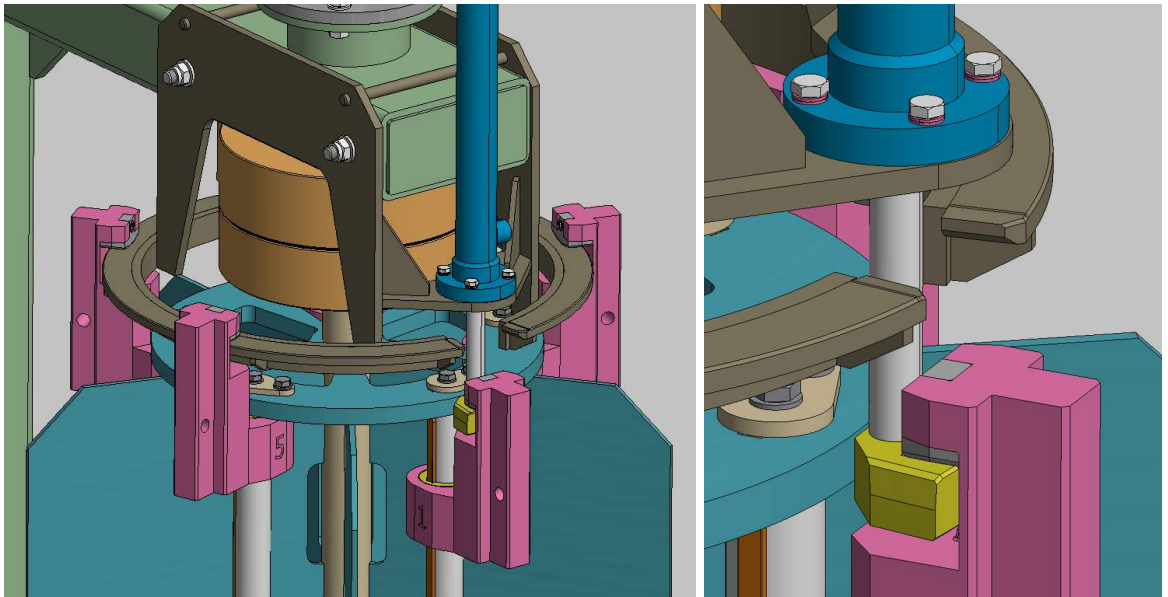




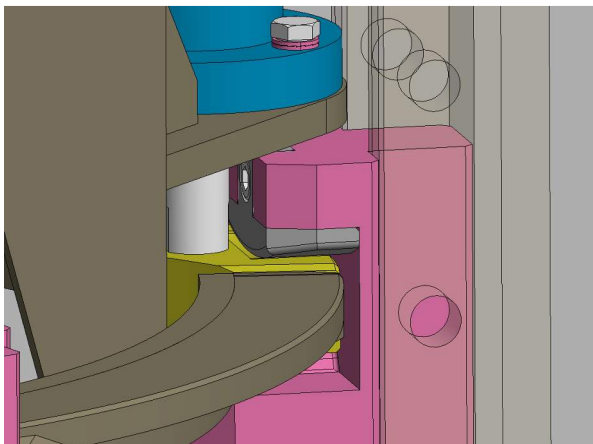
**Figur 5.10** Gejdaxlar med verktygsfästen (rosa)

Verktygsfästets vertikala rörelse sker med hjälp av en hydraulcylinder. En och samma hydraulcylinder höjer/sänker samtliga fem verktyg, ett i taget. Detta sker genom att verktygsfästena hänger på en ring i sina övre lägen. En sektion av ringen är sammankopplad med hydraulcylinderns kolv vilken därmed följer med kolvens vertikala rörelse. Verktyget som ska användas roteras fram så att det hänger på denna höj/sänkbara sektion av ringen, och sänks därefter ned mot asfalten med hjälp av hydraulcylindern. Detta läge längs ringen där verktygen används benämns fortsättningsvis ”aktiv position”. Verktygsfästet är glidlagrat mot ringen med en kloss av slitstarkt plastmaterial. Plastklossens glidyta är utformad med radie för att lättare passera skarven mellan fasta delen och den rörliga sektionen av ringen. Den rörliga ringsektionen är dessutom försedd med motsvarande radie så att verktygsfästet styrs in i exakt position och vilar stadigt och stilla i ringsektionens radie vid höjning/sänkning. Verktygsfästet hänger normalt med egentyngden i ringsektionen, men hydraulcylindern kan även pressa verktygsfästet nedåt vilket krävs vid t.ex. borring.

Vid signal initierat av knapptryck på radiokontroll eller från att föregående moment är klart, roteras nästa verktyg fram automatiskt till aktiv position. Rotationsrörelsen övervakas av absolutgivare placerad på karusellens axel, och övre läget hos den rörliga ringsektionen övervakas med hjälp av absolutgivare för hydraulcylinderns position. Vidare kan övre läge utgöras av hydraulcylinderns fullt indragna läge, vilket även ger ett mekaniskt stopp i övre läget.



Figur 5.11 Ring (brun) för upphängning av verktyg med rörlig sektion (gul) för verktyg i aktiv position

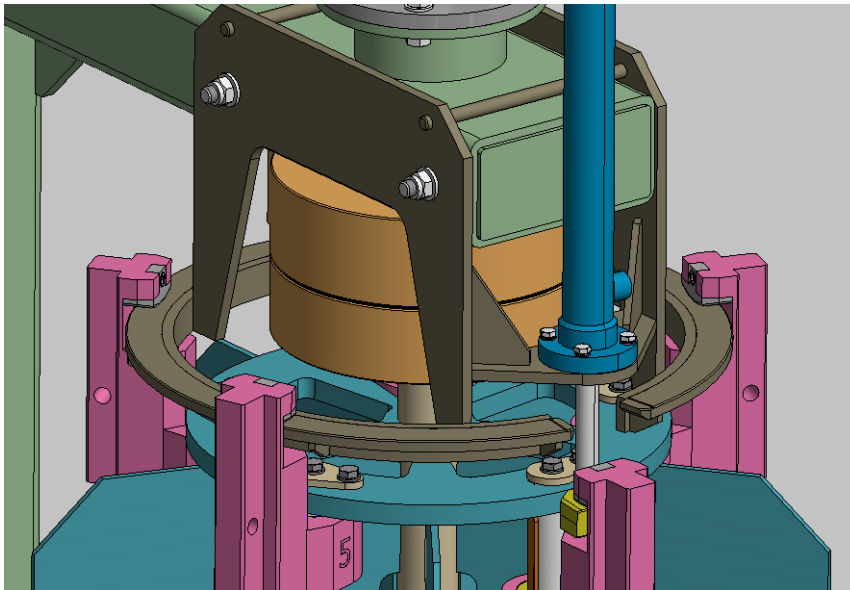


Figur 5.12 Glidkloss av plastmaterial (mörkgrå) vilar mot rörlig ringsektion (gul).

De olika verktygen behöver bli försörjda med följande:

- Elkraft
- Styr signaler
- Hydraulolja
- Vatten för kylning borrh samt härdning av kallasfalt
- Sugslang för städning

Här har en svivellösning valts för att minska hanteringen av kablage och slangar under rotation. Sviveln består av två halvor, varav den övre som står stilla har inlopp för ovanstående funktioner, och den undre som roterar har utlopp på lämpliga ställen beroende på verktygens placering i karusellen. I sviveln finns spår för vätska och släppringar för elektrisk kontakt, vilket eliminerar behovet av slangar/kabel mellan den roterande delen och den fasta delen. Sviveln blir specialkonstruerad för just denna applikation för att hålla nere storleken, och baserat på andra typer av svivlar har en uppskattad storlek på svivel modellerats in i konstruktionen. Sviveln är en viktig komponent för utrustningens funktion, dock har denna ej konstruerats i detalj inom ramen för detta projekt, då detta är känd teknik som kan hämtas från andra applikationer. Fokus har istället lagts på de moment som är unika för just provtagning av asfalt.



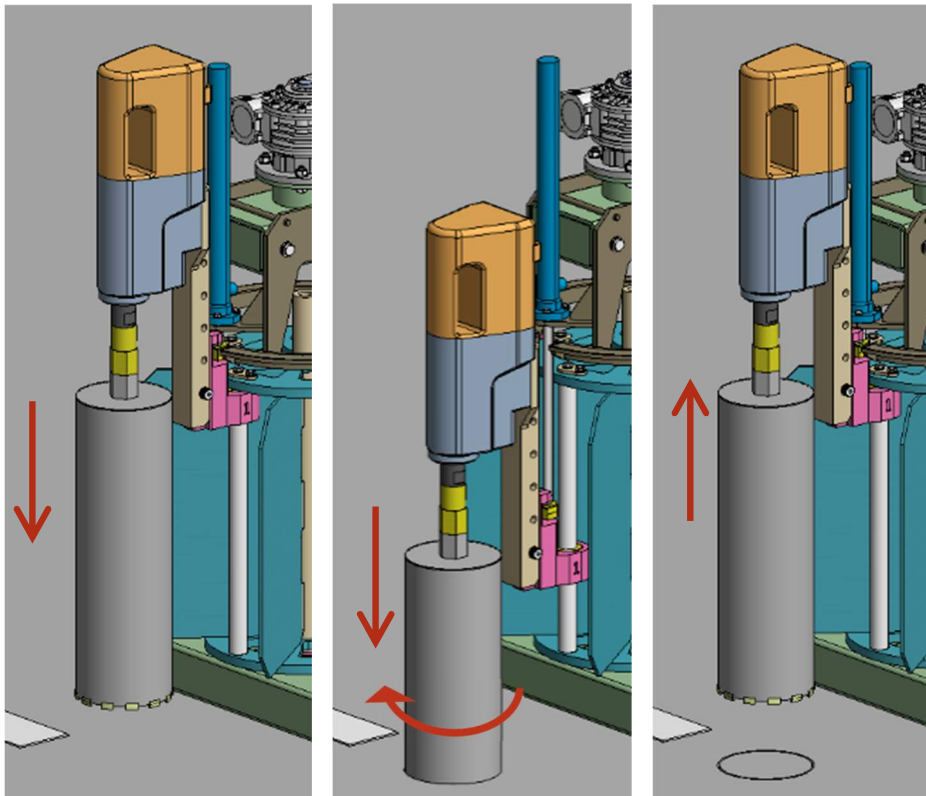
Figur 5.13 Svivel (orange) för överföring av el och vätska.

#### 5.4.4 Borrning

Första steget i provtagningen är borrning. Här används en standard elektriskt driven bormaskin som med hjälp av en adapter sitter fast på verktygsfästet. Till borrarverkyget ansluts även vatten som kylvatten under borrarverkyget.

Karusellens hydraulcylinder har här 2 funktioner, dels sänka/höja bormaskinen från marken inför/efter borrarverkyget, och dels att sköta matningen under själva borrarverkyget. Operatören ställer in parametrar som matnings- och rotationshastighet beroende på asfaltens kvalitet och eventuellt ytterligare faktorer. Även borrarverkyget ställs in som en parameter. Därefter startas borrarverkyget med ett knapptryck, och själva borrarverkyget sker sedan automatiskt med inställt varvtal och matning tills önskat djup är uppnått. Därefter lyfts borrarverkyget upp igen till utgångsläget, och utrustningen roterar fram nästa verktyg. Senast inställda parametrar ska komma ihåg till nästa borrarverkyget.

Just att styra varvtal och matning samt att se till att det finns kylvatten är viktigt för att inte borrarverkyget ska fastna i borrarverkyget. Utrustningen måste därför programmeras med hänsyn till detta, t.ex. med stegvis borrarverkyget där borrarverkyget lyfts upp något med jämna mellanrum. Även kylvattenflödet måste säkerställas, upphör tillförsel av kylvatten ska borrarverkyget avbrytas så att inte provkroppen överhettas med följden att den fastnar i borrarverkyget eller blir förstörd. Vilka parametrar som gäller för olika förhållanden är inte vidare studerat i detta projekt, utan får utredas i samband med programmering tillsammans med erfarna operatörer och sedan verifieras genom tester i fält.



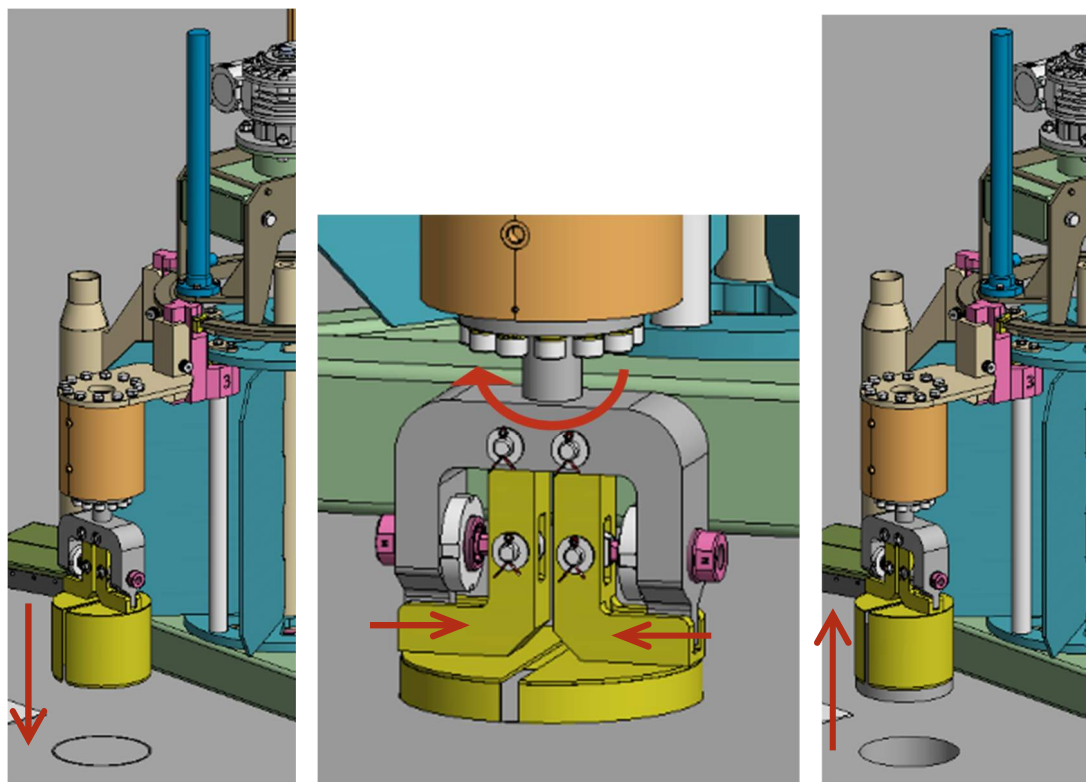
Figur 5.14 Borrverktyg

#### 5.4.5 Grip-, Vrid- & Lyftverktyg

Nästa steg i provtagningen är att lossa provkroppen från underlaget och lyfta upp denna. Dagens metod att bända loss provkroppen är svår att efterlikna maskinellt då den kräver ett visst handlag och dosering av kraft för att inte skada provkroppen. Istället har en ny lösning arbetats fram bestående av ett verktyg som kan gripa, vrida och lyfta provkroppen ur hålet. Verktøget sänks ned med hjälp av karusellens hydraulcylinder. Längst ned på verktøget sitter två rörhalvor med samma diameter som borret, vilka sänks ned i borrhålet. Detta moment kräver stor precision för att halvorna ska söka sig ner i det relativt smala borrhålet och är kanske den främsta anledningen till att karusellösningen valts som möjliggör en exakt positionering mellan delmomenten.

Rörhalvorna är gjorda av stål och är fasade i nederkant för att underlätta att hitta ner i spåret. När väl verktøget är nere i hålet, griper halvorna runt provkroppen med hjälp av små hydraulcylindrar placerade strax ovanför halvorna. Hydraulik möjliggör en stor klämkraft med relativt kompakta komponenter. Klämkräften ska vara en inställbar parameter, och kunna anpassas efter asfaltens kvalitet. Genom att rörhalvorna griper tag runt hela provkroppens omkrets erhålls ett skonsamt ingrepp som minskar risken för att provkroppen kläms sönder. I nästa moment vrids provkroppen loss från underliggande skikt. Genom att verktøget griper runt hela provkroppen och längs med större delen av provkroppens djup, ökar sannolikheten för att brytsnittet blir på önskat ställe, dvs i botten av borrhålet. Vridrörelsen åstadkoms av ett hydrauliskt vriddon som sitter ovanför hydraulcylindrarna, och därmed vrids både rörhalvor och mekanismen som sluter/öppnar dem. Vridrörelsen kan ske efter ett programmerbart mönster både medsols och motsols. För att ytterligare öka friktionen mellan rörhalvor och provkropp kan rörhalvornas insida förses med någon form av struktur som ger ett lagom grepp utan att förstöra provkroppen. Efter vridrörelsen, lyfts hela verktøget inklusive provkropp upp av hydraulcylindern. Hela detta moment kan automatiseras helt utan manöver från operatör och kan

initieras av att föregående borroperation är slutförd. Detta verktygs funktion bör utprovas i praktiska tester, så att verktyget verkligen kan leta sig ner i borrhålet utan att hindras av att provkroppen lägger sig snett eller att det förekommer sten eller annat skräp i spåret. Vidare måste griphalvornas utformning och kraft testas så att de ger tillräcklig gripkraft utan att skada provkroppen.



**Figur 5.15** Grip-, Vrid- och Lyftverktyg. Rörhalvor (gula) griper tag i provkroppen m.hj.a. hydraulcylindrar rosa). Vridrörelse sker m.hj.a. hydrauliskt vriddon (orange).

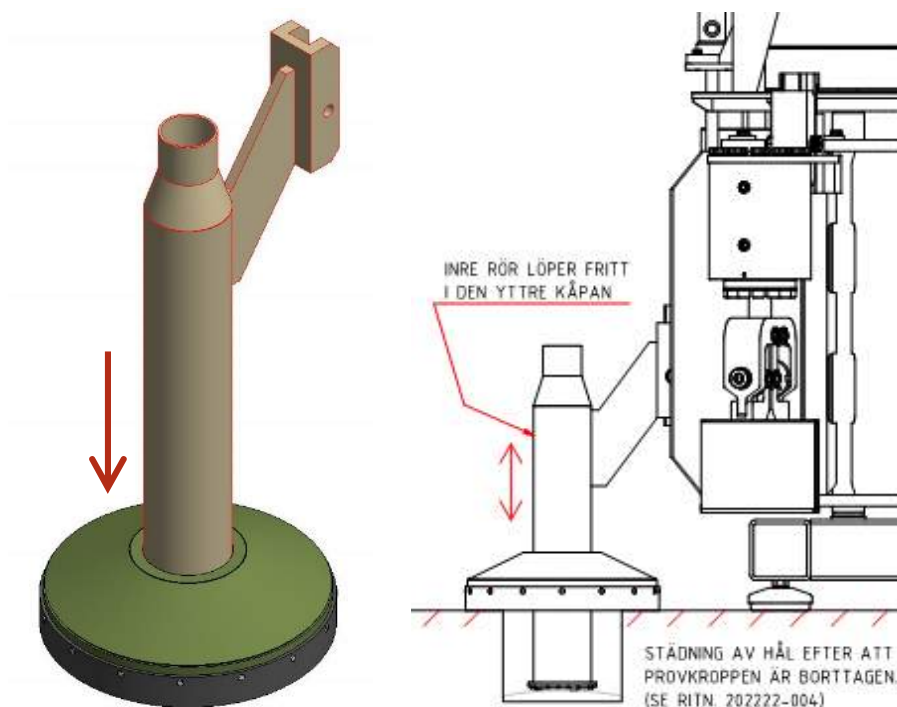
#### 5.4.6 Rengöring / Städning

Efter att provkroppen avlägsnats ska borrhålet rengöras från stenmaterial och överflödigt vatten innan lagning kan påbörjas. Behovet av rengöring i borrhålet diskuterades i referensgruppen, men slutsatsen blev att detta moment behövs för att kunna säkerställa provtagning under alla förhållanden. Dessutom krävs en avslutande städning av området i direkt anslutning till provtagningsstället för att ta upp överbliven lagningsmassa, så behovet av ett rengöringsverktyg finns i vilket fall som helst.

Lösningen blev ett verktyg som fungerar som en våtdammsugare. Sugmotor och behållare placeras fast monterade på fordonet och kopplas med slang via armsystemet till sviveln. Från den roterande delen av sviveln går sedan slang till sugröret som kan höjas/sänkas. I änden av sugröret sitter en kåpa försedd med gummitätning nertill. Genom att kåpan sänks ned och sluter tätt mot marken sugs löst material innanför kåpan upp genom röret och vidare genom slang och svivel till behållaren på fordonet. På så sätt städas området som avslutande moment i provtagningen. För att kunna städa borrhålet innan lagning, är kåpan fjäderbelastad och glidlagrad så att denna kan röra sig vertikalt längs sugröret. Därmed kan sugröret fortsätta sänkas ned i borrhålet genom

kåpan efter att kåpan stannat mot marken. För att inte för mycket material ska sugas upp från botten av borrhålet kan röröppningen förses med ett grovmaskigt nät.

Hela städoperationen kan ske med automatik, städverktyget roteras fram, sugen startas, verktyget sänks ned med hjälp av hydraulcylindern till önskat djup, lyfts efter några sekunders städning upp igen, sugen stoppas.



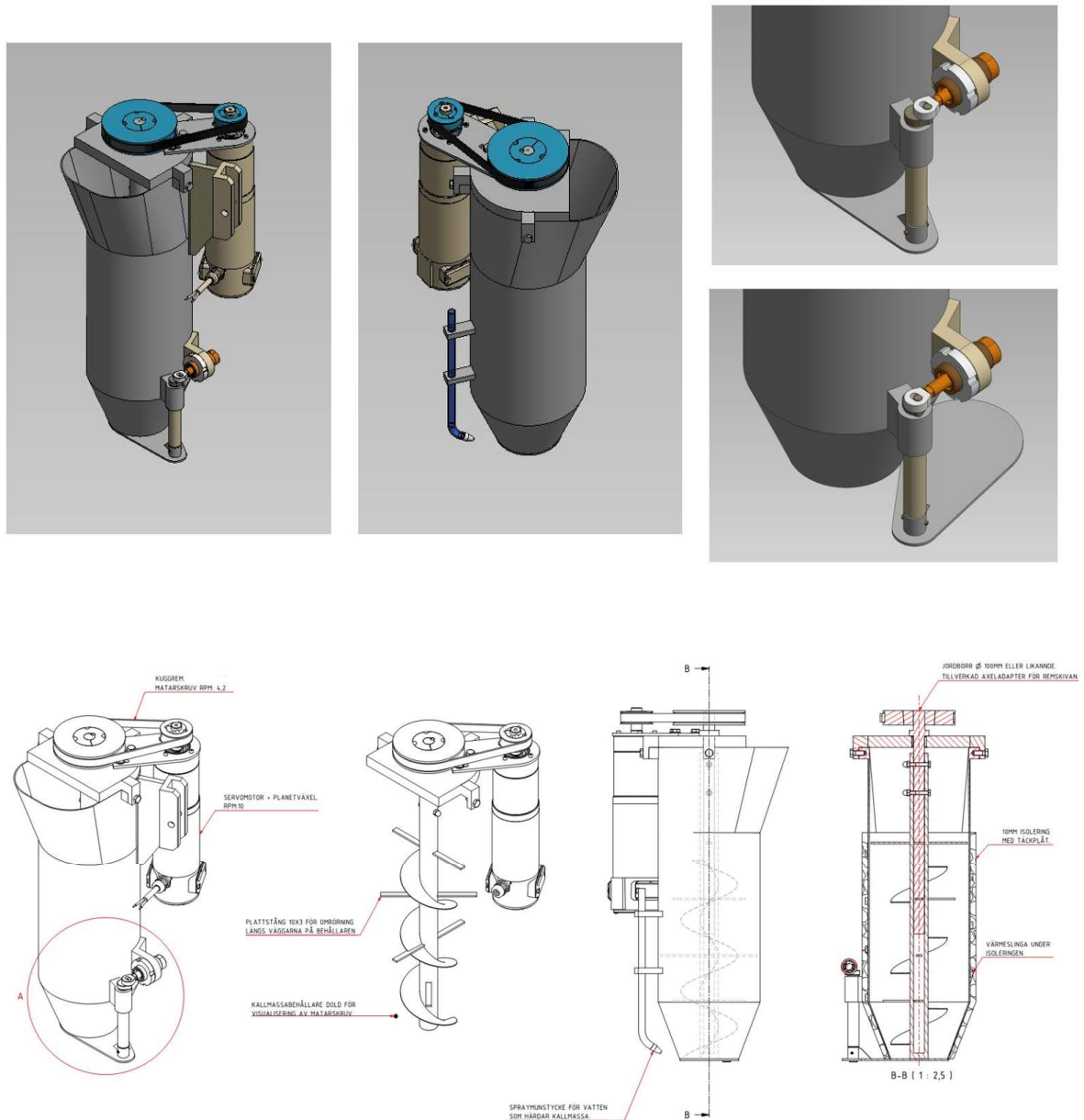
Figur 5.16 Städverktyg

#### 5.4.7 Fyllning med kallasfalt

Nästa moment efter rengöring är lagning av hålet. Detta görs genom att fylla hålet med kallasfalt, tillföra vatten för härdning och packa lagningsmassan. Fyllning / packning behöva göras växelvis för att få packat material hela vägen från botten till överkant av hålet. Längst upp läggs dessutom en råge för att motverka att en fördjupning skapas då kallasfalten packas ytterligare pga av trafik.

Efter praktiska tester valdes lösningen med en cylindrisk behållare försedd med en invändig matarskruv för att få ett kontrollerat utflöde av kallasfalten. Behållaren kan höjas/sänkas med hjälp av hydraulcylindern. Matarskruvens drivs via kuggrem av en elmotor som är placerad vid sidan om behållaren för att hålla nere verktygets totalhöjd. I botten av behållaren sitter en skjutlucka som manövreras av en mindre hydraulcylinder. Intill luckan sitter ett vattenmunstycke som bevattnar kallasfalten som kommer ur behållaren. Behållaren laddas i förväg av operatören på säker plats skyddad från trafiken. Laddning av behållaren sker genom att hälla i kallasfalt och samtidigt köra matarskruvens tills materialet kommer ut genom den öppna luckan nertill. För att förhindra variationer i kallasfaltens egenskaper är behållaren isolerad och försedd med värmeslingor som håller en konstant temperatur på massan. Förutom att hålla kallasfalten varm vid låga utetemperaturer, förhindrar isoleringen också kallasfalten från att bli för varm soliga

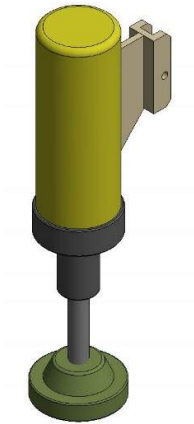
sommardagar. Vid behov går det även att förse behållaren med kylslingor för vatten. Vatten finns ändå framdraget till verktyget då detta behövs för att härda kallasfalt. Behållarens kapacitet är en av två faktorer som styr hur många provtagningar som kan göras i följd utan manuella moment. (Den andra faktorn är lagringskapacitet av provkroppar i magasinet.) Konstruktionslösningen som presenteras i detta projekt har en kapacitet på fem provtagningar. I referensgruppen diskuterades en önskad kapacitet upp till tolv provtagningar, eller allra helst en hel arbetsdags provtagning. Hänsyn får tas till kallasfaltens härdningstid samt tillgängligt utrymme vid utformning av behållaren. Härdningstiden kan förlängas genom att göra behållaren helt tät, och vid behov endast öppna en ventil vid matning av kallasfalt för att undvika undertryck längst upp i behållaren när materialet sjunker.



Figur 5.17 Verktøy for fyllning av borrhål med kallasfalt

#### 5.4.8 Packning, stampning

Kallasfalten packas med hjälp av en stamp. Stampen består av en elektrisk borrhammare försedd med en cirkulär stampfot. Stampfotens diameter anpassas så att den är något mindre än borrhålets diameter så att stampen kommer ner och kan packa kallasfalten i hålet. Hydraulcylindern höjer och sänker stampen, och lägger även på ett konstant tryck nedåt under själva stampningen då borrhammarens slag hjälper till att packa kallasfalten.



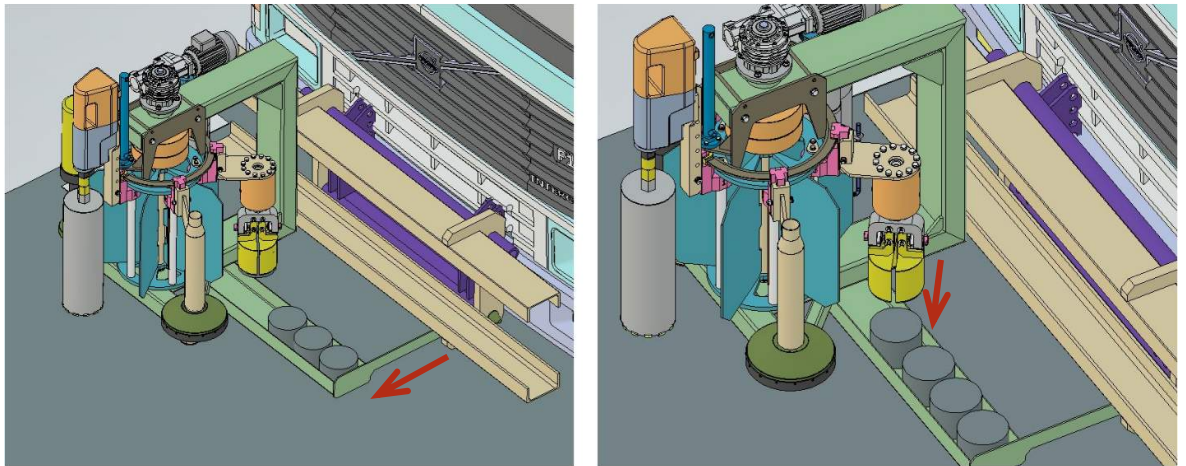
Figur 5.18 Borrhammare med stampfot för packning av kallasfalt

#### 5.4.9 Magasinering

Efter slutstädning (se beskrivning städverktyg i tidigare kapitel) är samtliga moment vid provtagningsstället slutförda, och endast magasinering av provkroppen återstår innan en ny provtagning kan påbörjas. Magasinering sker genom att hela utrustningen lyfts upp och dras tillbaka in mot fordonet. På fordonet sitter ett magasin som kan skjutas fram under utrustningen. Vrid/Lyft-verktyget som fortfarande håller provkroppen, roteras fram och sänks ned mot magasinet, öppnar rörhalvorna och släpper ned provkroppen i magasinet. Provtagningsutrustningen kan nu positioneras på nytt och en ny provtagning genomförs.

Magasinets kapacitet är tillsammans med kallasfaltbehållarens storlek, de faktorer som påverkar hur många provtagningar som kan genomföras utan inblandning av manuella moment. Eftersom magasinet sitter på fordonet är inte utrymmesbehovet lika kritiskt, och magasinet kan därmed matchas så att det klarar minst kallasfaltbehållarens kapacitet. Vid fullt magasin (och tom kallasfaltbehållare) kan fordonet köras till säker plats avskärmd från trafik, för att tömma magasinet manuellt.





Figur 5.19 Magasinering av provkropp

#### 5.4.10 Styrsystem

Utrustningen är beroende av ett styrsystem bestående av PLC och givare. Efter positionering, som för närvarande förutsätts göras av operatören med radiokontroll, skulle hela provtagningen kunna automatiseras.

Styrsystemet måste minst vara utrustat med följande **givare** för att automatisera provtagningen:

Benämning givare	Kort benämning	Funktion
Absolutgivare rotation karusell	ROT	Övervakar karusellens absoluta läge avseende rotation.
Absolutgivare hydraulcylinder	CYL	Övervakar hydraulcylinderns läge i höjd och styr hastighet beroende på vilket verktyg som styrs.
Flödesvakt vatten	VAT	Övervakning kylvatten borr + vatten för härdning av kallasfalt.
Tryckgivare plusslag hydraulcylinder	TRY	Övervakar och styr tryckkraften i hydraulcylindern beroende på vilket verktyg som används
Rotationsvakt kallasfaltbehållare	RVA	Övervakar om matarskruven roterar eller ej.

Minst följande **parametrar** ska vara inställbara i användargränssnittet av operatören:

Parameter	Enhet
Borrans rotationshastighet	rpm
Borrans matningshastighet	mm/s
Borrdjup	mm

Före borring ställs varvtal, matning och borrdjup in av operatören. Därefter startas **provtagningssekvensen** enligt nedan (styrande/övervakande givare inom parentes):

1. Borrverktyget roteras fram (ROT) och borren sänks ned tills den tar emot asfalten (TRY), och höjs därefter någon centimeter (CYL).
2. Borrmotorn startar, kylvattnet slås på (VAT) och borren matas ner genom asfalten (TRY).
3. När önskat borrhjup är uppnått (CYL) höjs borret upp igen till läge för att rotera fram nästa verktyg (CYL).
4. Grip/Vrid-verktyget roteras fram (ROT).
5. Grip/Vridverktyget sänks ned i borrhjupen (CYL).
6. Grip/Vridverktyget griper och vrider loss provkroppen.
7. Grip vridverktyget höjs upp till läge för rotation (CYL).
8. Rengöringsverktyget roteras fram (ROT).
9. Röret sänks ned i borrhålet (CYL).
10. Röret stannar i nedre position en viss tid.
11. Röret höjs upp till läge för rotation (CYL).
12. Kallasfaltbehållare roteras fram (ROT).
13. Behållare sänks ned mot borrhålet (CYL).
14. Lucka öppnas, skruven startar, bevattning startar (RVA, VAT) en viss tid.
15. Lucka stängs, behållare höjs upp inför rotation (CYL).
16. Stamp roteras fram (ROT).
17. Stamp sänks ned tills kallasfalten tar emot (TRY).
18. Stamp startas och trycks nedåt av hydraulcylinder tills ett visst tryck uppnåts (TRY), alternativt en viss tid. Cylinderns position läses av (CYL).
19. Stamp höjs upp inför rotation. (CYL)
20. Kallasfaltbehållare roteras fram (ROT)
21. Behållare sänks ned (CYL).
22. Lucka öppnas, skruv och bevattning startar (RVA, VAT) en viss tid beroende på cylinderns avlästa position efter stampning.
23. Lucka stängs, behållare höjs upp (CYL).
24. Stamp roteras fram (ROT).
25. Stamp sänks ned tills kallasfalten tar emot (TRY).
26. Stamp startas och trycks nedåt av hydraulcylinder tills ett visst tryck uppnåts (TRY), alternativt en viss tid. Cylinderns position läses av (CYL).
27. Stamp höjs upp inför rotation. (CYL)
28. OM cylinderns position visar att borrhålet är helt fyllt, påbörjas nästa steg, annars repeteras punkt 20 till 27.
29. Städverktyg roteras fram (ROT).
30. Sugmotor startas och verktyget sänks ned så att kåpan sluter tätt mot asfalten (CYL).
31. Efter en viss tid höjs verktyget igen till läge för rotation (CYL).
32. Provtagningssekvens slutförd.

Efter slutförd provtagning körs utrustningen manuellt till magasinet där provkroppen lämnas av innan en ny positionering görs.

Även positionering och magasinering skulle kunna automatiseras i förlängningen, men detta har ej studerats närmare inom ramen för detta projekt.

**Nödstopp** ska finnas som bryter kraftförsörjningen till hela utrustningen. Dels på radiokontroll, dels på fordonets båda hörn i fronten.

#### 5.4.11 Hydraulik

Hydraulaggregat med tank och pump sitter fast monterat på fordonet tillsammans med ventilpaket med riktningssventiler, tryckbegränsningsventiler, flödesbegränsare m.m.

Riktningssventilen för hydraulcylindern som höjer/sänker verktygen måste vara proportionalstyrd, övriga riktningssventiler till griprörelse, vridrörelse samt kallasfaltlucka kan vara av on/off-typ.

#### 5.4.12 Tider

Även om arbetsmiljö och säkerhet för operatören är huvudfokus i detta projekt, har också en jämförelse av tider gjorts mot manuell provtagning. Vid diskussioner i referensgruppen gjordes uppskattningen att det vid manuell provtagning tar 20-30 minuter att borra/ta upp 5 provkroppar och laga hålen efteråt. Normalt utförs arbetet av 2 personer för att växelvis kunna utföra de fysiskt tunga momenten. Detta ger ett snitt på 4-6 minuter per provkropp.

Uppskattad tidsåtgång totalt samt för respektive moment för den automatiserade provtagningsutrustningen redovisas nedan. Tidtagningen startar när fordonet är placerat på rätt ställe inför provtagningen:

	<b>Moment</b>	<b>Tid (s)</b>
1	Positionering	15
2	Sänkning borr	10
3	Borring	60
4	Höjning borr	5
5	Rotera fram Grip/Vrid-verktyg	4
6	Sänkning Grip/Vrid-verktyg	10
7	Grip/Vrid-rörelse	6
8	Höjning Grip/Vrid-verktyg	5
9	Rotera fram rengöringsverktyg	4
10	Sänk ned rengöringsverktyg	5
11	Rengöring stillastående	3
12	Höjning rengöring	5
13	Rotera fram kallasfaltbehållare	4
14	Sänk ned behållare	4
15	Öppna lucka, starta skruv	5
16	Stäng lucka stoppa skruv höj upp behållaren	5
17	Rotera fram stamp	4
18	Sänk ned stamp	7
19	Vibrera och stampa	4
20	Höj upp stamp	5
21	Repetera 13-20 ytterligare en gång	39
22	Rotera fram städverktyg	4
23	Sänk ned rengöringsverktyg	3
24	Rengöring stillastående	4

25	Höjning rengöring	3
26	Lyft utrustning tillbaka till magasin + rotera fram Grip/Vridverktyg + skjut ut magasin.	15
27	Släpp provkropp i magasin.	1
	<b>TOTALT per provtagning</b>	<b>240s</b>

Totalt uppskattas alltså en automatiserad provtagning ta runt 4 minuter, vilket är i nivå med manuell provtagning idag. En reservation till ovanstående tid är att det kan krävas ytterligare en omgång med fyllning/packning av kallmassa (rad 21) vilket skulle addera ytterligare 39s. Tillkommer gör också tid för förberedelser och efterarbete i form av att ladda utrustning med kallasfalt, samt att tömma magasinet från provkroppar.

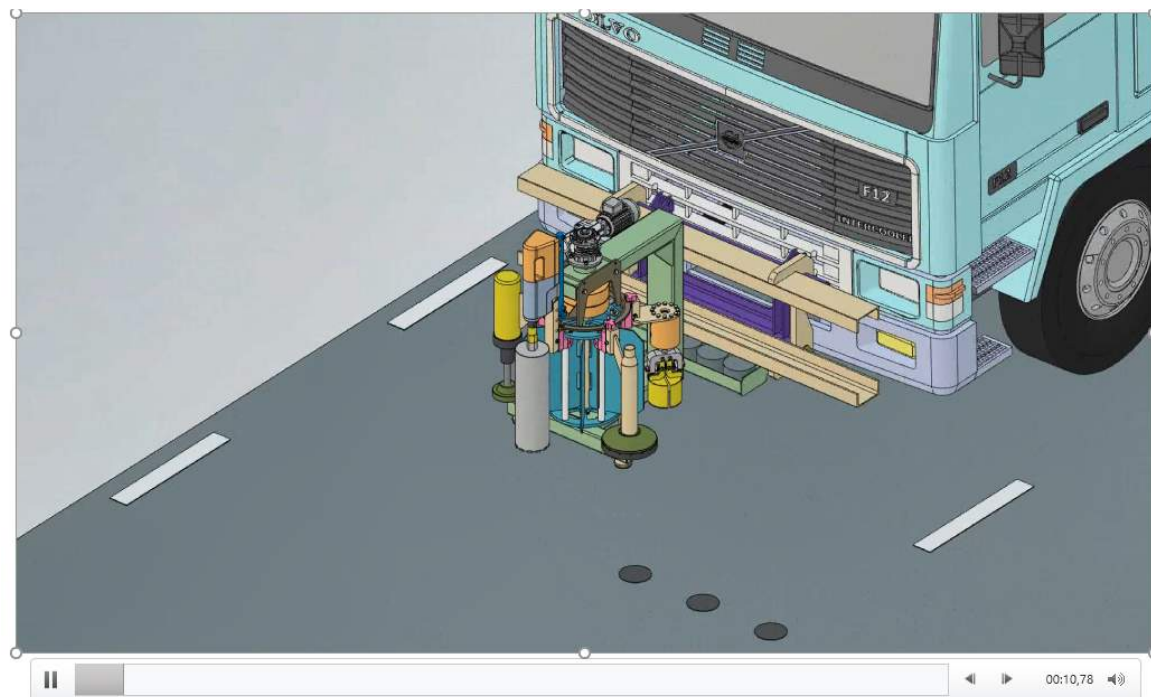
## 5.5 Redovisning

Denna SBUF-rapport utgör beskrivning av utrustning och de resultat och slutsatser som har framkommit av projektet.

Systemhandlingar i form av ritningar är framtagna på komplett utrustning som redovisar funktionen hos respektive verktyg.

För att illustrera hur utrustningen fungerar och hur den arbetar sig igenom alla delmomenten i provtagningen har en film tagits fram som visar hela provtagningsförloppet.

Se ”202222-SBUF SÄKRARE FÄLTPROVTAGNING PRESENTATION MED LASTBIL FULL FILM.mp4”



Figur 5.20 Screenshot ur filmen som visar hela provtagningssekvensen

## 6. SLUTSATSER

Sammantaget kan konstateras att provtagningen mycket väl skulle gå att fjärrstyra/automatisera, och att det finns stora vinster i arbetsmiljön för operatören. Dels elimineras den mest uppenbara risken att operatören blir påkörd av förbipasserande trafik vid provtagningsstället, men också att få bort flertalet tunga manuella moment är en stor vinst. Att placera utrustningen görs lämpligen av operatören med radiokontroll, men själva provtagningssekvensen skulle kunna automatiseras helt. Det finns dock ett antal utmaningar i att automatisera provtagningen vilka främst grundar sig i att många av momenten idag är manuella med inslag av hantverk och fingertoppskänsla där operatören erhållit erfarenhet genom många års arbete. Förhållandena vid provtagning varierar också med avseende på temperatur, typ av asfalt, olika borrhjup och håldiametrar. Vid en automatisering av provtagningen är det således av största vikt att få en styrd och repeterbar process där rätt parametrar hos utrustningen avseende kraft, hastighet, temperatur m.fl. är anpassade till förhållandena. För att få en hanterbar mängd parametrar att styra är det därför nödvändigt att göra vissa avgränsningar i borrhjup, borrhjup och lagningsmetod i en första version av utrustningen. I en eventuell vidareutveckling kan sedan fler varianters parametrar provas ut och läggas till. Med avgränsningarna som valts i detta projekt (d100/150mm, djup max 100mm, kallasfalt) kan dock uppskattningsvis 80% av all provtagning genomföras med utrustningen, och den absoluta merparten av den provtagning som sker på trafikerad väg.

Operatören ska kunna fjärrstyra utrustningen från säker plats, och ett av de säkraste ställena att befinna sig på är inuti fordonet på förar- eller passagerarplats. Genom att montera provtagningsutrustningen framtill på en tung lastbil med platt front, får operatören en god överblick över provtagningsområdet och kan grovpositionera fordonet inför provtagning. Med stillastående fordon är arbetsområdet för provtagning hela lastbilens bredd +0,5m utanför lastbilens båda sidor, vilket ger totalt 3,5m. Detta möjliggör provtagning utmed hela körfältets bredd ända ut till skarven mot intilliggande körfält. Just skarven är ett viktigt provtagningsställe, och samtidigt det kanske farligaste stället för operatören att befinna sig på. I längsled kan utrustningen förflyttas c:a 1,5m. Denna räckvidd är vald för att kunna utföra en vanligt förekommande provtagningsserie om 5 prov i rad längs körfältet, utan att behöva flytta fordonet.

Utrustningen får ej bli för tung eller för stor för att kunna förvaras, hanteras och förflyttas av ett fordonsmonterat armsystem. Framtagen lösning har en uppskattad vikt på 300kg, och dimensionerna är inte större än att utrustningen kan placeras i fronten på en tung lastbil utan att skymma föraren under färd.

Positioneringen inom arbetsområdet inför provtagning kräver ingen större exakthet. Här räcker precisionen hos någon form av hydrauliskt armsystem där operatören med hjälp av radiokontroll kan förflytta och ställa ned utrustningen vid provtagningsstället.

Däremot krävs stor exakthet vid positionering under själva provtagningen för att nästa verktyg i ordningen ska hitta tillbaka till borrhålet. Genom att låta utrustningen stå kvar under hela provtagningen och istället använda en karusellösning kan verktygen roteras fram ett i taget med stor precision med hjälp av elmotor och växel där utgående axelns rotation övervakas med absolutgivare.

Sviveln minskar behovet av sladdar och slangar som måste rotera med karusellen. Sviveln behöver överföra elkraft, styr signaler, hydraulik, vatten samt om möjligt även kanal för våtdammsugare. För att få en kompakt svivel krävs sannolikt en svivel framtagen speciellt för detta ändamål. Kanalen för våtdammsugare är mest utrymmeskrävande och skulle vid behov

kunna lösas med separat slang som går utanför sviveln. Överföring av el/styr/hydraulik/vatten via svivel är annars känd teknik från bl.a. robotindustrin och svivelns storlek uppskattas inte bli större än att önskade funktioner får plats. Ska även våtdammsugaren gå via svivel får detta studeras närmare i en vidareutveckling av utrustningen.

Genom att använda en och samma hydraulcylinder för den vertikala rörelsen hos samtliga verktyg blir systemet enklare med färre komponenter, samtidigt som det är utrymmeseffektivt och viktbesparande. Det sparar också ett antal kanaler i sviveln eftersom höj/sänk-hydrauliken ej roterar med karusellen. Genom att övervaka hydraulcylinderns slag med absolutgivare säkerställs en hög precision vid positionering i höjddled. Vidare övervakas även hydraulcylinderns tryck för att kunna styra vissa arbetsmoment, som t.ex. tryck vid borrning/stampning samt att känna av nollnivå inför borrning samt fyllnadsgrad av kallasfalt vid stampning.

Borroperationen sker med standard eldriven bormaskin. Eventuellt kan även en hydraulisk bormaskin väljas. Vid manuell borrning kan det kasta en del, och här är det viktigt att utrustningen inte flyttar på sig. Egenvikten hos utrustningen om 300kg bör dock vara tillräcklig som mothåll vid borrning, men vid behov kan även armsystemets hydraulik användas för att låsa positionen och ge ytterligare tryck mot marken. En annan utmaning är att undvika att provkroppen fastnar och följer med borret upp. Att provkroppen fastnar beror oftast på att borret blivit för varmt och asfalten smälter och kletar fast i borret. Detta problem är större vid polymerbaserad asfalt (PMB). Genom att optimera tryck, rotationshastighet, matningshastighet och se till att borret är slipat samt har konstant kylvatten, finns dock goda förutsättningar för att styra borrhingsproceduren så att provkroppen ej fastnar. Här krävs dock en insats för att hitta de optimala parametrarna för respektive borrhissituation.

För att bryta loss och lyfta upp provkroppen utvecklas ett speciellt Grip- Vrid- och Lyftverktyg. Den manuella metoden att bända loss provkroppen är svår att automatisera då det kräver känsla för hur hårt man kan bryta och var man kan bända utan att skada provkroppen. Genom att istället sänka ner två rörhalvor i borrhålet som griper om hela provkroppens omkrets, fås ett skonsamt ingrepp med en större tryckyta mot provkroppen. Rörhalvorna vrider sedan loss provkroppen från underlaget, och det omfamnande greppet styr sannolikt så att brottet sker under gripverktygets ingrepp. Både griprörelse och vridrörelse görs med hjälp av hydraulik vilket ger en kompakt lösning. Grip/Vrid-verktygets funktion bygger dock än så länge på en teori och exakt utformning bör provas ut med hjälp av praktiska tester innan en prototyp tillverkas.

Städning av hålet med våtdammsugare är tekniskt sett relativt enkelt att åstadkomma. Utmaningen här är att få till sugslangen för borttransport av material. Mängden material som sugs upp styrs genom att styra hur långt munstycket sänks ned och hur djupt.

Fyllning av kallasfalt är det svåraste momentet att automatisera beroende på massans konsistens som varken är flytande eller fast. Utflödet ur behållaren måste styras med hjälp av en matarskruv, det går ej att få ett jämnt flöde med gravitation eller tryck ovanifrån. Vidare bör kallasfalten hållas vid konstant temperatur och i en tät behållare så att inte egenskaperna förändras över tid. Behållaren bör alltså vara isolerad och försedd med värmeslingor, samt ev även kylslingor. Vid utflödet nedtill sitter en skjutlucka och ett munstycke besprutar utkommande massa med vatten för härdning.

Stampning kan ske med motsvarande verktyg som används idag, en elektrisk borrhämmare. Borrhämmaren är försedd med en stampfot nedtill som är något mindre än hålet för att kunna

packa kallasfalten i hålet. Genom att övervaka hydraulcylinderns position efter stampning vet systemet hur fyllt hålet är med kallasfalt, och fyllning med kallasfalt/stampning sker växelvis tills hålet är helt fyllt och lagat.

Slutstädning görs med samma verktyg som vid rengöring av hålet, men röret sänks inte ned lika långt, utan allt som är innanför kåpan sugas upp.

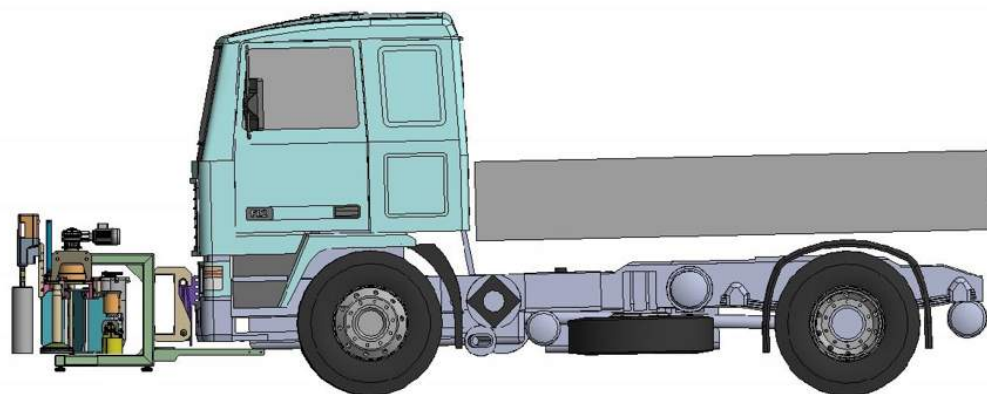
Magasineringen bedöms relativt enkelt att lösa. Magasinet behöver ej vara en del av utrustningen som flyttas med armsystemet och karusellen, och är därmed inte lika kritisk map storlek eller utformning.

## 7. FORTSATT ARBETE

Nästa steg är att ta fram en prototyp på utrustningen för provtagning på väg. Denna prototyp kan färdigställas med olika grad av automation beroende på bedömt behov av ytterligare tester samt total omfattning av nästa steg. Bl.a. Grip-, Vrid- och Lyftverkyget bör testas praktiskt i flera steg för att ytterligare ringa in rätt lösning.

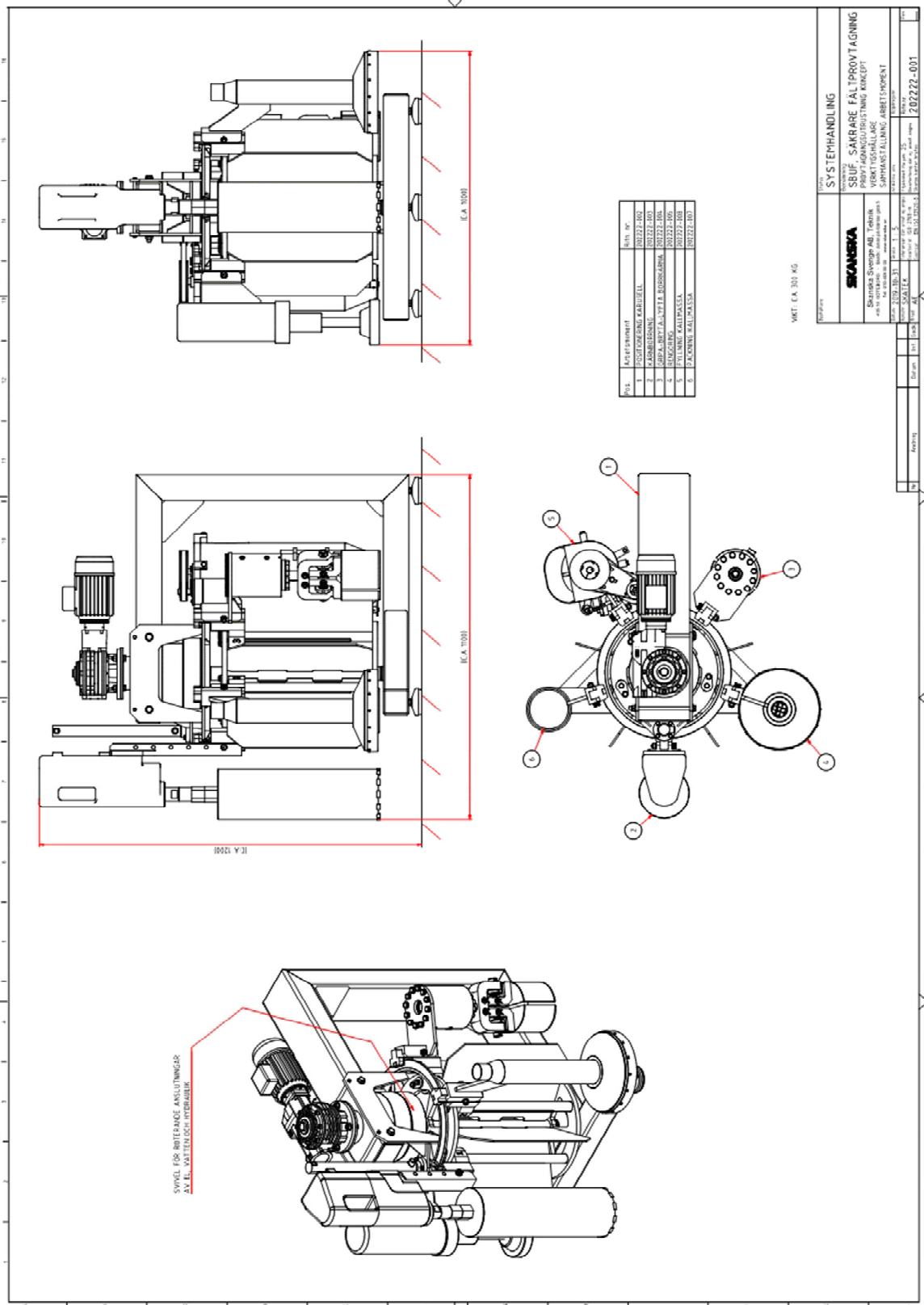
Projektgruppen avser skriva en ny ansökan om fortsättning av projektet för att i nästa steg realisera provtagningsutrustningen.

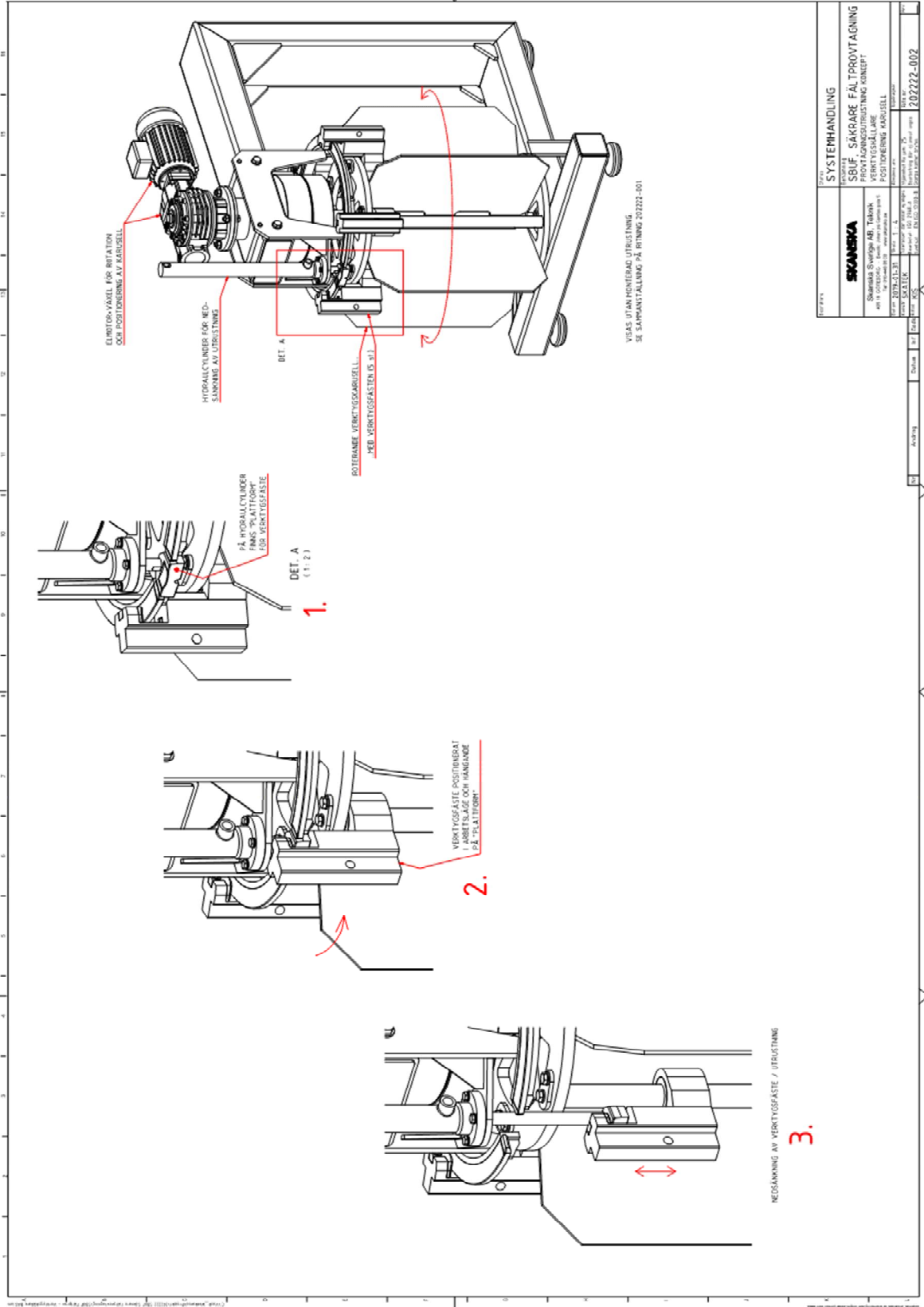
## BILAGA 1 - FORDON OCH UTRUSTNING ÖVERSIKT



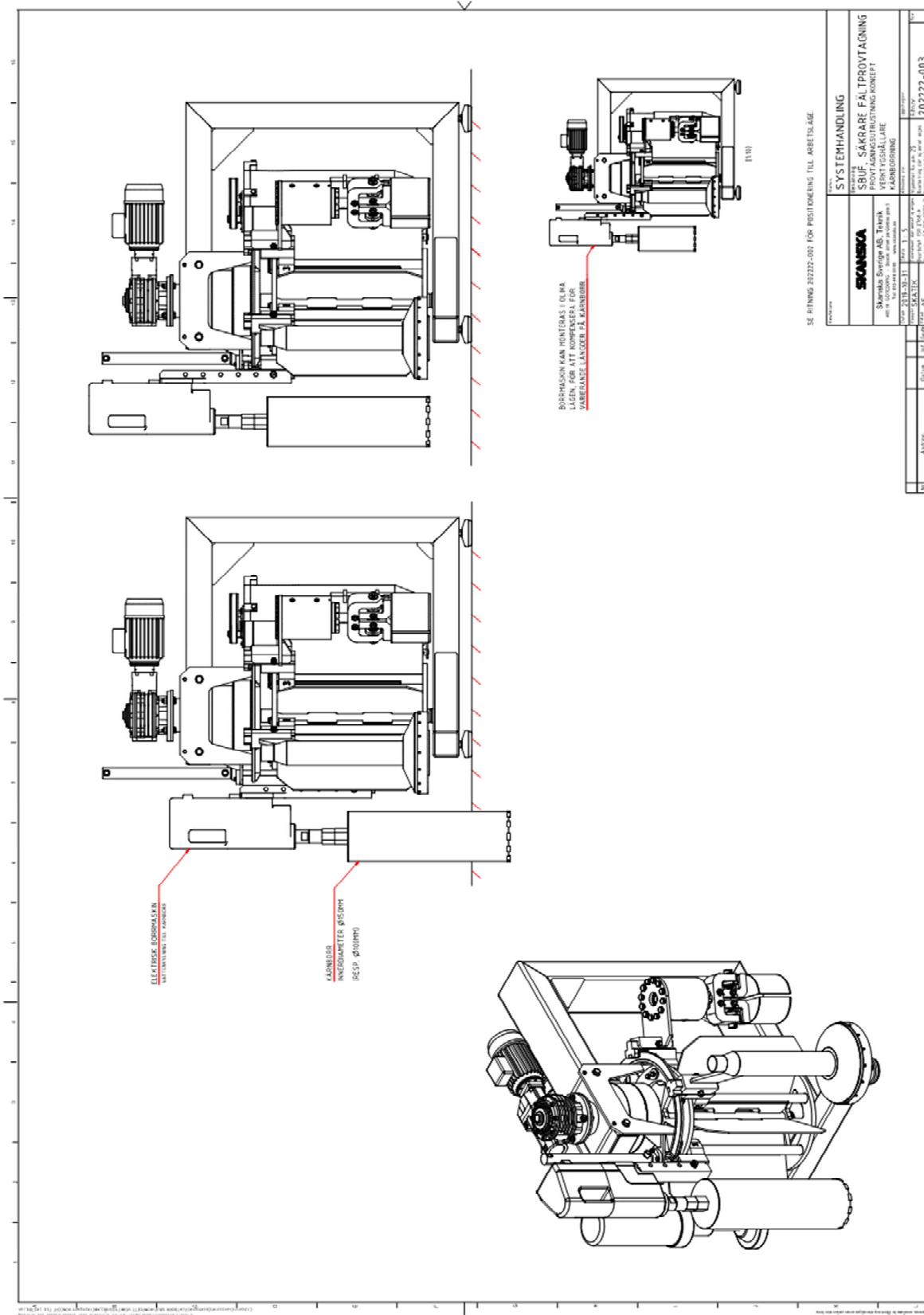


# BILAGA 2 - SYSTEMHANDLINGSRITNINGAR

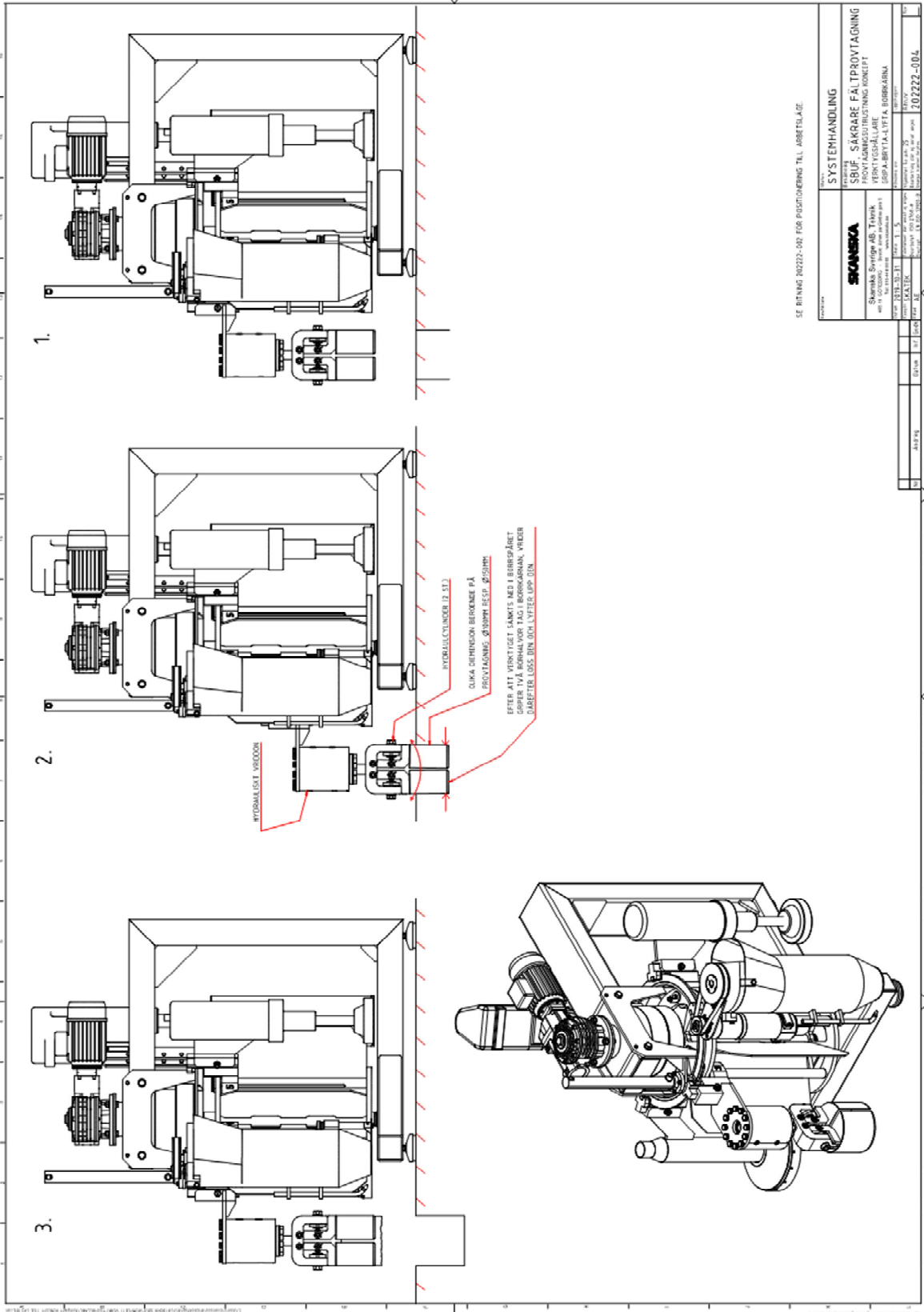




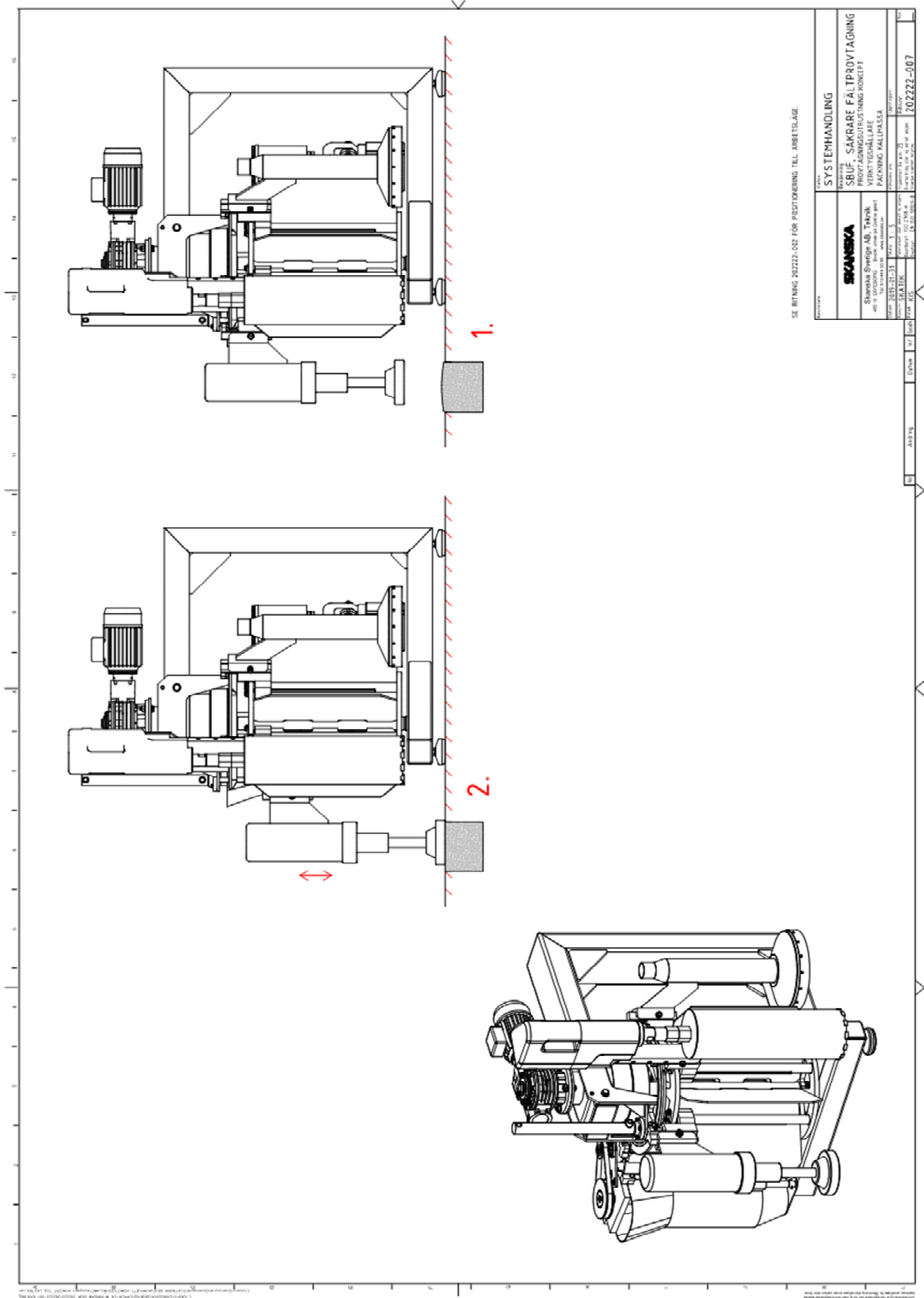
System	SYSTEMHANDLING
Proj. nr	SBIF - SÄKRABE FÄLTPROVYTÄGNING
Proj. namn	PROVUTRUSTNING KONCEPT
Proj. nr	VERTYGGÄSTEN O.S. #1
Proj. nr	POSITIONERING KAROSJELL
Proj. nr	202222-002
Proj. nr	202222-001
Proj. nr	202222-003
Proj. nr	202222-004
Proj. nr	202222-005
Proj. nr	202222-006
Proj. nr	202222-007
Proj. nr	202222-008
Proj. nr	202222-009
Proj. nr	202222-010
Proj. nr	202222-011
Proj. nr	202222-012
Proj. nr	202222-013
Proj. nr	202222-014
Proj. nr	202222-015
Proj. nr	202222-016
Proj. nr	202222-017
Proj. nr	202222-018
Proj. nr	202222-019
Proj. nr	202222-020
Proj. nr	202222-021
Proj. nr	202222-022
Proj. nr	202222-023
Proj. nr	202222-024
Proj. nr	202222-025
Proj. nr	202222-026
Proj. nr	202222-027
Proj. nr	202222-028
Proj. nr	202222-029
Proj. nr	202222-030
Proj. nr	202222-031
Proj. nr	202222-032
Proj. nr	202222-033
Proj. nr	202222-034
Proj. nr	202222-035
Proj. nr	202222-036
Proj. nr	202222-037
Proj. nr	202222-038
Proj. nr	202222-039
Proj. nr	202222-040
Proj. nr	202222-041
Proj. nr	202222-042
Proj. nr	202222-043
Proj. nr	202222-044
Proj. nr	202222-045
Proj. nr	202222-046
Proj. nr	202222-047
Proj. nr	202222-048
Proj. nr	202222-049
Proj. nr	202222-050
Proj. nr	202222-051
Proj. nr	202222-052
Proj. nr	202222-053
Proj. nr	202222-054
Proj. nr	202222-055
Proj. nr	202222-056
Proj. nr	202222-057
Proj. nr	202222-058
Proj. nr	202222-059
Proj. nr	202222-060
Proj. nr	202222-061
Proj. nr	202222-062
Proj. nr	202222-063
Proj. nr	202222-064
Proj. nr	202222-065
Proj. nr	202222-066
Proj. nr	202222-067
Proj. nr	202222-068
Proj. nr	202222-069
Proj. nr	202222-070
Proj. nr	202222-071
Proj. nr	202222-072
Proj. nr	202222-073
Proj. nr	202222-074
Proj. nr	202222-075
Proj. nr	202222-076
Proj. nr	202222-077
Proj. nr	202222-078
Proj. nr	202222-079
Proj. nr	202222-080
Proj. nr	202222-081
Proj. nr	202222-082
Proj. nr	202222-083
Proj. nr	202222-084
Proj. nr	202222-085
Proj. nr	202222-086
Proj. nr	202222-087
Proj. nr	202222-088
Proj. nr	202222-089
Proj. nr	202222-090
Proj. nr	202222-091
Proj. nr	202222-092
Proj. nr	202222-093
Proj. nr	202222-094
Proj. nr	202222-095
Proj. nr	202222-096
Proj. nr	202222-097
Proj. nr	202222-098
Proj. nr	202222-099
Proj. nr	202222-100



SYSTEMHANDLING	
<b>SKANSKA</b> Skanska Sverige AB, Teknik och Industri S-171 22 Solna Tel: +46 (0)8 737 6000 Fax: +46 (0)8 737 6001 E-post: teknik@skanska.se	Objekt: SÄKRARE FÄLTPROVTAIONG Övervakningssystem ÅRSRINGEN KARBÄRRENING
Ritning: 702222-003 Skala: 1:1 Datum: 2022-03-31 Utgåva: 1.0 Projekt: SÄKRARE FÄLTPROVTAIONG	Ritningskod: 702222-003







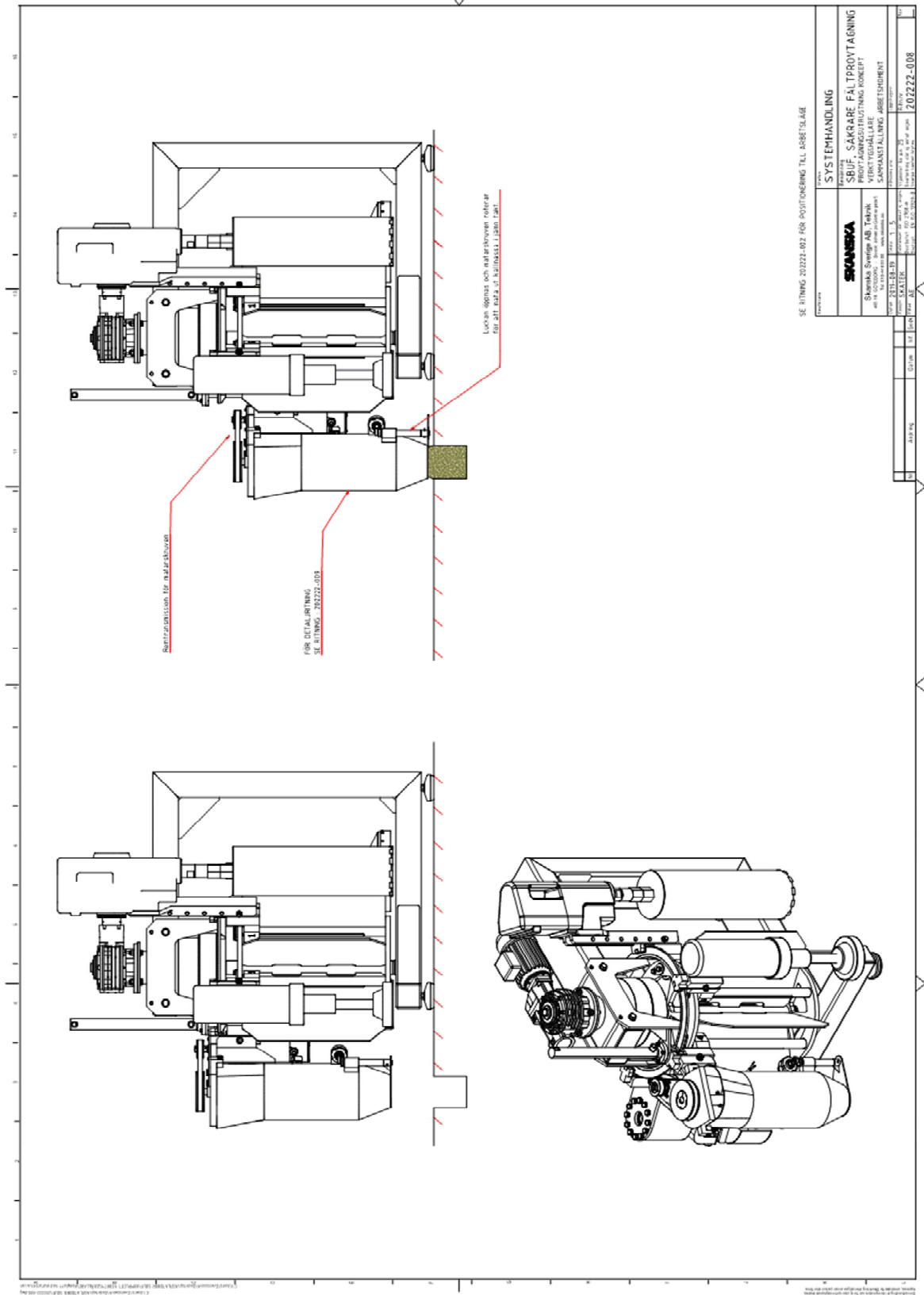
SE RITNING 202222-02 FÖR POSITIONERING TILL ARBETSLÄGE.

SYSTEMHANDLING

**SRUÖ - SÄKRABE FÄLTIPPVÄTJÄGNING**  
**PROFÄRMSÖUTJÄGNING KONKRETT**  
VERKTYSHÄLLARE  
PÅKÖRNING VÄLLPÅSSA

<b>SKANSKA</b>	
Skanska Sverige AB, Teknik	
Postadress: Box 1000, SE-201 21 Malmö	
Telefon: 040 3400000	
Fax: 040 3400001	
Skanska Sverige AB, Teknisk	
Postadress: Box 1000, SE-201 21 Malmö	
Telefon: 040 3400000	
Fax: 040 3400001	
Skanska Sverige AB, Utveckling	
Postadress: Box 1000, SE-201 21 Malmö	
Telefon: 040 3400000	
Fax: 040 3400001	
Skanska Sverige AB, Produktion	
Postadress: Box 1000, SE-201 21 Malmö	
Telefon: 040 3400000	
Fax: 040 3400001	
Skanska Sverige AB, Kundservice	
Postadress: Box 1000, SE-201 21 Malmö	
Telefon: 040 3400000	
Fax: 040 3400001	
Skanska Sverige AB, Logistik	
Postadress: Box 1000, SE-201 21 Malmö	
Telefon: 040 3400000	
Fax: 040 3400001	
Skanska Sverige AB, HR	
Postadress: Box 1000, SE-201 21 Malmö	
Telefon: 040 3400000	
Fax: 040 3400001	
Skanska Sverige AB, IT	
Postadress: Box 1000, SE-201 21 Malmö	
Telefon: 040 3400000	
Fax: 040 3400001	
Skanska Sverige AB, Legal	
Postadress: Box 1000, SE-201 21 Malmö	
Telefon: 040 3400000	
Fax: 040 3400001	
Skanska Sverige AB, Finans	
Postadress: Box 1000, SE-201 21 Malmö	
Telefon: 040 3400000	
Fax: 040 3400001	
Skanska Sverige AB, Marknadsföring	
Postadress: Box 1000, SE-201 21 Malmö	
Telefon: 040 3400000	
Fax: 040 3400001	
Skanska Sverige AB, Verksamhetsutveckling	
Postadress: Box 1000, SE-201 21 Malmö	
Telefon: 040 3400000	
Fax: 040 3400001	

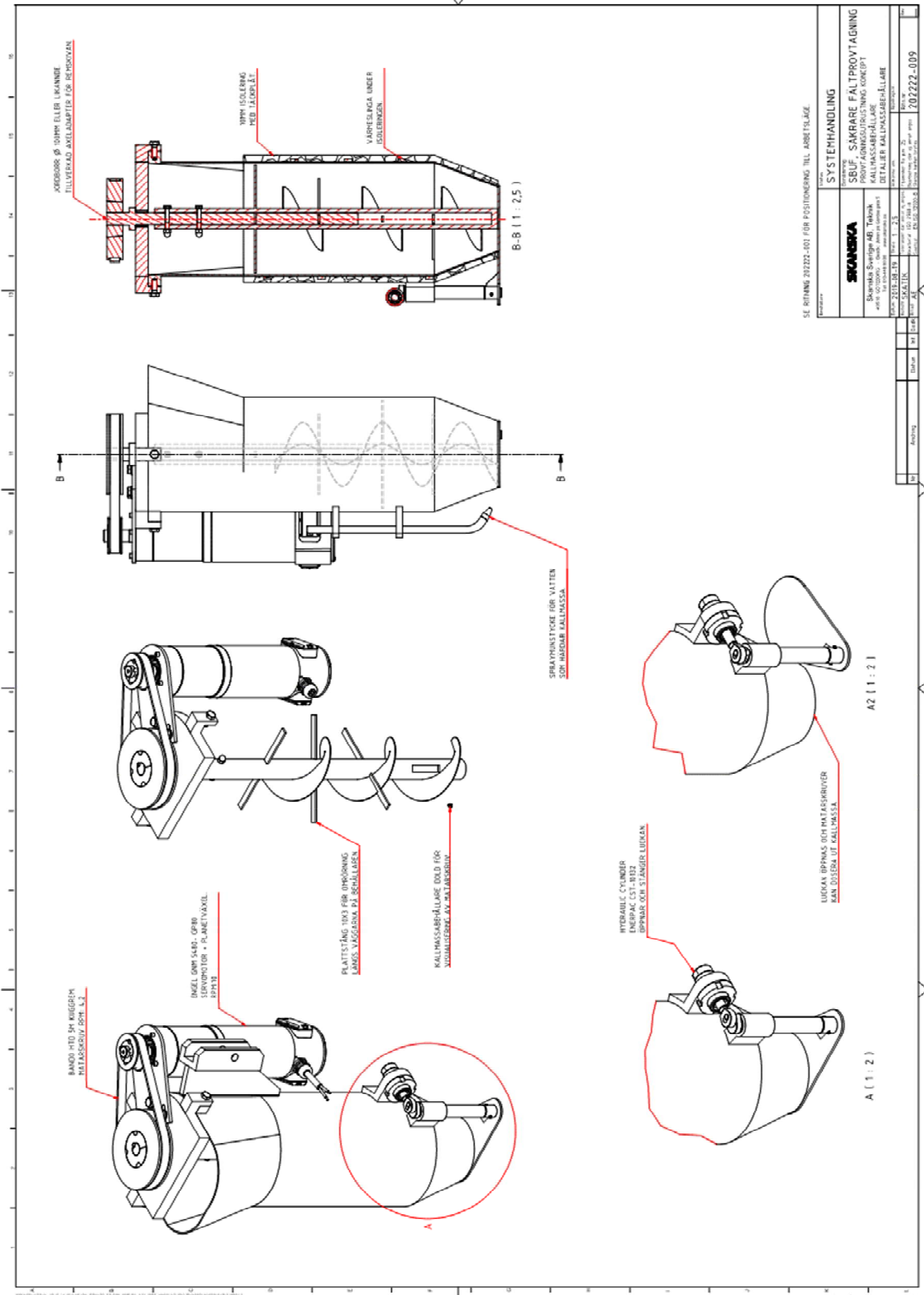
20222-007



SE RITNING 202222-002 FÖR POSITIONERING TILL ARBETSSTÄLLET

SYSTEMHANDLING

<b>SKANSKA</b>	<b>SBUF - SÄKARE FALTPROVTAJNING</b>
Skanska Sverige AB, Teknik och IT-utveckling - samt övriga verksamheter	PROTOKOLLERINGSKONCEPT
Projekt: SBUF - SÄKARE FALTPROVTAJNING	ANVÄNDNING: ANVÄNDNING
Uppdragsledare: SAKARI	Uppdragsledare: SAKARI
Projektledare: SAKARI	Projektledare: SAKARI
Uppdragsreferens: 202222-008	Uppdragsreferens: 202222-008



SE RITNING 702222-001 FÖR POSITIONERING TILL ARBETSPLATÅ

System	SYSTEMHANDLING
Titel	SBUF - SÅKBARE FÅLTPROVTAAGNING
Projekt	PROOF ANVÄNDRINGSKONCEPT
Kategori	KALLMASSBEHÅLLARE
Delnummer	DELTALEK KALLMASSBEHÅLLARE
Skapad	2022-08-25
Ändrad	2022-08-25
Skapad av	702222-009