

# HJULTVÄTT

*Tillgänglig teknik och möjligheter för svenska byggtreprenader*



NCC Environmental Engineering/  
Mark- och Vattenmiljö

Uppdragsnummer: 7417250

2017-01-18

## Förord

Detta projekt initierades av NCC AB Environmental Engineering/Mark- och Vattenmiljö och genomfördes med ekonomiskt bidrag från Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF). I referensgruppmöte/workshop deltog Trafikkontoret Göteborgs Stad, Trafikverket, NCC, Kretslopp- och vatten Göteborgs Stad. Projektet har även sanktionerats av FoU-Väst där följande företag och organisationer är representerade: Wästbygg, Veidekke, Persson Hyrmaskiner, Betongsprutnings AB BESAB, PEAB, AF Bygg, Skanska, Thomas Betong Göteborg AB, NCC, Tuve Bygg, SERNEKE samt Sveriges Byggindustrier.

Organisatoriskt bestod projektet av en arbetsgrupp från NCC bestående av Malin Norin, Jesper Grandin, Rita Garção och Lisa Janmar. Arbetsgruppen är huvudförfattare till rapporten. Johan Magnusson (NCC) genomförde funktionsuppföljning för en fallstudie som beskrivs i rapporten. Ytterligare kontaktpersoner bidrog med kunskap om lagstiftning, metoder och erfarenhet av tvättsystem. Dessa personer återfinns som referenser vid respektive stycke.

Tack till SBUF för ekonomiskt stöd som gjorde detta möjligt.

Göteborg 2017-01-18

Malin Norin

Foto framsida: [http://www.tammermatic.com/swe/Tammermatic-Group/TF-Tvatt/Standardprodukter/Dack-hjul-och-chassi/Permanent/\(offset\)/24](http://www.tammermatic.com/swe/Tammermatic-Group/TF-Tvatt/Standardprodukter/Dack-hjul-och-chassi/Permanent/(offset)/24)

## Sammanfattning

Stora infrastruktursatsningar i stadsnära miljöer riskerar att leda till en ökad nedsmutsning av vägnät, dagvatten och vattenledningssystem i tätbefolkade områden. Materialrester sprids och smutsar ner men kan också orsaka dammbildning vilket kan leda till försämrade luftkvalitet. Även trafiksäkerheten kan påverkas av smutsiga vägar. Nedsmutsningen kan upplevas som ett stort problem även utanför storstadsområden, till exempel för projekt som arbetar inom förorenade områden.

Användningen av olika former av hjultvättar tycks öka i Sverige. Bedömningen är att detta sker för att myndigheterna har börjat ställa högre krav. Närvaron av internationella entreprenörer som är vana vid högre krav med avseende på hjulrening kan även påverka. Utländska myndigheter har med samma typ av krav som den svenska miljölagstiftningen kommit fram till att hjultvätt är bästa möjliga teknik för att minska nedsmutsning av omgivning från transporter till och från entreprenader. Större internationella tillverkare av automatiska hjultvättar har haft återförsäljare i Skandinavien i flera år men ser att intresset har ökat först under det senaste året.

Variationen av hjultvättningsmetoder är stor men innebär ofta hantering av vatten. I Sverige finns specifika förhållanden vad gäller klimat och kyla som kan innebära problem som man inte ställs inför i samma grad i mer sydliga länder. Enligt svenska entreprenörer som använder sig av automatiska hjultvättar som är vattenbaserade finns fortfarande möjligheter till förbättringar.

Att ge generella råd för val av hjultvätt är mycket svårt då lokala förhållanden och begränsningar är avgörande. På samma sätt är det svårt att säga något om hjultvättens effektivitet. Det är många parametrar som påverkar, till exempel väderlek, närvaro eller frånvaro av lera, jordtyp på entreprenaden och fordonens hastighet genom tvätten.

I denna rapport redovisas kortfattat olika typer av hjultvättar. I slutet av rapporten presenteras ett diagram som översiktligt visar inom vilka intervall som de olika teknikerna fungerar bäst, baserat på erfarenhet från intervjuade entreprenörer.

Ytterligare studier skulle behöva utföras för att utreda den faktiska spridningen av smuts från entreprenader till omgivningen och vilka samhällskostnader som detta innebär. Någon form av verifiering av effektiviteten av olika hjultvättar skulle också behöva utföras. Därefter skulle det gå att dra slutsatser om vad kostnaden kontra nyttan av en hjultvätt är. I takt med att användningen av hjultvättar ökar kan det även uppstå ett behov av att utforma en standard för vad begrepp som till exempel *rena hjul* och *enkel* respektive *avancerad hjultvätt* egentligen innebär så att alla inblandade aktörer pratar samma språk.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1. INLEDNING</b> .....	<b>5</b>
1.1. BAKGRUND .....	5
1.2. SYFTE OCH MÅL .....	6
1.3. AVGRÄNSNINGAR.....	6
<b>2. METODIK</b> .....	<b>7</b>
2.1. LITTERATURSTUDIE .....	7
2.2. INTERVJUER .....	7
2.3. MÄSSBESÖK.....	7
2.4. FUNKTIONSUPPFÖLJNING.....	7
2.5. WORKSHOP .....	7
<b>3. LAGAR OCH ANDRA KRAV</b> .....	<b>8</b>
3.1. LAGAR OCH KRAV I ANDRA LÄNDER .....	8
3.2. LAGAR OCH KRAV I SVERIGE.....	9
<b>4. HJULTVÄTTNINGSTEKNIKER</b> .....	<b>11</b>
4.1. GALLER .....	11
4.2. MANUELL TVÄTTNING .....	13
4.3. BASSÄNG.....	14
4.4. AUTOMATISK TVÄTT .....	17
4.5. KOMBINATIONSLÖSNINGAR.....	23
<b>5. ERFARENHET</b> .....	<b>23</b>
5.1. I ANDRA LÄNDER .....	24
5.2. PRAKTISK ERFARENHET PÅ ENTREPRENADER.....	24
<b>6. WORKSHOP</b> .....	<b>37</b>
6.1. DELTAGARE.....	37
6.2. DAGORDNING.....	37
6.3. DISKUSSION UNDER WORKSHOP .....	37
<b>7. SLUTSATSER OCH DISKUSSION</b> .....	<b>39</b>
7.1. KRAV PÅ HJULTVÄTT .....	39
7.2. VAL AV METOD .....	39
7.3. REKOMMENDATION FÖR FRAMTIDA ARBETE .....	42
<b>8. LITTERATURFÖRTECKNING</b> .....	<b>43</b>

## 1. Inledning

Stora byggprojekt i stadsnära miljö medför många transporter genom tätbefolkade områden. Detta kan leda till att vägnätet smutsas ner och påverkar både människors hälsa och miljö genom att dammpartiklar sprids och dagvatten grumlas. I tätorter föreligger dessutom risken att marken har påverkats av intensiv trafik och gammal industriverksamhet vilket innebär att den smuts som dras ut på vägarna kan vara förorenad. Även ur trafiksäkerhetssynpunkt är det viktigt att vägarna hålls rena. Ett sätt att minimera spridning av smuts och potentiellt förorenad jord från byggarbetsplatser är att låta lastbilar och arbetsfordon passerar en hjultvätt innan de lämnar arbetsområdet. En hjultvätt kan bestå av allt från ett enkelt galler till ett automatiskt tvättsystem med recirkulerande vatten. I flera europeiska länder är detta en teknik som redan utnyttjas flitigt. I Sverige har användningen av hjultvätt än så länge varit mer begränsad.

### 1.1. Bakgrund

Omfattande infrastruktursatsningar planeras i flera av de nordiska länderna. I Sverige ger en stabil ekonomisk utveckling robusta förutsättningar för anläggningsinvesteringar (BI, 2015). Bara i Västra Götalandsregionen investerar staten 34 miljarder i det västsvenska paketet som bland annat innebär utbyggnad av kollektivtrafik, Västlänken, Marieholmstunneln och Hisingsbron (Trafikverket, 2016).

Med en ökad byggtrafik ökar risken för att vägnätet smutsas ner. Detta leder inte bara till en merkostnad i form av underhåll, dessutom innebär det högre utsläpp av luftföroreningar och en ökad påfrestning på dagvattennätet. Dagvatten som är kraftigt grumlat som leds till recipient utan föregående rening kan innebära negativ miljöpåverkan på vattendraget. Vatten från hjultvättar som leds till vattenreningsverken kan innebära större belastning på reningsverket eftersom vattnet kan innehålla jord och föroreningar. Dagvattenbrunnar kan sättas igen och behöva slamsugas med större frekvens om dagvattnet är kraftigt grumlat. I storstäderna kan effekterna bli särskilt tydliga då belastningen på luftkvaliteten redan är ansträngd och många människor blir påverkade.

Byggentreprenadens ansvar att inte bidra till nedsmutsningen av vägnätet regleras på flera olika sätt. Hur man bäst och billigast lever upp till kraven varierar beroende på flera olika faktorer som till exempel entreprenadstorlek, entreprenadtid, aktuell årstid och typ av material som ska schaktas. För vissa entreprenader kan det vara aktuellt med någon typ av hjultvätt. En hjultvätt kan bestå av allt från ett enkelt galler till ett automatiskt tvättsystem med recirkulerande vatten. Kapacitet, effektivitet och kostnad varierar men kan anpassas för att passa ett specifikt projekt.

På många håll i världen är det vanligt med automatiska hjultvättssystem (Perret, 2016), men det är än så länge en ovanlig syn på byggentreprenader i Sverige. Här kan man använda sig av andra metoder för att tvätta hjul, så som till exempel en bassäng, även om inte heller det är så vanligt förekommande. Istället verkar man fokusera på att rengöra vägarna utanför arbetsområdet, med hjälp av till exempel sopning. De länder där det både finns tydliga lagkrav kring nedsmutsning av vägnätet, och där dessa krav verkligen

efterföljs med hjälp av sanktioner från tillsynsmyndigheten, kännetecknas av att de är tätbefolkade med många storstäder och byggnationer som utförs i stadsnära miljöer. Exempel är England, Tyskland, Belgien och Schweiz. I och med de stora infrastruktursatsningarna i Sveriges storstäder finns en risk för en ökad nedsmutsning av vägnätet även här och kanske har vi något att lära av de länder där man har hanterat denna problematik länge.

Att i större utsträckning använda sig av någon form av hjultvätt i en byggentrepenad har potentialen att förbättra förutsättningarna för människors hälsa och miljö, samt att spara på våra gemensamma ekonomiska resurser.

### **1.2. Syfte och mål**

Syftet med detta projekt har varit att fördjupa kunskapen om möjligheten och nyttan med att använda hjultvättar på svenska byggentrepenader. Projektet har genomförts som en skrivbordsstudie där informationen delvis bygger på information från personer som har erfarenhet från hjultvättar. En funktionsuppföljning har även genomförts av hjultvätten vid saneringen av Akzo Nobel. Projektet har utförts i stort sett under hela året 2016.

Studien syftade till att besvara följande frågor:

1. Vilken teknik finns att tillgå och hur effektiv är den?
2. Vad har andra länder för riktlinjer och krav gällande nedsmutsning av vägar?
3. Hur ser det svenska regelverket ut gällande nedsmutsning av vägar?
4. Hur upplever kommun och Trafikverket att byggentrepenader följer regelverket?
5. Vad kan vi lära av system som har använts och används idag i Sverige?
6. Vilka problem finns förknippade med att använda hjultvätt?
7. Vad är kostnaden i jämförelse med nyttan?

### **1.3. Avgränsningar**

De hjultvättar som har studerats i denna rapport är sådana som arbetsgruppen har fått kunskap om via eftersökningar och kontakter. Således baseras den erfarenhet som presenteras här på ett visst antal system, och är inte en heltäckande sökning av marknaden.

## 2. Metodik

### 2.1. Litteraturstudie

En inledande litteraturstudie utfördes för att samla information om olika typer av hjultvättar, användningsområden, effektivitet och lagkrav.

### 2.2. Intervjuer

Nyckelpersoner med kunskap och erfarenhet har intervjuats via telefon, mail eller vid platsbesök. Även utländska källor har använts för att inhämta kunskap om andra länders lagstiftning gällande nedsmutsning av vägnätet. Information om användning av hjultvättar i tidigare NCC-projekt samt andra entreprenörers erfarenheter inhämtades.

### 2.3. Mässbesök

Ett besök gjordes på maskinmässan Hillhead, England, där automatiserade hjultvättar demonstrerades live. Syftet med besöket var att få en god överblick över hur marknaden gällande automatiska hjultvättar ser ut.

### 2.4. Funktionsuppföljning

En studie av effektiviteten på hjultvätten som används vid saneringsprojektet Akzo Nobel i Bohus utfördes. Målet med fältstudien var att besvara följande frågor:

1. Hur fungerar anläggningen?
2. Hur stort är underhållsbehovet?
3. Hur effektivt är tvättsystemet?

### 2.5. Workshop

Personer med olika specialistkunskaper inom berörda ämnesområden samlades i en workshop. Representanter både från andra entreprenörer och tillsynsmyndigheten var inbjudna. En diskussion fördes av de olika aktörernas inställning till problematiken kring nedsmutsning av vägnätet och efterfrågan på tvättning av arbetsfordonens hjul.

### 3. Lagar och andra krav

En hjultvätt används för att förhindra damning, spridning av förorenat material och nedsmutsning av vägnätet och vattenledningssystemen. Dessa aktiviteter riskerar att påverka både människor och miljö och omfattas därför både av lagkrav som till exempel arbetsmiljöföreskrifter och lagar som ämnar skydda miljön.

Utöver lagkrav som finns för att skydda människor och miljö kan vissa företag välja att installera ett hjultvättningssystem för att skydda annan utrustning som till exempel fordonsvagnar eller för att vinna goodwill hos allmänheten.

Nedan presenteras hur andra europeiska länder har formulerat krav för att hantera nedsmutsningen av vägnätet. Dessa länder används som exempel för att användningen av olika typer av hjultvättar är utbredd här och det är därför intressant att se hur det återspeglas i det juridiska underlaget. Därefter följer en genomgång av svenska lagar och krav.

#### 3.1. Lagar och krav i andra länder

##### 3.1.1. England

I England finns arbetsmiljöföreskrifter som reglerar aktiviteter som kan innebära att arbetare utsätts för byggdamm (HSE, 2002). Det är ett brott mot engelsk miljölagstiftning att orsaka olägenhet för människors hälsa genom dammande aktiviteter (UK government, 1990). Lokala myndigheter har också krav på sig att utvärdera luftkvaliteten i sitt område och utforma en plan för att åtgärda eventuella överskridelser av luftföroreningar (UK government, 1995). Ett exempel på hur det här implementerats är den bot på drygt 500 000 SEK som 2015 utdelades till Englands största betongproducent för att de inte installerade en hjultvätt, trots att de lokala myndigheterna föreskrivit det (Rivers, 2016).

##### 3.1.2. Tyskland

I Tyskland finns lokala föreskrifter som reglerar nedsmutsningen av vägnätet. Den som smutsar ner får betala, och det gäller även skador som kan uppstå på andra bilar på grund av smuts på vägen. Det leder till att användningen av hjultvättar är utbredd. Möjligheten att hyra en hjultvätt för en begränsad tid gör att även små entreprenader kan välja en hjultvätt istället för att betala för vägsopning, helt enkelt eftersom hyran av hjultvätten är billigare än att hyra in en maskin för att sopa (Friedrich, 2016).

##### 3.1.3. Belgien

Lagstiftningen i Belgien fastslår att man måste tvätta arbetsfordonens hjul innan de kör ut från en byggarbetsplats om det finns risk för nedsmutsning av vägnätet. Detta är en relativt ny lag från 2010 som dels är till för att skydda omgivande miljö, dels för att förhindra att andra bilar skadas av smutsiga vägar. De entreprenader som inte tvättar arbetsfordonens hjul löper stor risk att drabbas av sanktioner vilket lett till att användningen av hjultvättar är utbredd (Barbiare, 2016).



#### 3.1.4. Schweiz

I Schweizisk lagstiftning framgår tydligt att ett fordons hjul måste vara rena innan föraren ger sig ut på allmänna vägar (Le Conseil federal Suisse, 1962) och dessutom finns föreskrifter som innebär böter för den som smutsar ner vägarna (Canton de Vaud, 1991).

### 3.2. Lagar och krav i Sverige

Byggentreprenadernas ansvar för att inte bidra till nedsmutsningen av vägnätet regleras på flera olika sätt. Här nedan följer en genomgång av kraven i olika rättskällor som direkt eller indirekt rör nedsmutsningen av vägnätet i Sverige.

#### 3.2.1. EU

Inom EU finns ett direktiv (96/61/EG) för att förebygga och begränsa luftföroreningar, IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control). Det är framförallt industrier som omfattas av direktivet och det framgår att de ska använda ”bästa tillgängliga teknik” (BAT). Inom EU finns även ett regelverk gällande utsläpp från industriverksamhet (2010/75/EU). I januari 2016 publicerades en ny rapport av Naturvårdsverket med en vägledning om hur industriutsläppsbestämmelserna genomförts i Sverige (Naturvårdsverket, 2016). Inom ramen för industriutsläppsdirektivet har man tagit fram exempel på BAT. I dokument med BAT gällande järn- och ståltillverkning listas utrustning för hjulrengöring som en teknik att beakta under materialtransport (2012/135/EU). Än så länge finns ingen liknande lista för vad som anses vara bästa tillgängliga teknik inom byggbranschen. Inom svensk lagstiftning åligger det dock en yrkesmässig verksamhetsutövare att använda bästa *möjliga* teknik. I miljöbalkspropositionen anges att BAT kan ses som slutresultatet efter det att skälighetsbedömning har gjorts, se nedan.

#### 3.2.2. Miljöbalken

I de allmänna hänsynsreglerna i miljöbalken (2 kap. 3§) framgår att alla yrkesmässiga verksamhetsutövare ska använda bästa möjliga teknik. Denna regel ska tillämpas tillsammans med en rimlighetsavvägning (2 kap. 7§). Det innebär att en avvägning ska göras med särskilt beaktande av risken för miljöpåverkan, nyttan av skyddsåtgärder och kostnaderna för åtgärderna (Prop. 1997/98:45).

#### 3.2.3. Miljömål

I Sverige används de 16 miljömålen som riksdagens riktmärke för att lösa våra miljöproblem nu och inte lämna över dem till kommande generationer (Naturvårdsverket, 2016). I en fördjupad studie från 2015 gällande möjligheten att uppnå miljömålet *Frisk luft* identifierar Naturvårdsverket partiklar som den sannolikt mest hälsoskadliga luftföroreningen. En viss typ av partiklar, PM10, kan associeras till i huvudsak slitage av dubbdäck, samt damning vid byggarbetsplatser (Naturvårdsverket, 2015). För att uppnå miljömålet *Frisk luft* pågår internationella samarbeten både inom EU och FN.

Nedsmutsning av vägnätet riskerar också att påverka möjligheten att uppnå miljömålen *Giftfri miljö*, *Levande sjöar och vattendrag* och *God bebyggd miljö*.

#### 3.2.4. Trafikförordningen

Trafikförordningen (1998:1276) innehåller bestämmelser för trafik och väg i terräng. I 3 kap 9 §, hinder på väg, framgår att sådant som kan medföra fara eller olägenhet inte får kastas eller lämnas på väg. I 80 § samma kapitel framgår att last inte får medföras på ett sådant sätt att det kan falla av fordonet. Lasten får inte heller orsaka störande dammbildning eller liknande. Inga specifika krav på rena hjul återfinns i förordningen.

#### 3.2.5. Lokala föreskrifter

I Sverige finns bestämmelser om nedsmutsning inskrivna i de lokala föreskrifterna för respektive kommun. I den lokala ordningsstadgan för Göteborgs kommun står till exempel (Göteborgs kommun, 1993):

- 4§ Vid lastning, forsling, lossning och annan hantering skall den som är ansvarig för åtgärden göra vad som behövs för att undvika att allmänheten utsätts för tillfälliga olägenheter genom damm, spill eller dålig lukt.
- 5§ Den som är ansvarig för upptagande av grus, jord eller sand, tippning av fyllnadsmassor, schaktning, grävning eller annat liknande arbete skall se till så att det sker på ett sådant sätt att allmänheten utsätts för minsta möjliga olägenhet.

Enligt utsago från en återförsäljare av hjultvättar i Sverige ska en stor byggtreprenör ha blivit förskrivna av Stockholm stad att använda ett system för hjulrengöring i ombyggnaden av Slussen som påbörjas inom kort (Liljestrand, 2016).

#### 3.2.6. Arbetsmiljö

I arbetsmiljöföreskrifterna som rör byggnads- och anläggningsarbete framgår att ”det är viktigt att transporter med motorfordon inte rör upp damm” (AFS 1999:3). Dessutom finns en särskild föreskrift som rör kvarts- och stendamm i arbetsmiljön med ett tydligt fokus på riskbedömning och förebyggande åtgärder (AFS 2015:2).

#### 3.2.7. Allmän material- och arbetsbeskrivning (AMA)

AMA är frivilliga bestämmelser kring utförandet av olika arbeten. Reglerna blir juridiskt bindande först om de åberopas i entreprenadavtal. AMA är en samling av projekterings- och utförandestandarder som sammanställts och ges ut av Svensk Byggtjänst. Råd kring rengöring hanteras i kapitel AFG. 82:

*Entreprenören ska hålla väg och plan ren från av honom orsakad nedskräpning, spill och dylikt.*

I de kompletterande Råd och Anvisningarna (RA) framgår att beställaren ska ange om entreprenören ska ombesörja renhållning av gata, väg och dylikt som ligger utanför arbetsområdet.

## 4. Hjultvättningstekniker

Med hjultvätt avses i denna rapport ett system eller teknik som rengör smutsiga hjul, och eventuellt även underrede, på de fordon som lämnar en byggarbetsplats. Information om de olika typerna av hjultvättar är främst hämtad från tillverkare och försäljare, samt branschinformation från verksamheter som använder hjultvätt, till exempel täkter och gruvor. När det gäller de automatiska tvättarna som använder vatten har informationen främst hämtats från företagen som tillverkar hjultvättarna; Moby Dick och Wheelwash. Detta har att göra med att de är de dominerande tillverkarna i Europa med återförsäljare i Skandinavien. Det finns även andra tillverkare av hjultvättar och dessutom specialutformade lösningar för enstaka projekt.

En grov indelning har gjorts av hjultvättningssystem efter deras olika utformning:

- Hjulgaller
- Manuell tvättning
- Bassäng
- Automatisk tvätt

De olika teknikerna har varierande funktioner och vilken metod som passar på vilket projekt beror på en rad olika faktorer. Några av dessa faktorer är:

- Arbetsinsats
- Vattenåtgång
- Energiförbrukning
- Yta
- Krav på rening
- Smutsgrad på fordon
- Mobilitet eller installationstid
- Kapacitet (bilar/tid)
- Kostnad
- Väderklimat

Nedan presenteras de olika tvättmetoderna närmare. Dessa exempel representerar inte samtliga system som finns på marknaden, men ger en god överblick över olika typer av lösningar. För varje metod värderas de funktioner som har listats ovan på skalan låg – medel – hög. I slutet av rapporten, kapitel 8, sammanfattas värderingen och de olika teknikerna jämförs med varandra.

### 4.1. Galler

Fordonet kör över ett stålgaller, som antingen installeras i marknivå eller som en låg ramp. Vibrationerna som uppstår när fordonet kör över gallret leder till att spåren i däcken öppnas upp och det material som har fastnat ramlar ut. Denna teknik innebär att varken vatten eller energi förbrukas. Arbetsinsatsen är mycket låg. Under lång användning och beroende på vilket material som har fastnat i däcken kan gallret behöva rensas. De galler som är utformade som en låg ramp behöver inga schakt- eller markarbeten för installation och metoden är därför mycket mobil. Reningsgraden

hänger ihop med antal varv som däckets snurrar runt över gallret och längden på gallret behöver anpassas efter arbetsfordonets längd och typ (Wheelwash, 2016). Hur effektivt gallret rensar beror på vilket material som sitter fast i hjulen. Under mycket torra förhållanden är det möjligt att passagen över gallret kan ge upphov till damning. Ett galler används på vissa anläggningar som ett komplement till andra reningstekniker, till exempel som ett första steg för att avlägsna den grova smutsen innan passage genom en mer sofistikerad reningsanläggning.

En producent av en specialutformad gallerramp hävdar att gallret fungerar även på anläggningar med vått och lerigt material. En byggtreprenad i Skottland fick ett internt miljöpris inom Skanska för att de använde gallerrampen med motiveringen att de effektivt såg till att fordonens hjul var rena utan att vare sig förbruka el eller vatten (Findlay, 2016). Producenten har dock inga uppgifter på gallerrampens effektivitet i jämförelse mot en hjultvätt som tvättar med vatten.

En ny modell av lågtryckstvätt använder sig av samma typ av galler där räfflorna är vinklade i 45° mot körriktningen som man menar kompletterar reningseffekten från vibrationer med vattentvätt.



Bild 1. Exempel på ett galler för hjultvätt (EcoGreen, 2016)

Kostnaden för en lösning av typen som presenteras på bilden ovan är omkring 275 000 SEK (EcoGreen, 2016).

Tabell 1. Olika faktorer som påverkar hjulgallrets funktion värderat på skalan låg – medel – hög.

Faktor	Värdering	Kommentar
Arbetsinsats	Låg	När gallret väl har installerats krävs minimalt med underhåll
Vattenåtgång	Låg	Ingen vattenförbrukning
Energiförbrukning	Låg	Ingen energiförbrukning
Yta	Hög	Reningsgraden hänger ihop med antal varv som hjulen hinner snurra över gallret. Det behöver räknas med en viss yta för upprätning av fordon innan och efter galler.
Krav på rening	Låg	Den grova smutsen avlägsnas, men blött och fint material kan bli kvar
Smutsgrad på fordon	Låg	För fordon som inte är så smutsiga kan denna metod passa bra
Mobilitet	Hög	Det finns ramper som kommer som byggsatser i en storlek som gör att de kan transporteras på det vanliga vägnätet
Kapacitet	Hög	Fordonen kan passera över gallret i relativt hög hastighet
Total kostnad	Låg – Medel	Beroende på typ av galler kan kostnaden variera kraftigt. Ett specialtillverkat galler har en engångskostnad på ca 275 000 SEK, men billigare lösning i form av enkel typ av färist är också möjlig.

#### 4.2. Manuell tvättning

Manuell tvättning kan utföras med lågt eller högt vattentryck och vattnet kan samlas upp och återanvändas alternativt hanteras som vanligt dagvatten. Inom gruvindustrin är det inte ovanligt med manuell rengöring av fordon när de ska servas. Men trots speciallösningar med utarbetade tvättkoncept och recirkulation av vatten är det en teknik som trots allt är arbetskraftsintensiv och tar mycket tid i anspråk (InterClean, 2016).



Bild 2. Manuell tvätt av arbetsfordon inom gruvindustrin (Tammermatic Group, 2016)

Materialkostnaden vid manuell tvättning är inte speciellt hög. Det kan handla om att köpa in en högtryckstvätt och eventuellt en container för varmvatten. En entreprenör som använt sig av den här metoden räknade med att det kostade ca 20 000 – 40 000 SEK. Därtill kan kostnaden för att asfaltera en yta tillkomma, samt kostnaden för personal som lägger sin tid på att tvätta fordonen.

Tabell 2. Olika faktorer som påverkar den manuella tvättningens funktion värderat på skalan låg – medel – hög

Faktor	Värdering	Kommentar
Arbetsinsats	Hög	Krävs konstant närvaro av personal
Vattenåtgång	Medel – Hög	Både låg- och högtryckstvätt kan användas
Energiförbrukning	Låg – Medel	Om vattenreningssystem används kan det öka energiförbrukningen
Yta	Låg	Kräver bara själva ytan som fordonet står på
Krav på rening	Hög	Insatsen kan anpassas så att även riktigt smutsiga fordon blir rena
Smutsgrad på fordon	Hög	Kan även fungera för mycket smutsiga fordon
Mobilitet	Hög	Vattentank som enkelt kan flyttas mellan olika platser
Kapacitet	Låg	En långsam metod, och ju smutsigare fordon, desto mer tid krävs
Total kostnad	Medel – Hög	En entreprenör uppger materialkostnad till ca 20 000 – 40 000 SEK. Asfaltering av yta ej medräknad. På grund av arbetsinsatsen kan metoden ändå bli dyr.



### 4.3. Bassäng

Det som vi här kallar en bassäng består helt enkelt av en nedsänkning i marken som fylls med vatten. Bassängen bör vara tillräckligt lång för att arbetsfordonens hjul ska hinna snurra minst tre varv i vattnet. För vanliga lastbilar innebär det vanligtvis ca 9 m.

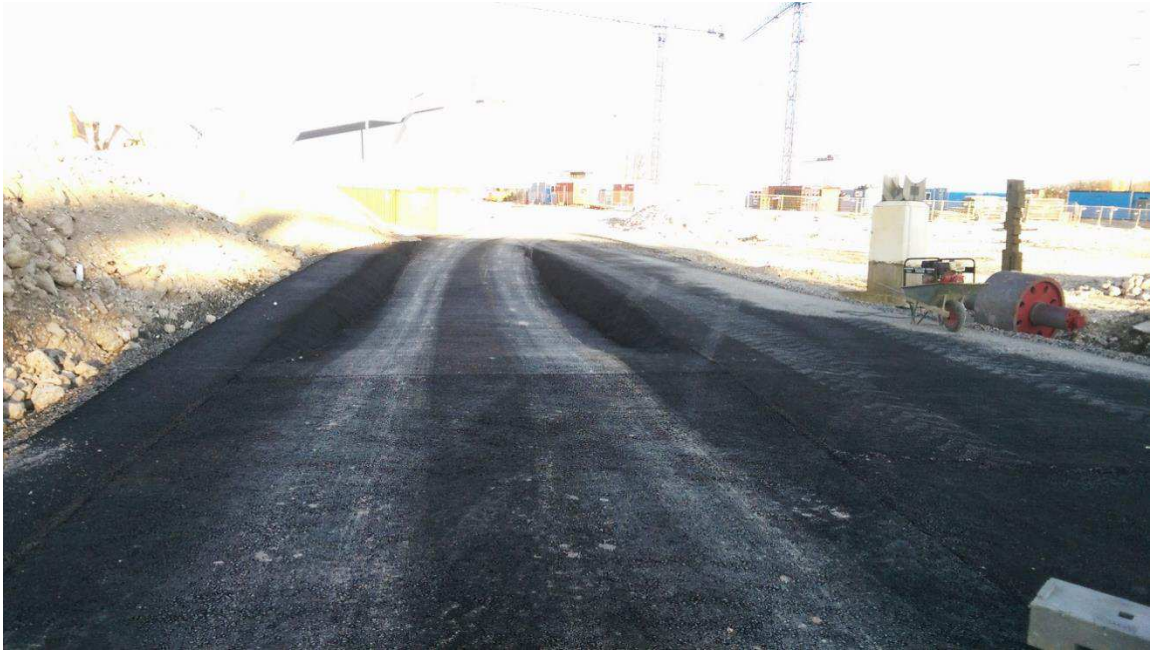


Bild 3. Förberedelse för hjultvätt vid saneringen av Limhamns läge, Malmö.

I botten av bassängen kan även ett hjulgaller installeras så att tvätteffekten av vibration kombineras med vattentvätt.

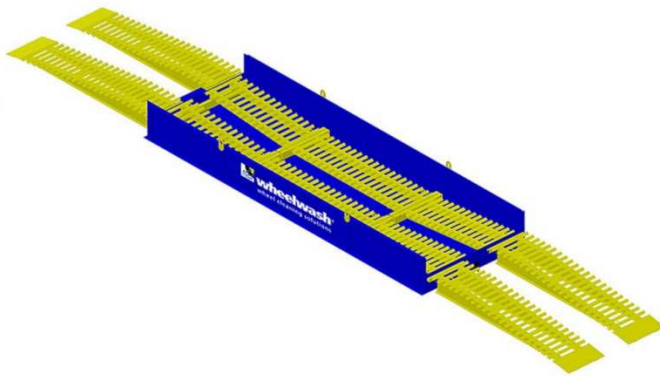


Bild 4. Ett exempel på hjulgaller som kombineras med bassäng. Just denna modell består av mobila delar som kan flyttas och sättas ihop på plats (Wheelwash, 2016).

Vattnet i bassängen behöver slamsugas och bytas ut när det har blivit för smutsigt. Bassängen kräver även en relativt stor yta varför det inte är möjligt att använda på alla arbetsplatser.

En bassäng kan även utformas som en strömmande kanal för varje hjulsida där vattnet rinner i fordonets motsatta körriktning. På så sätt kör fordonet genom forsan vatten. Under arbetet med denna rapport har ingen direkt erfarenhet inhämtats från en strömmande kanal, men inom den nordamerikanska gruvindustrin används denna metod (Kestner, 2005).

Kostnaden för att anlägga en bassäng beror på storlek, utformning och andra platsspecifika faktorer som till exempel tillgång på vatten och arbetsfordon för slamtömning. En entreprenör angav att kostnaden för utgrävning, krossmaterial, asfaltering och dragnings av vatten uppgick till ca 80 000 SEK. Därefter tillkom underhåll av bassängen på ca 7 000 SEK per månad. Även avetableringen innebär en kostnad i och med rivning och omhändertagande av asfalt och enligt samma entreprenör uppgick denna kostnad till 40 000 SEK.

Tabell 3. Olika faktorer som påverkar den passiva bassängens funktion värderat på skalan låg – medel – hög

Faktor	Värdering	Kommentar
Arbetsinsats	Medel	En första större arbetsinsats vid anläggandet, därefter behöver bassängen slamsugas och nytt vatten fyllas på
Vattenåtgång	Medel	Bassängen behöver slamsugas och fyllas på med nytt vatten vid jämna mellanrum
Energiförbrukning	Låg	Ingen energiförbrukning
Yta	Hög	Bassängen bör vara så lång att fordonets hjul hinner snurra minst tre varv. För lastbilar innebär det en bassäng på ca 9 m. Utöver detta kan det krävas en yta för att räta upp fordonen före och efter bassängen.
Krav på rening	Medel	Om krav även föreligger på rening av chassi och underrede kanske bassängen inte räcker till. Kan även vara svårt att få bort all lera.
Smutsgrad på fordon	Medel	Kan vara svårt att bli av med riktigt kladdig lera och finpartiklar som fastnar i däckspåren
Mobilitet	Låg	Bassängen behöver anläggas på varje ny arbetsplats
Kapacitet	Medel	Fordonen får sakta ner lite i bassängen men en relativt tät genomströmning av trafik är möjlig. Begränsningen består i hur nersmutsat vattnet i bassängen blir.
Total kostnad	Medel	Att anlägga bassängen behöver inte vara så kostsamt, däremot kan en hög smutsgrad på fordonen leda till att slamsugning måste utföras ofta.



#### 4.4. Automatisk tvätt

De automatiserade tvättarna utformas med väldigt stor variation på prestanda. I huvudsak består de av en ramp eller en plattform där spraymunstyckena är monterade. Sensorer känner av när fordonet närmar sig och vattnet sprutar igång automatiskt. Längden på tvättplattformen varierar. Ju längre plattform, ju fler varv hinner hjulen snurra och det är ett sätt att öka tvätteffektiviteten. Ett annat sätt att tvätta hela hjulet är att låta fordonet stå still men rotera hjulet. Det finns hjultvättar som består av valsar som snurrar hjulet medan det tvättas. Dessa tvättar tar mindre yta i anspråk än de längre tvättramparna. I gengäld måste varje fordon stå still och eventuellt stanna till flera gånger om endast en hjulaxel i taget tvättas.



Bild 5. Ett exempel på en mindre hjultvätt som roterar hjulet och tvättar en axel i taget, och till höger en längre tvättplattform som tvättar fler hjul samtidigt (Frutiger, 2016) (Wheelwash, 2016).

Eftersom de automatiska tvättarna förbrukar mycket vatten används de i regel med någon form av vattenåtervinning. Systemen installeras med en tank av varierande storlek. Genom att använda energisnåla pumpar kan driftskostnaden hållas nere betydligt. Reningen kan kompletteras med kemisk flockning och oljeseparator för att öka reningseffektiviteten.



Bild 6. Apparatur för kemisk flockulering (Frutiger, 2016)



Bild 7. Oljeseparator (Frutiger, 2016)

Slammet som bildas vid tillsats av flockuleringsmedel kan avlägsnas manuellt med till exempel hjullastare eller grävmaskin. Det finns även vattentankar med automatisk uppsamling av slam. En stor sedimentationstank kan ha större kapacitet för naturlig sedimentation och behovet av flockuleringsmedel kan minska. Här är det främst containerns yta som har betydelse. Så länge djupet är tillräckligt stort påverkar inte ett större djup sedimentationshastigheten (Magnusson, o.a., 2013).



Bild 8. En vattentank som renas manuellt med till exempel en grävmaskin, och till höger, en vattentank med helautomatisk slamrening bestående av skrapa och transportband (Frutiger, 2016).

Om tanken grävs ner i marken innebär det att vattnet inte behöver pumpas från överkörningsrampen eller plattformen upp till vattentanken. En pump mindre innebär mindre underhåll och att energiförbrukningen sjunker. Att installera systemet under mark kräver å andra sidan ett större anläggningsarbete och innebär att systemet blir mindre mobilt.

För att minska mängden vatten som försvinner med varje passerande fordon kan ytan direkt efter tvättplattformen asfalteras eller gjutas med en lutning tillbaka ner mot tvätten. En speciellt utformad "drip-pad" kan även installeras som samlar upp vattnet

och för det tillbaka in i tvättsystemet och på så sätt förhindras spridning av tvättvattnet ut på vägnätet. Det sker dock trots allt en förlust av vatten och denna volym uppgår till mellan 25 och 50 liter beroende på typ av tvätt. Denna mängd kan jämföras med hur mycket vatten som används för att tvätta ett fordon. För en typ av tvätt används ca 3 600 l per fordon, varav ca 30 l förs med av fordonet ut ur tvätten (Frutiger, 2016) (Liljestrand, 2016).

Hjultvätten kan utrustas med köldskydd för att klara vinterförhållanden. Olika leverantörer har olika lösningar. Behovet av hjultvätt kan dock minska på många entreprenader då marken fryser och mängden material som fastnar på däckens minskar.

Inom kategorin automatiska tvättar finns alltså en stor spridning på kapacitet, reningseffektivitet och mobilitet. I stora drag är det dock en teknik som trots utformning av anläggning kräver relativt stor mängd vatten och energi (här i jämförelse med andra typer av reningsmetoder). Om man väljer att använda sig av en automatisk tvättningsanordning behöver man även ta ställning till vilken typ av anläggning som passar projektet. Utformningen är framförallt beroende på antal fordon som ska renas och hur smutsiga de är. Återförsäljare av hjultvättar är angelägna om att anpassa tvättsystemet så att det passar ett specifikt projekt. Det är därför svårt att generalisera vad gäller kostnad och effektivitet. Prisuppgifter från en leverantör av hjultvättar anger att kostnaden kan uppgå till mellan 200 000 och 1 300 000 SEK. Kostnaden för en drive-through med automatisk rening med flockuleringsmedel, skrapa och transportband kan hamna någonstans omkring 500 000 SEK. Driftskostnaden uppgår till mellan 5 000 och 10 000 SEK per vecka enligt en entreprenör.

I takt med att efterfrågan på automatiska hjultvättar ökar i Sverige kommer även närvaron av uthyrare av anläggningar att öka. Redan idag erbjuder någon återförsäljare möjligheten att hyra en anläggning. Generellt blir det mer ekonomiskt att hyra en anläggning om entreprenadtiden är kortare än ett år, men även detta är projektspecifikt och beroende på vilken typ av modell som krävs.

Här följer en kortare presentation på två olika typer av automatiserade hjultvättar, lågtryck- och högtryckstvätt. Inom varje kategori finns en rad olika modeller.

#### 4.4.1. Lågtryckstvätt

En lågtryckstvätt använder en stor volym vatten som sprutas ut med lågt tryck. I detta sammanhang anses allt under ungefär 2 Bar vara lågt tryck. Kapaciteten på en pump är ca 1 800 liter/min.



Bild 9. En drive-through som tvättar med stor volym vatten vid lågt tryck (Frutiger, 2016)

Tillverkarna av lågtryckstvättar (Frutiger, 2016) anger att fördelarna med det låga trycket är att:

- Ingen påverkan på däcklager, kablage i underrede och bromsar.
- Fett och olja från bildelar följer inte med tvättvattnet vilket innebär att mindre rening behövs innan återcirkulation.
- Större sprutmunstycke kan användas vilket innebär mindre risk för igensättning
- Lågt tryck innebär mindre känslig pump, och tvättvattnet behöver inte renas lika mycket innan återcirkulering.
- Eftersom en stor volym vatten används vid tvättning tvättas även överkörningsytan av kontinuerligt.
- Räckvidden på vattnet från sprutmunstyckena är lång.

#### 4.4.2. Högtryckstvätt

En drive-through kan också tvätta med högt tryck på vattnet. Högt tryck i det här sammanhanget ligger omkring 3-5 Bar, men är inte så högt som det kan vara i en manuell högtryckstvätt.



Bild 10. Ett exempel på en hjultvätt som tvättar med lägre volym vatten vid lite högre tryck (Wheelwash, 2016).

Tillverkare av hjultvätt med högre tryck (Liljestrand, 2016) anger att fördelarna med det högre trycket är:

- Tvättar effektivt, men inte så hårt att smörjmedel tvättas av eller att däcklager, kablage eller bromsar tar skada.
- Filter hindrar igensättning av spraymunstycken och munstyckena är enkla att byta ut.
- En mindre mängd vatten vid tvättning innebär lägre omsättning i vattencontainer, lugnare vatten innebär högre naturlig sedimentationshastighet och mindre behov av flockuleringsmedel.

Tabell 4. Olika faktorer som påverkar den automatiska tvättens funktion, oavsett om det handlar om låg- eller högtryckstvätt. De olika faktorerna värderas på skalan låg – medel – hög

Faktor	Värdering	Kommentar
Arbetsinsats	Medel	En första större arbetsinsats vid anläggandet, därefter behövs daglig/veckovis tillsyn och man kan behöva utföra underhåll i form av till exempel byte av reservdelar
Vattenåtgång	Hög	Både låg- och högtryckstvätt använder en ansenlig mängd vatten
Energiförbrukning	Medel-Hög	Vattenpumpar och eventuell automatisk rening kräver energi. Vid användning av energisnåla pumpar kan driftskostnaden minskas.
Yta	Hög	Beroende på utformning kan själva tvätten ta olika stor yta i anspråk. Utrymme för vattentank krävs alltid, och dessutom en plats för att räta upp fordon före och efter tvätt. Det innebär att tvättarna alltid tar större yta i anspråk än bara själva tvättanläggningen.
Krav på rening	Hög	Hög reningsgrad
Smutsgrad på fordon	Hög	Även riktigt smutsiga hjul kan renas
Mobilitet	Låg – Medel	De hjultvättar där vattentanken inte grävs ner är relativt mobila
Kapacitet	Medel – Hög	En del anläggningar tvättar ett hjulpar åt gången, varför tidsåtgången ökar, men det finns även hjultvättar som arbetar mycket snabbt
Total kostnad	Hög	Inköp av systemet är relativt dyrt, en del underhåll med vattenrening och eventuellt byte av reservdelar krävs också.



#### 4.4.3. Övrigt

Det finns även exempel på automatiska hjultvättar som desinficerar. De är utformade för att användas på platser där biosäkerhet är ett problem.

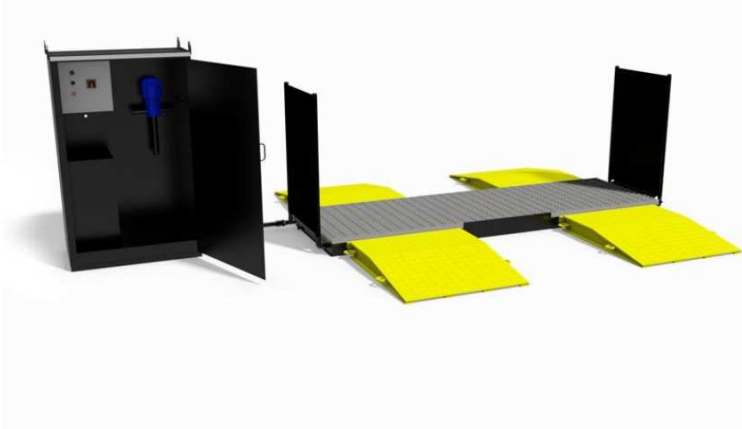


Bild 11. Ett exempel på tvättsystem som desinficerar (Wheelwash, 2016) .

#### 4.5. Kombinationslösningar

Eftersom de faktorer som påverkar utformningen av tvättanläggningen ofta är anläggningsspecifika kan en kombination av olika reningsmetoder krävas för att uppnå önskad reningseffekt. Exempel på detta kan vara bassäng kombinerat med en automatisk tvätt. Vid osäkerheter kring vilket system som motsvarar de ställda reningskraven rekommenderas att reningsystemet utformas i diskussion med leverantörerna till dem.

## 5. Erfarenhet

### 5.1. I andra länder

Enligt säljavdelningen på ett europeiskt företag som har arbetat länge med försäljning av automatiska hjultvättar är efterfrågan stor i utvecklade länder som Schweiz, Österrike, Tyskland, Italien, England, USA, Japan och Korea. Men man ser även en ökad efterfrågan i starkt växande statsekonomier, de så kallade BRICS-länderna (Brasilien, Ryssland, Indien, Kina och Sydamerika) och i utvecklingsländer. Trots att man har en återförsäljare även här i Sverige har marknaden varit i princip obefintlig fram till för ett par år sedan då intresset i de skandinaviska länderna så smått börjat vakna till liv (Perret, 2016).

### 5.2. Praktisk erfarenhet på entreprenader

I och med arbetet med denna rapport har intervjuer utförts med kontaktpersoner från olika byggentreprenader i Sverige där man använt sig av någon form av hjultvätt.

Nedan presenteras en rad olika projekt och erfarenheter som man har fått med sig gällande tvättsystem i Sverige. När det gäller automatiska tvättar finns endast lågtryckstvättar och egentillverkade system representerade. En hjultvätt med högre tryck ska installeras under vintern 2016/2017 på en berg- och grusleverantör, tyvärr efter det att denna rapport går i tryck.

Det första exemplet är saneringen av Akzo Nobel, som besöktes i och med arbetet med denna rapport. På hjultvätten i Akzo Nobel utfördes en funktionsuppföljning i form av en uträkning i syfte att åskådliggöra hjultvättens effektivitet.

#### 5.2.1. Akzo Nobel

Sammanfattning	
<b>Beställare:</b>	Akzo Nobel Pulp and Performance Chemicals AB
<b>Entreprenör:</b>	NCC
<b>Förorening:</b>	Kvicksilver och dioxin
<b>Omfattning:</b>	160 000 ton jord transporteras till mottagare
<b>Tvättsystem:</b>	Automatisk hjultvätt (lågtryck)

#### Entreprenad

Saneringen av Akzo Nobel påbörjades 2015 och kommer att pågå fram till och med 2017. Höga halter av kvicksilver och dioxin återfinns både i massor och i länsvatten. Massorna som saneras tas om hand och skickas till avfallsmottagare. En avancerad rening av länsvattnet utförs på plats.

#### Tvättsystem

Att använda en hjultvätt har inte varit ett myndighetskrav, däremot har man ställt det kravet från beställarens sida. På saneringsentreprenaden har man använt sig av en lågtryckstvätt. Vattenreningen har kompletterats med flockuleringsmedel och helautomatisk slamrening, vilket innebär att skrapor för slammet i botten av containern till ett transportband som transporterar ut slammet vid containerns ena ände. Därifrån



faller det ner i en separat uppställd container. I bildsekvensen nedan presenteras hjultvätten på Akzo Nobel.



Bild 12. Hjultvätten på Akzo Nobel



Bild 13. Hjultvätten på Akzo Nobel.



Bild 14. På Akzo Nobel har vattencontainern grävts ner under själva hjultvätten.



Bild 15. Här syns transportbandet för automatisk transport av bottenslam till intilliggande container.



Bild 16. När slamcontainern fyllts transporteras slammet till godkänd mottagare.

### **Erfarenheter**

Hjultvätten har kontrollerats dagligen, man har sett till att den spolar ordentligt, att det finns tillräckligt med flockuleringsmedel och att transportbanden matar ut slammet. Området för hjultvätten har spolats rent veckovis eller månadsvis. Containern med slam har tömts ungefär var tredje månad.

Man upplever att hjultvätten fungerar bra på entreprenaden. Däck, hjulhus och även en del av fordonens underrede blir rena. Man upplever att fordonens hastighet genom tvätten är av central betydelse. En bil med släp bör inte passera snabbare än på ca 30 sekunder för att uppnå bra reningseffekt.

Det är lätt att upptäcka när en lagom dos kemikalier har ställts in på hur flockarna uppträder i vattnet. Transportbandet som hämtar upp materialet fungerar bra men med tiden töjs kedjorna som driver skraporna ut och dessa måste kortas av. Ungefär ett år efter installation behövde man ta bort fem länkar på kedjorna.

På entreprenaden har man själv frysskyddat utrustningen för kemikaliedosering då den är köldkänslig. Övrig utrustning fungerar väl vid tillfälligt kall väderlek. Efter en tvätt spolats alla ledningar tomma och då finns en viss risk att en ispropp bildas. Vid ihållande kylig väderlek har dock inte anläggningen använts eftersom marken då är frusen och lastbilsdäcken inte för med sig smuts i någon nämnvärd utsträckning och behovet av hjultvätt har därför varit obefintlig.

Ett problem man har haft på entreprenaden är att den lätt körs sönder. Rören med spolmunstycke på sidan av tvätten körs sönder av lastbilar som inte lyckas hålla rak kurs.

När detta har hänt har det varit lätt att få fram reservdelar från leverantören. Från leverantörens håll menar man att det har att göra med placeringen av hjultvätten, och att man på entreprenaden inte har placerat tvätten så som leverantören föreslog. Det är viktigt att installera hjultvätten så att det finns plats för lastbil och släp att hålla rak kurs genom hjultvätten. Det ska finnas gott om plats före hjultvätten att räta upp hela ekipaget. Även efter tvätten måste det finnas utrymme att hålla rak kurs. Det kan vara nödvändigt att ställa ut markeringar före tvätten så att chauffören får hjälp kontrollera så att bilen inte kommer för nära hjultvättens kanter.

### Funktionsuppföljning

Under en veckas tid räknade man antal fordon som passerade hjultvätten på entreprenaden, därefter vägdes slammet som tvättats av i hjultvätten. Det var en torr och fin vecka vilket innebar att det inte fastnade så mycket material på däcken. Inom entreprenadområdet kör lastbilarna enbart på asfalterade ytor.

Tabell 5. En sammanfattning av den funktionsuppföljning som utfördes på Akzo Nobel under en veckas tid.

Fordon	Däck/fordon	Passager	Antal däck
Lastbil med släp	16	41	656
Hjullastare	4	51	204
<b>Totalt antal däck</b>			<b>860</b>
Uppsamlat material			50 kg
<b>Material per däck</b>			<b>ca 60 g</b>

Vid blött väderlag ansamlas betydligt mycket mer material på däcken. På entreprenaden töms containern ungefär var tredje månad och då tas 2 ton slam om hand. Det innebär i genomsnitt att 170 kg slam samlas upp varje vecka. Det skulle innebära att motsvarande 200 g per däck tvättas av i genomsnitt per däck som passerar tvätten.

Att ange effektiviteten baserat på hur mycket smuts som tvättas av varje däck är inte relevant, eftersom det beror på hur mycket smuts som från början fanns att tvätta av. Funktionsuppföljningen får mer ses som en tillfällig bild av tvättsystemets funktion under vissa specifika förhållanden.

#### 5.2.2. Nässjö bangård

Sammanfattning	
<b>Beställare:</b>	Trafikverket och Länsstyrelsen Jönköping
<b>Entreprenör:</b>	NCC
<b>Förorening:</b>	Gammal bangård, kreosotolja, metaller
<b>Omfattning:</b>	180 000 m <sup>3</sup> jord behandlas, siktas på plats och återanvänds alternativt transporteras till mottagare
<b>Tvättssystem:</b>	Manuell tvättning med högtryckstvätt

### Entreprenad

Saneringen av Nässjö Bangård har pågått sedan 2015 med planerat avslut under slutet av 2016. Marken har förorenats av kreosotolja och metaller. Ca 180 000 m<sup>3</sup> jord behandlas,



men en del återvinns på plats så att mängden som behöver transporteras till deponi är betydligt mindre.

#### **Tvättssystem**

På entreprenaden har man fokuserat på att vägarna ska vara rena, och inte så mycket på att alla fordon behöver tvättas. Det innebär att endast entreprenadmaskiner som hjullastare och dumprar vid behov har tvättats med högtryckstvätt på asfalterad yta. Det har även hänt att en och annan lastbil har spolats av. Vid torr väderlek har fordonen istället sopats rena. Det har varit svårt att få rent vatten till entreprenadområdet och därför har det inte varit aktuellt att anlägga en större hjultvätt. Stora delar av saneringen har även utförts vintertid och man har ansett att frysrisken i ett vattenbaserat hjultvättssystem har varit för stora.

#### **Erfarenheter**

Inför en kommande entreprenad där en liknande tvättning ska utföras skulle metoden kunna förbättras genom att förbereda en speciell yta där all tvättning sker (Sigonius, 2016).

#### 5.2.3. Limhamns läge, etapp 2

<b>Sammanfattning</b>	
<b>Beställare:</b>	Bonava (fd. NCC Boende)
<b>Entreprenör:</b>	NCC
<b>Förorening:</b>	Främst PAH och metaller
<b>Omfattning:</b>	Ca 4 300 m <sup>3</sup> massor transporterade till mottagare, stor omflyttning av massor inom området
<b>Tvättssystem:</b>	Vattenfylld bassäng

#### **Entreprenad**

Saneringen av Limhamns läge Etapp 2 sker inför byggnation av bostäder. Området omfattar ca 65 000 m<sup>2</sup>. Tack vare ett omfattande arbete med riskvärdering och markanalys har mängden massor som behöver transporteras bort från området minimerats. Istället flyttas en stor mängd massor inom området. En stor mängd massor tillförs även området.

På entreprenaden upplever man att det ständigt finns ett krav att inte dra ut material på vägarna, och att detta är extra viktigt inom förorenade områden. Entreprenaden ligger inom ett tätbebyggt område med omedelbar närhet till bostäder. Dessutom finns en arbetsmiljörisk i och med kvartsdamm som kan minskas om fordonen tvättas.

#### **Tvättssystem**

Innan saneringsarbetet startade konstruerade man en nedsänkning i marken som sedan asfalterades. Den konstruerade bassängen fylldes på med en vattenslang som kontinuerligt sprutade vatten i jämn takt. Vid maximal produktion kunde upp till 80 lass per dag köras. Vid tillfällen med mycket trafik skrapades nedsänkningen av en hjullastare en gång i veckan. Materialet som skrapades upp transporterades till deponi. På Bild 17 syns bassängen under uppbyggnad.



Bild 17. Bassäng vid sanering av Limhamns läge Etapp 2 under konstruktion. I nedsänkningen till vänster i bild sker uttransport från området, och i höger till bild sker intransport till området.

#### Erfarenheter

På entreprenaden upplever man att bassängen har fungerat mycket bra. Vägen ut från entreprenaden har varit så pass ren under hela arbetstiden att det inte har funnits något behov för sopning eller tvätt av gatan. Efter en initial kostnad med utgrävning och asfaltering är behovet av underhåll mycket litet, förutom rening av slam och påfyllnad av vatten. Man anser också att valet av tvättsystem måste anpassas efter entreprenadtid och typ av projekt. I just detta projekt såg man att tvättningen hade kunnat kompletteras med något slags nedgrävt vattensystem som sprutade vatten med lite höjd mot fordonens däck (Pettersson, 2016).

#### 5.2.4. Torsviken, Göteborgs Hamn

Sammanfattning	
Beställare:	Göteborgs Hamn, Trafikverket
Entreprenör:	Zublin/JVM
Förorening:	Muddermassor, inte förorenade
Omfattning:	-
Tvättsystem:	Automatisk hjultvätt (lågtryck)

#### Entreprenad

Torsviken har använts som upplag för muddermassor i nästan 40 år. På uppdrag av Trafikverket och Göteborgs Hamn sluttäcks deponin. I ett senare skede ska en grund bassäng för vadarfåglar iordningsställas (Göteborgs Hamn, 2016).

#### Tvättsystem

Enligt beställarkrav har man använt sig av en hjultvätt. De massor som har tagits om hand i detta projekt har inte varit förorenade så tvättningen har främst syftat till att inte smutsa ner omgivningen. Hjultvätten var i drift från hösten 2015 till tidigt 2016.

Den automatiska hjultvätten har haft en nedgrävd container där vattnet har renats med tillsats av flockuleringsmedel. Tömningen av slam ur containern har skett automatiskt via transportband och separat container för slam.

#### **Erfarenheter**

Placeringen av hjultvätten var inte optimal. I början fanns det inte tillgång till rinnande vatten och anläggningen kördes med för smutsigt vatten vilket påverkade reningsförmågan. Vid hårt väder påverkade blåsten anläggningen så att den inte kunde användas, eller rent av förstördes. Vattenstrålarna räckte inte fram till däck. Efter att rinnande vatten kopplats till och man bytt ut flockningspolymer förbättrades tvätten. Enligt leverantören skulle anläggningen vara kompletterad med köldsäkring, för att klara en svensk vinter. Men då temperaturen kröp ner mot noll upplevde man på entreprenaden att vitala delar frös fast, rör sattes igen med is och elsäkringarna gick. Tvätten stängdes därför av vid kall väderlek.

Tvätten blev påkörd flera gånger och delar gick sönder. Egentillverkade påkörningsskydd utformades och sattes på plats. Man har diskuterat huruvida påkörningen har berott på chaufförens skicklighet eller hjultvättens placering och utformningen av infart. Vissa schaktfordon har inte kunnat köras in i tvätten eftersom de har varit för breda. Frågan om bredd av tvätt i förhållande till dess verkningsgrad på ”smala” fordon har kommit upp (Svensson, 2016).

#### 5.2.5. Marieholm/Tingstad

<b>Sammanfattning</b>	
<b>Beställare:</b>	Trafikverket
<b>Entreprenör:</b>	Zublin
<b>Förorening:</b>	Oljekolväten, PAH, metaller
<b>Omfattning:</b>	ca 140 000 m <sup>3</sup> lermassor
<b>Tvättsystem:</b>	Två egenbyggda system

#### **Entreprenad**

Entreprenör för tunnelbygge Marieholm/Tingstad är Zublin. En stor mängd massor har tagits om hand i entreprenaden.

#### **Tvättsystem**

Det fanns inget specifikt beställarkrav på hjultvätt, men i kontrollprogrammet för yttre miljö fanns krav på entreprenören att inte förorena allmän väg. Det stod även att fordonen skulle spolas av före uttransport. Med tanke på mängden transporter in och ut från området var hjultvätt den enda praktiska lösningen.

Entreprenören satte upp egentillverkade hjultvättar. De tillverkades genom att sätta upp L-stöd och dysor med kännare på insidan av dessa. Underlaget var 0-150 mm krossmaterial i vilket det avspolade materialet rann ner. De arbetsfordon som passerade tvätten hade inte utsatts för förorenat material utan endast lera. Det var endast lastbilar som körde igenom tvätten.



Bild 18. Zublins egentillverkade hjultvätt.

### **Erfarenheter**

Tvätten stod på ett sådant sätt att lastbilar till viss del körde in i kladdig lera igen och därmed smutsade ner utanför. En sopbil gick mer eller mindre hela tiden utanför för att sopa bort jord. Då det enbart var två dysor på vardera sida var det mycket viktigt att bilarna stannade eller körde mycket långsamt förbi annars blev funktionen för dålig. Det var mer eller mindre problem med anläggningen hela tiden. Dysor hade för dåligt tryck, var inte frysskyddade etc. Trots allt gick det relativt lätt att få igång anläggningen efter varje fel.

Eftersom det är dyrt att införskaffa en ny och tekniskt bättre tvätt behöver beställaren via incitament få entreprenören att skaffa en sådan (Hellström, 2016).



### 5.2.6. Citytunneln Malmö

Sammanfattning	
Beställare:	Trafikverket
Entreprenör:	Flera entreprenörer (intervjuobjekt från stora projekt NCC Construction)
Förening:	-
Omfattning:	2 000 000 m <sup>3</sup> kalk- och jordmassor grävdes upp
Tvättsystem:	Automatisk hjultvätt (lågtryck)

#### Entreprenad

I Citytunneln i Malmö skulle en stor mängd transporter frakta schaktmassor från tunnelbygget, mitt i centrum, till utfyllnadsområdet i Norra Hamnen.

#### Tvättsystem

Det fanns en vattendom för tunnelbygget, men det fanns inget uttalat krav om att tvätta arbetsfordonens hjul. Projektet hade ett nära samarbete med miljöförvaltningen och man kom fram till att hjultvätt var ett bra sätt att lösa problematiken med nedsmutsade gator. De använde sig av en lågtryckstvätt där vatten recirkulerades och smutsen sedimenterades. Entreprenören var väldigt nöjd med anläggningen.

#### Erfarenheter

Det var en utmaning att få lastbilarna att köra sakta genom hjultvätten. Eftersom chaufförerna ofta kör på ackord handlar det för dem om att köra så mycket som möjligt på så kort tid som möjligt och det kunde leda till en tendens att fuska sig genom tvättningen. Något slags system med rött ljus och grönt ljus skulle kunna vara bra för att få dem att köra precis så långsamt som krävs genom tvätten för att den ska vara effektiv. Det syntes en tydlig skillnad i reningseffekten beroende på hur snabbt de körde genom tvätten.

Även om de använde sig av hjultvätten fick de ändå komplettera med rengöring av gatorna, och detta berodde lite på fusket vid genomkörningen av hjultvätten. Dessutom finns problemet med att man inte vet vem som ska hållas ansvarig för de nedsmutsade vägarna. Det är svårt att härleda smutsen ute på allmänna vägar till ett specifikt projekt, om det pågår flera stycken i samma område (Söreklint, 2015).

### 5.2.7. Ragn-Sells anläggning i Högbytorp

Sammanfattning	
Entreprenör:	Ragn-Sells
Förening:	-
Omfattning:	-
Tvättsystem:	Automatisk hjultvätt (lågtryck)

#### Entreprenad

I Högbytorp, Upplands Bro har Ragn-Sells en kretsloppsanläggning. Man har valt att skaffa en hjultvätt främst för att de fordon som kör in och ut ur området inte ska sätta

igen lastbilsvägen. Att minska nedsmutsning på vägen ut från anläggningen har också varit ett mål.

### **Tvättsystem**

Hjultvätten ligger i plan med övrig mark och är 9 m lång. Hjulen hinner snurra tre varv i tvätten. Fordonen ska passera tvätten med en hastighet av 4 km/h. Tre vattencontainers på vardera 45 m<sup>3</sup> är nedgrävda i marken bredvid överkörningsytan. Flockuleringsmedel används i vattenreningen. Tömning av vattencontainrarna sker manuellt med grävare. Vid tömning pumpas vattnet från containrarna, en i taget, över till en separat tank ståendes bredvid, och därifrån plockar en grävare med gripskopa upp lermaterialet. Detta görs för att inte skada vattencontainrarna. Tvätten har varit igång ett par månader (maj 2016), nu ska tankar och andra delar vintersäkras.



Bild 19. Hjultvätt på Ragn-sells kretsloppsanläggning i Högbytorp, Upplands-Bro (Keston, 2016)

### **Erfarenheter**

Vid köp av tvätt diskuterades om man skulle köpa en tvätt som även kan tvätta av schaktfordon, framförallt dumpers. Detta skulle bli så pass dyrt att man valde bort den lösningen. En lastbil har ett hjultryck på ca 16 ton, en dumper 25 ton. Grunder och hjultvättens stabilitet behöver vara mycket kraftigare om även schaktfordon skall kunna använda tvätten.

### **Funktionsuppföljning**

Vid den första tömningen av tankarna hade cirka 1 500 transporter passerat tvätten. Vädret hade varit blött och därmed hade extra mycket material fastnat på bilarna. En ungefärlig beräkning gjordes på upplockat material och man räknade fram att cirka 2 kg per däck hade spolats av i hjultvätten (Rubensson, 2016).

En trolig orsak till skillnaden mellan detta resultat och det resultat som kom fram vid funktionsuppföljningen på Akzo Nobels hjultvätt är att här har fordonen kört på leriga och smutsiga vägar medan lastbilar enbart kört på asfalt på Akzo Nobel.

### 5.2.8. Saneringen av Oskarshamn

Sammanfattning	
<b>Beställare:</b>	Oskarshamns kommun
<b>Entreprenör:</b>	Envisan
<b>Förorening:</b>	Muddermassor: organiska miljögifter, metaller, tbt
<b>Omfattning:</b>	Drygt 500 000 m <sup>3</sup> (Oskarshamns kommun, 2016)
<b>Tvättsystem:</b>	Bassäng

#### Entreprenad

Oskarshamns hamnbassäng ska saneras på förorenat bottensediment. Oskarshamn kommun har i förfrågningsunderlag till den del av projektet som nu pågår ställt krav på hjultvätt vid den deponi där massor tippas. Utöver detta har krav även ställts på fordonstvätt vid arbetsområdet i hamnen (presenteras inte i denna rapport). Med fordonstvätt till skillnad mot hjultvätt så skall hela fordonet vara rent.

#### Tvättsystem

Hjultvätten består av en bassäng med ett hjulgaller i botten.

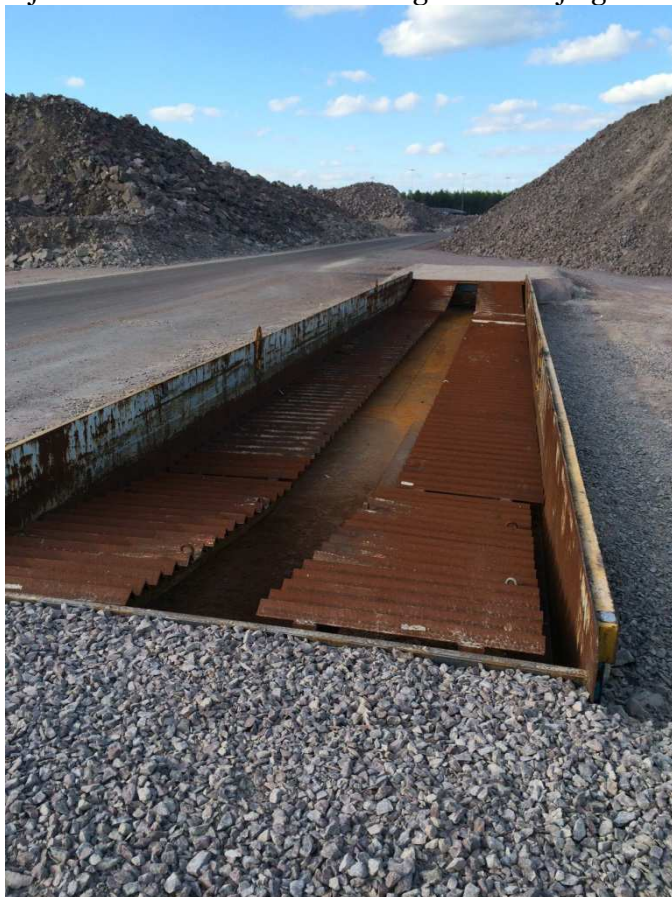


Bild 20. Bassäng med hjulgaller i botten innan vatten har fyllts på.

**Erfarenheter**

Man har räknat på att ca 6 bilar i timmen ska passera genom bassängen. Den fungerar bra som hjultvätt, men ibland har entreprenören behövt komplettera med manuell högtrycksspolning när bilarna har varit smutsiga högre upp.

## 6. Workshop

### 6.1. Deltagare

Deltagare i den workshop som hölls den 21 november 2016 var:

- Johan Nyström, Stora projekt NCC
- Märta Kaarle, Trafikkontoret
- Lena Blom, Kretslopp och vatten
- Daniel Jones, Trafikverket

Utöver dessa medverkade från rapportens arbetsgrupp:

- Malin Norin
- Jesper Grandin
- Rita Garção
- Lisa Janmar

Inbjudna var även John Nyberg från Skanska och Kristina Gabrielli från PEAB men dessa kunde inte medverka vid tillfället.

### 6.2. Dagordning

Workshopen började med en presentation av rapportens innehåll. Därefter vidtog en diskussion med delvis förberedda frågor.

### 6.3. Diskussion under workshop

En del av det som diskuterades under workshopen har inkluderats som kompletteringar i andra delar av denna rapport. Ytterligare andra delar läggs till i kapitel 7 nedan, som förslag för fortsatt arbete. Här nedan följer intressanta resonemang som lyfts fram och diskuterades av de medverkande på workshopen.

En diskussion fördes om vad "rena hjul" egentligen innebär och på vilket sätt krav kan utformas. Går det att mäta om ett hjul är rent, och hur skulle det i så fall gå till? Annars måste krav rimligtvis ställas som funktionskrav, som till exempel att utfarten från en entreprenad måste hållas ren. Sedan är det upp till entreprenören att vidta de åtgärder som krävs för att leva upp till kraven. Men smuts som fastnar på fordonens hjul släpps inte nödvändigtvis precis när fordonet passerar ut från arbetsområdet. Det material som inte tvättas av i en hjultvätt som använder sig av vatten kommer att fuktas ned, och det kan innebära att smutsen sitter kvar längre på däck. Eventuellt kanske det inte släpper förrän en bra bit från entreprenaden. Kan det ställas krav att en bit av vägsträckan, x antal meter från arbetsområdet, ska hållas ren av entreprenören? Å andra sidan finns möjligheten att nedsmutsningen även beror på andra aktörer och att det är en kostnad som inte ska belasta en entreprenör. Behovet av samarbete mellan stora entreprenörer i centrala områden belystes. Genom att arbeta proaktivt skulle en anläggning kunna användas av flera entreprenörer. Planering måste dock ske i god tid eftersom det kan vara svårt att frigöra ytan som hjultvätten tar i anspråk när ett projekt redan är igång.

Eventuellt behöver det utvecklas en standard som omfattar definition av begreppen rena hjul, enkel respektive avancerad hjultvätt, funktionsuppföljning med mera.

På workshopen diskuterades även vilka krav som är styrande. Ska omgivningens reaktion styra kravet på hjultvätt? Ett exempel kom upp från Värmland där man löst nedsmutsningen av vägen genom att sätta upp varningsskyltar för förbipasserande fordon. I centrala områden är det fler som påverkas av nedsmutsningen och fler klagomål kan uppstå. Kommer det att styra tillsynsmyndighetens krav? Allmänna vägytor är en recipient, men det kan även finnas andra recipienter, som till exempel känsliga naturområden och viktiga vattendrag. Vem som står för merkostnaden av hjultvätt är en viktig fråga. Kostnaden kanske ska belasta beställaren?

Flera aktörer kan kontrollera att ställda krav uppfylls. Entreprenören har egna krav att leva upp till och uppföljning av dessa sker via egenkontroll. Därutöver kan beställaren ha en egen miljökontrollant. Tillsynsmyndigheten kan kontrollera genom inspektion eller via myndighetskrav som ställs i och med ansökan om bygglov, marklov eller schakt i förorenat område.

Det finns ett behov att utreda hur mycket som faktiskt sprids från en entreprenad och vad den samhällliga kostnaden för denna nedsmutsning är. Detta skulle kunna göras i en hållbarhetsanalys som baseras på ekonomiska, miljömässiga och sociala kostnader av nedsmutsningen.

## 7. Slutsatser och diskussion

### 7.1. Krav på hjultvätt

Anledningen till varför en entreprenör i Sverige idag väljer att använda en hjultvätt kan variera. Det kan handla om beställarkrav, uppfylla interna krav, vinna goodwill från allmänheten, skydda egen utrustning eller i gemensamt beslut med myndigheten. Beroende på varifrån kraven ställs är de utformade på olika sätt och kan variera från funktionskrav som att "inte förorena allmän väg" till mycket specifika krav där tvättmetod och även typ av utrustning specificeras. I takt med att användningen av hjultvättar ökar kan det bli aktuellt att utveckla en standard för vad begrepp som *rena hjul* och till exempel vad *enkel* respektive *avancerad hjultvätt* innebär. Eventuellt kan rena hjul även innebära rent chassi för att minimera spridningen som sker från ett fordon.

### 7.2. Val av metod

De tekniska lösningar som används för att rengöra hjul som presenteras i denna rapport har vi delat in i fyra olika kategorier:

- Manuell tvätt
- Galler
- Bassäng
- Automatisk tvätt

Den beslutsprocess som val av hjultvätt innebär presenteras här översiktligt i ett flödesschema, se Figur 1.

För att välja den bästa lösningen för en specifik entreprenad är det mycket viktigt att klargöra hur de lokala förhållandena och begränsningarna ser ut. Det är viktigt att börja denna process i ett tidigt skede så att man planerar för den plats som en anläggning kommer att uppta. En bra placering kan vara avgörande för att en tvättanläggning ska fungera optimalt och bespara en hel del extraarbete med att till exempel utforma egna påkörningsskydd. Det är viktigt att man tänker på att en tvättmetod inte bara behöver själva ytan som anläggningen upptar utan att det också ska finnas plats före och efter anläggningen för att räta upp ett fordon.

Därefter kan man inhämta information, till exempel genom att ta del av tidigare erfarenhet från andra entreprenader och rådgöra med specialist/tillverkare. Olika tvättmetoder får ställas mot varandra och jämföras och här kan Diagram 1 vara till hjälp.

Om det blir aktuellt att använda en extern anläggning kan möjligheten att hyra övervägas. Hjultvätten anläggs eller installeras. Eventuell justering efter platsspecifika behov utförs. Underhåll kan innebära till exempel byte av vatten i bassäng, sopning under galler, byte av flockuleringsmedel, komplettera med frostskydd etc. En anläggning kan även behöva kompletteras med någon form av ljusregleringssystem för att begränsa fordonens hastighet genom tvätten.

För intern effektivitet kan det vara viktigt att dokumentera och sprida erfarenheter av hjultvätten inom den egna organisationen.



Figur 1. Flödesschema som översiktligt visar beslutsprocessen inför val av hjultvätt.

Som en vägledning för en entreprenör inför val av tvättmetod har Diagram 1 sammanställts baserat på erfarenhet från de entreprenader som presenteras i denna rapport. Här har valet av tvättmetod ställts mot smutsgrad på x-axeln, och antal fordon per timme på y-axeln. Utgångspunkten för diagrammet har varit opåverkad recipient, vilket innebär att varken omgivande miljö eller människors hälsa ska påverkas. Det finns flera andra parametrar som inte ryms inom detta diagram som kan påverka entreprenörens val, till exempel krav från myndighet eller beställare. Så kan till exempel ett uppställt krav specificera att vatten ska användas vid hjultvätt, trots att en entreprenör gör bedömningen att en vattentvätt inte kommer att vara nödvändig. Även om smutsgraden bedöms som lika stor på två olika entreprenader kan recipientens känslighet påverka behovet av hjultvätt. Närvaro av föroreningar är något som också kan innebära att en entreprenör väljer en mer avancerad anläggning i jämförelse med en liknande entreprenad utan föroreningar.

Således är det inte möjligt att sammanfatta en enkel bild av vilken tvättmetod som bör användas endast baserat på smutsgrad och kapacitet. Diagrammet ska ses som en förenklad bild som kan fungera som en första vägledning.



I diagrammet framgår även resursförbrukningen för respektive tvättmetod. De parametrar som tagits med är vatten (💧) energi (⚡) arbete (👤) och inköpskostnader (\$) Dessa delas upp på skalan låg – medel – hög. Detta är en grov generalisering då det inom varje metod finns en stor spridning mellan olika typer av anläggning och beroende på typ av entreprenad.

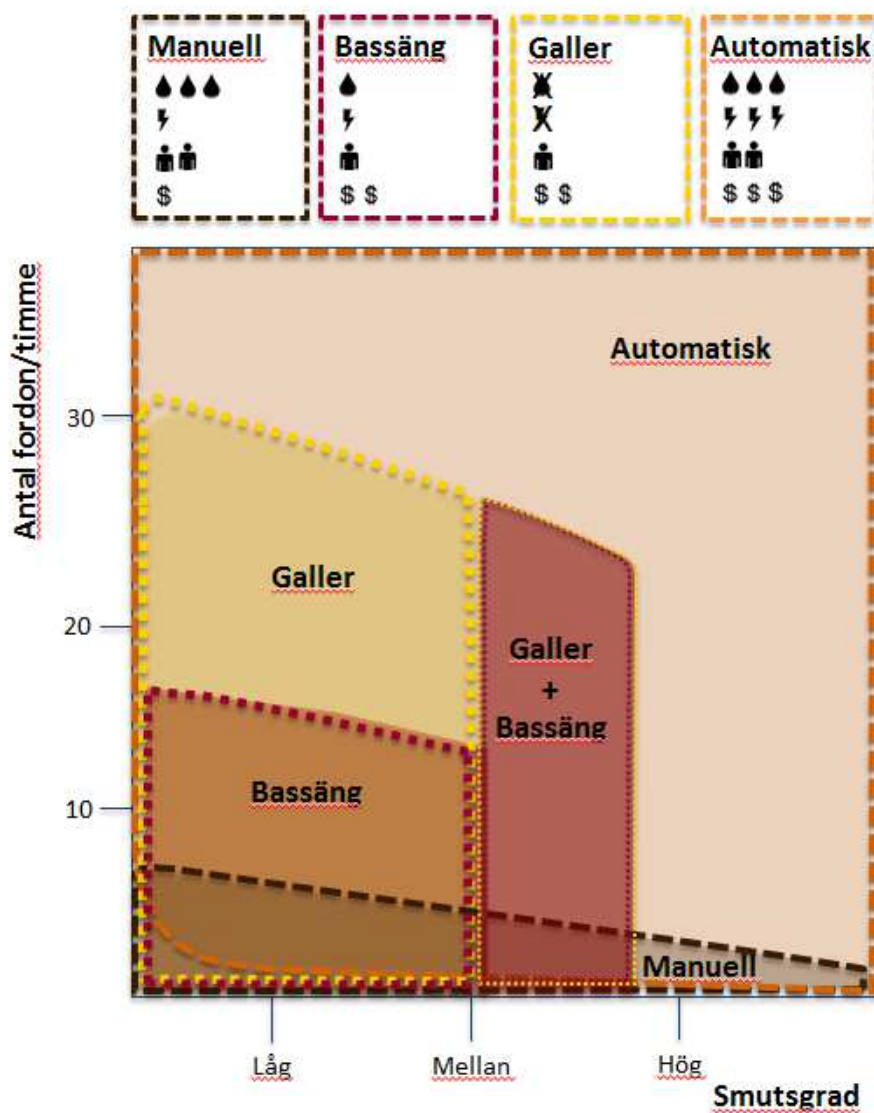


Diagram 1. En översiktlig bild över resursförbrukning för varje tvättmetod samt i vilket ungefärligt intervall som varje metod verkar ha fungerat bäst enligt intervjuade entreprenader.

### 7.3. Rekommendation för framtida arbete

Erfarenheten som har inhämtats i och med arbetet med denna rapport har visat att det finns mycket mer att lära. Baserat på feedback från intervjuade personer och under den diskussion som fördes av referensgruppen på workshopen har idéer för fortsatt arbete formulerats. Genom att eftersöka information inom området för hjultvätt har det framkommit att det saknas kunskap som skulle kunna tas fram genom att:

- Utföra en hållbarhetsanalys som inkluderar:
  - Hur stor den faktiska spridningen av smuts till vägnätet från entreprenader i stadsnära miljöer är (konsekvensanalys av genomfört projekt som använt respektive inte använt hjultvätt)
  - Vad konsekvenserna av nedsmutsningen blir i ekonomiska, miljömässiga och sociala aspekter
  - Vad kostnaden av en hjultvätt blir i förhållande till nyttan
- Ta fram en standard för definitioner av olika begrepp
- Ta fram förslag på hur kravet på rena hjul skulle kunna kontrolleras

## 8. Litteraturförteckning

**1998:1276** Trafikförordning [Rapport].

**2010/75/EU** Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/75/EU om industriutsläpp. - Bryssel : [u.n.], 2010.

**2012/135/EU** Kommissionens genomförandebeslut om fastställande av BAT-slutsatser // I enlighet med Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/75/EU om industriutsläpp. - Bryssel : EU kommissionen, 2012.

**AFS 1999:3** Byggnads- och anläggningsarbete Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete samt allmänna.

**AFS 2015:2** Kvarts - stendamm i arbetsmiljön.

**Barbiare Rosina** Cuypers Belgien [Intervju]. - den 14 11 2016.

**BI** Sveriges Byggindustrier [Artikel] // Byggkonjunkturen. - 2015. - Nr 3. - Oktober.

**Canton de Vaud** La Loi sur les routes (LRou), 725.01, Art. 30 al. 2 [Rättsfall]. - Canton de Vaud : [u.n.], 1991.

**EcoGreen** EcoGreen Plant Hire Ltd [Online]. - den 26 10 2016. - <http://www.ecogreenplanthire.co.uk/>.

**Findlay Stephen** International Development Director [Mail]. - UK : [u.n.], 2016.

**Friedrich Mattias** Cuypers Germany [Intervju]. - den 14 11 2016.

**Frutiger** Moby Dick Wheel wash [Online] // Flocculent Washins System. - den 31 10 2016. - <http://www.mobydick.com/en/product-groups-wheel-wash/tailormade-line/options/flocculent-dosing-system/>.

**Frutiger Urs** President & CEO [Mail]. - Winterthur : FRUTIGER Company AG , 2016.

**Frutiger** Wheel washing [Online] // Wheel Washing System MobyDick Quick 400/667/939. - den 31 10 2016. - <http://www.mobydick.com/en/product-groups-wheel-wash/tailormade-line/quick/>.

**Göteborgs Hamn** [Online] // vadhav i torsviken. - den 16 11 2016. - <http://www.goteborgshamn.se/om-hamnen/hamnen-vaxer/vadhav-i-torsviken/>.

**Göteborgs kommun** Lokal ordningsstadga enligt ordningslagen SFS 1993:1617. - 1993.

**Hellström Lars** JMV Miljöansvarig [Intervju]. - den 19 05 2016.

**HSE** Control of Substances Hazardous to Health (COSHH) [Rättsfall]. - [u.o.] : UK government, 2002.

**InterClean** Mining-Technology [Online]. - den 29 10 2016. - [http://www.mining-technology.com/contractors/maintenance\\_equipment/interclean/](http://www.mining-technology.com/contractors/maintenance_equipment/interclean/).

**Kestner Mark** How to design and install a wheel wash [Konferens] // California Mining Association Annual Meeting. - 2005.

**Keston AB** agent för MOBY DICK i Sverige Referensanläggningar [Online]. - den 14 11 2016. - <http://www.keston.se/>.

**Le Conseil federal Suisse** 741.11 Ordonnance sur les règles de la circulation routière (OCR) Art. 59741.11 – Ordonnance sur les règles de la circulation routière (OCR), Art. 59 al. 1 [Rättsfall]. - 1962.

**Liljestrand Martin** Försäljningsrepresentant Sverige och Norge, Wheelwash Lmt Ltd [Intervju]. - 10 2016.

**Magnusson och Norin** Hantering av länsvatten i anläggningsprojekt [Rapport]. - Göteborg : SBUF, 2013.

**Naturvårdsverket** Mål i sikte - De 16 miljö kvalitetsmålen i fördjupad utvärdering 2015 - Volym 1 [Rapport]. - Stockholm : Naturvårdsverket, 2015.

**Naturvårdsverket** Sveriges miljömål [Online] // Naturvårdsverket. - Sverige Regering, den 27 10 2016. - <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/>.

**Naturvårdsverket** Vägledning om industriutsläppsbestämmelser, Rapport 6702 [Rapport]. - Stockholm : Naturvårdsverket, 2016.

**Oskarshamns kommun** Saneringen av Oskarshamns hamnbassäng [Rapport]. - Oskarshamn : Oskarshamns kommun, 2016.

**Perret André** Marketing & Sales Director [Email]. - Winterthur, Schweiz : Frutiger, 2016.

**Petersson Gustav** Arbetsledare [Intervju]. - den 17 11 2016.

**Prop. 1997/98:45** Regeringens proposition [Rapport]. - Stockholm : Rgeringen, 1997.

**Rivers D** UK's largest concrete supplier fined £110,000 for environmental offences in Ealing [Artikel] // getwestlondon. - London : [u.n.], 2016. - 11 Februari.

**Rubensson Kent** Ragnsells Högbytorp [Intervju]. - den 19 05 2016.

**Sigonius Emma** Miljöspecialist saneringen Nässjö Bangård [Intervju]. - 2016.

**Svensson Kenneth** Zublin [Intervju]. - den 19 05 2016.

**Söreklint Anders** Projektchef stora projekt NCC Construction [Intervju]. - den 18 11 2015.

**Tammermatic Group** Tvätten som fungerar [Online] // Tammermatic Group. - den 19 10 2016. - <http://www.tammermatic.com/swe/Tammermatic-Group/TF-Tvatt/Applikationer/Gruvdrift-och-oljeutvinning/Manuell-tvatt>.

**Trafikverket** Vad innehåller Västsvenska paketet? [Online]. - den 16 11 2016. - <http://www.trafikverket.se/nara-dig/Vastra-gotaland/Vastsvenska-paketet/Vad-innehaller-Vastsvenska-paketet/>.

**UK government** Environment Act 1995, Part IV [Rättsfall]. - 1995.

**UK government** Environmental Protection Act, 1990 c. 43, Part III, Section 79 [Rättsfall]. - 1990.

**Wheelwash** Produkter [Online]. - den 01 11 2016. - <http://www.wheelwash.com/se/products/wheelwash-systems/>.

**Wheelwash** Rhino Ecoramp [Online]. - den 19 10 2016. - <http://www.wheelwash.com/gb/products/ecoramp/>.