



INSTITUTIONEN FÖR BIOLOGI OCH
MILJÖVETENSKAP

EN STUDIE KRING KONSTGRÄSPLANER

- Kvantifiering, identifiering samt analys med avseende på toxicitet av utsläppta mikroplaster i dagvatten från konstgräsplaner

Joel Svalin

Uppsats för avläggande av naturvetenskaplig kandidatexamen med huvudområdet miljövetenskap
2016, 180 hp
Grundnivå

1. SAMMANFATTNING

Plastproduktionen tog fart på allvar efter andra världskriget och har sedan dess varit en central del av våra liv. Idag används plast till allt från personliga produkter så som kosmetika och kläder till industriella processer. Men denna utveckling visar sig nu ha ett pris, stora mängder mikroplast återfinns runt om i världen både till havs och på land. Relativt nyligen har forskarsamhället börjat inse vilka effekter denna produkt kan ha på organismer och ekosystem vid vårdslös hantering.

Tidigare forskning har visat att mikroplaster i akvatiska och terrestra ekosystem kan ha omfattande negativa effekter på organismer som exponeras för dessa mikroplaster. Stora satsningar görs därför för att minska utsläppen av plast till omgivningen. För att på bästa sätt minska utsläppen av mikroplaster i miljön krävs en kartläggning över vilka områden och aktiviteter som ger upphov till den största mängden mikroplaster.

Resultaten av denna studie visar att ansevärliga mängder mikroplaster rinner bort från de undersökta konstgräsplanerna; upp till 123 olika typer av partiklar i olika form och färg har hittats i proverna. Den största andelen mikropartiklar syntes som små svarta fragment, följt av mängder med olika plastpartiklar och fibrer. Baserat på de mätningar som utförts och på genomsnittlig årsnederbörd över området uppskattas att 293,9 miljoner mikropartiklar flödar bort med regnvattnet per år från Backavallens konstgräsplan. Toxicitetstester som utförts visar att lakvatten från EPDM-granulat har en toxisk effekt på *Daphnia Magna* och ett LC50 värde beräknades till 72,26%. En XRF-analys har utförts som påvisar förekomsten av zink, bly och nickel i samtliga prover. Baserat på denna information samt andra studier kring lakvatten leder det till slutsatsen att vissa av dessa ämnen, tillsammans med andra oidentifierade ämnen som lakas ut från gummigranulat ger upphov till den giftpåverkan av *Daphnia Magna* som observerats under toxicitetstesterna.

Nyckelord: Mikrokräp, Mikroplast, Gummigranulat, Konstgräsplaner och Miljö

2. ABSTRACT

The production of plastic products kick-started just after the end of World War II and has since been a crucial part of society. Today plastics are used in everything from personal products such as cosmetics and clothing to industrial processes. However, evidence is surfacing which suggests that there is an environmental cost to pay for this commodity. Large amounts of microplastics have been found in all corners of the world, both at sea and at land. It's only relatively recently that the scientific community is starting to realize the effects that microplastics have on organisms and ecosystems when plastic products and waste is not handled properly.

Earlier research has shown that microplastics in aquatic and terrestrial environments can have substantial detrimental effects on organisms which are exposed to these microplastics. Therefore, large investments are being made in order to diminish the amounts of plastics being released to the environment. To do this in the best way possible, mapping off the sources to these microplastics and quantifying the amounts released from each source is essential.

The results of this study show that relatively large amounts of microplastics run off from the artificial turfs investigated, up to 123 particles per liter have been found in some samples. The largest share of microparticles found were small black fragments followed by a plethora of other types of microplastics and fibers. Based on the measurements conducted in this study and yearly average rainfall over the area it is estimated that 293,9 million microparticles run off with rainwater from the artificial turf of Backavallen every year. The toxicity tests that were conducted show that leach water from the EPDM-rubber has a toxic effect on *Daphnia Magna* and an LC50 value was calculated to 72.26%. An XRF analysis was carried out that proves the existence of Zinc, Lead and Nickel in all of the samples. Based on this information and other studies carried out on leach water it is possible to come to the conclusion that some of these substances are leached and could be what is causing the toxic effects that are observed in the toxicity tests.

Keywords: Micro Litter, Microplastics, Rubber granulates, Artificial Turf and Environment.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Sammanfattning	1
2. Abstract	2
3. Förord	5
4. Inledning	6
5. Syfte	8
6. Frågeställning	8
7. Avgränsning	8
8. Bakgrund	9
A. Konstgräsplaner	9
i. Förekomst och användningsområde.....	9
ii. Uppbyggnad och kemiskkomposition	9
iii. Alternativ	11
B. Mikroplast och exponering	11
i. Dagvatten och reningsverk.....	11
ii. Mikroplastupptag av organismer i haven	11
9. Tidigare forskning och övriga studier	13
10. Metod	15
A. Databesamling	15
B. Mätningar	15
C. Filtrering och mikroskopering	18
D. XRF-analys	18
E. Toxicitetstester	19
i. Läckta ämnen från EPDM-granulat	19
ii. Kemextraktion av vattenprover	20
iii. Daphnia Magna.....	20
F. Statistik	21
11. Resultat	22
A. Mätningar och mikroskopering	22
B. XRF-analys	28
C. Toxicitetstester	28
i. Toxicitetstester av lakade ämnen från EPDM-gummi	29
ii. Toxicitetstester med kemextrakt från vattenprover.....	31
12. Diskussion	33
i. Partiklar och flöden	33
ii. XRF-analys	36

iii.	Toxicitetstester	36
iv.	Metod och förbättringspunkter	37
B.	Åtgärder	38
13.	Slutsatser.....	39
14.	Referenser.....	40
15.	Bilagor	43
A.	Kartor.....	43
B.	Beräkningar	46

3. FÖRORD

I Göteborgs stad har kommunfullmäktige beslutat att staden ska upphöra med inköp av produkter med tillsatser av mikroplast. Utöver det har kommunstyrelsen givit stadsledningskontoret i uppdrag att i samarbete med miljö- och klimatnämnden och andra berörda aktörer utreda andra möjliga åtgärder för att förhindra spridning av mikroplast i naturen samt att se till att utredningens resultat beaktas vid revideringen av Göteborgs Stads miljöprogram. Som en del i uppdraget kartläggs källor till mikroplaster lokalt och det är i anknytning till detta arbete som staden har behov att få mer kunskap om i vilken omfattning dagvatten från olika källor innehåller mikroplaster. Syftet med kartläggningen är att göra det möjligt att hitta åtgärder för att minska spridning av mikroplaster till miljön, vilket ska ingå i miljöprogrammet som revideras under 2016. Den 7 mars presenterade IVL (Svenska miljöinstitutet) de viktigaste källorna till utsläpp av mikroplast nationellt sett och arbetet med att kartlägga lokala källor tar sin utgångspunkt i IVLs analys. Detta examensarbete strävar efter att bidra med kunskap om hur mycket mikroplaster som rinner bort från konstgräsplaner i staden samt att ge förslag och underlag för potentiella åtgärder för att förhindra detta.

Det är flera personer som varit delaktiga i att förverkliga detta examensarbete. Speciellt vill jag tacka Miljöförvaltningen i Göteborg som gav mig möjligheten att utföra examensarbetet med dem. I synnerhet Jenny Toth på Miljöförvaltningen som har hjälpt till med att svara på frågor och givit kontaktinformation för arbetet. Jag vill också tacka Bethanie Carney Almroth på Göteborgs universitet som har varit en ovärderlig tillgång som handledare, utan hennes hjälp hade det inte gått att genomföra arbetet. Caroline Warnicke på Göteborgs idrotts- och föreningsförvaltning som hjälpte till att hitta de konstgräsplaner som har undersökts och som bidrog med övrig information om konstgräsplaner. Slutligen vill jag tacka Johan Bohman och Samuel Mawaniki Gaita på Göteborgs universitet som hjälpte till att utföra XRF-analysen.

4. INLEDNING

Plast har varit en viktig del av vårt samhälle under en lång tid. Tillverkningen började växa fram under 1920-talet och produktionen har ökat stadigt sedan dess. Det verkliga uppsvinget kom efter andra världskriget då plastens mångsidiga potential började utnyttjas på nya och innovativa sätt, men användningen av plast visade sig även hade en baksida (Tekniska museet, 2013). Redan så tidigt som på 1970-talet började det vetenskapliga samfundet spekulera kring magnituden och effekten som nedskräpningen av haven kunde ha på ekosystem runt om i världen. Rapporter producerades som tydde på att de pågående och de framtida utsläppen av plaster till haven kunde ha negativa effekter på organismer i akvatiska och terrestra ekosystem. Trots att detta problem uppdagades relativt tidigt saknas än idag precisa uppskattningar kring hur mycket plast som släpps ut i miljön. Sedan år 1975 fram till år 2012 uppskattas att plastproduktionen har ökat med 620%. Denna ökning återspeglas onekligen även i ökade utsläpp av plaster från olika källor till miljön (Jambeck et al, 2015). Uppskattningar av plastflöden till haven har nyligen utförts i en studie av Jambeck et al. där det beräknades att mellan 4,8 och 12,7 miljoner ton plast släpps ut i haven globalt sett varje år.

Efter som plaster inte bryts ned effektivt i naturen har de mycket lång uppehållstid. Livstiden av den plast som släpps ut i miljön beräknas vara upp emot tusentals år, beroende på omgivningen. Speciellt långa livstider uppmäts i extrema miljöer, så som polarregioner. Stora mängder mikroplaster släpps ut i miljön direkt som en så kallad primärkälla i form av små plastpartiklar från till exempel kosmetikaprodukter, konstgräsplaner och blästringspellets. En stor mängd mikroplaster tillförs även miljön genom sekundära källor. De sekundära utsläppskällorna av mikroplaster skapas genom slitage och nötning av större plast eller gummiprodukter; så kallad makroplast. Exempel på detta kan vara plastflaskor och olika typer av fiskeredskap som av UV-ljus och andra fysiska processer som t. ex. vågor bryts ned till dess beståndsdelar. Även slitage av bildäck räknas till denna kategori. Plastfragmenten försvinner således inte över överskådlig tid, utan blir bara mindre och svårare att upptäcka. Mängden mikroplaster i haven har ökat det senaste årtiondet och prognosen tyder på fortsatt ökade utsläpp av plast till miljön. Därför är det viktigt att identifiera de källor som finns och kvantifiera utsläppen för varje källa för att på så vis kunna vidta strategiska åtgärder för minskade utsläpp på de platser där det ger störst effekt (David et al. 2009).

Termen mikroplaster nämndes för första gången i vetenskaplig litteratur 2004, och har sedan dess varit fokus för otaliga studier. Termen inkorporerar många olika typer av plaster som kan skilja sig åt både i struktur och kemisk komposition men gemensamt för dessa plastfragment är att de har en storlek mellan 5mm i diameter ner till 20 μm i diameter (Law & Thompson, 2014). På grund av deras ringa storlek kan dessa plastbitar tas upp i näringsväven av filtrerande organismer i haven så som musslor och zoo-plankton. När mikroplaster tas upp av organismer är plasterna i sig själva ett problem som kan ge skador på organismen genom att de t.ex. vid intag kan blockera tarmarna. Mikroplaster kan även vandra från tarmarna till andra delar av organismen där de kan lagras över tid och skulle kunna ge upphov till ytterligare skador. Mikroplaster har mycket stor

ytarea i förhållande till dess volym vilket medför att de lätt kan adsorbera stora mängder hydrofoba organiska föreningar till ytan. I haven finns det relativt höga koncentrationer av hydrofoba organiska föreningar i det omgivande vattnet och mikroplasterna kan på så vis agera bärare för dessa ämnen. De hydrofoba organiska föreningarna inkluderar en mängd olika grupper av kemikalier så som persistenta organiska föreningar (POPer) och polycykliska aromatiska kolväten (PAHer). Dessa ämnen kan vid intag dissociera från mikroplasterna och tas upp i vävnaden av organismen som sedan kan ge upphov till hormonella störningar samt cancer (Cole et al, 2011). Oktanol-vatten partitions koefficienten (K_{OW}) beskriver ett sätt att beräkna sannolikheten för att ett visst ämne kommer att befinna sig löst i vatten eller om ämnet kommer att vidhäfta till en partikel. Om ett ämnet har ett högt K_{OW} ökar sannolikheten för att ämnet adsorberas till ytan av en partikel. Partikeln eller i dessa fall mikroplasten fungerar då som bärare av POPer och andra ämnen och kan vid intag sedan lossa från partikeln och tas upp av organismen. Vissa av ämnena som dissocierar från partikeln kan inte metaboliseras av organismen och vandrar då istället till fettvävnaden där de lagras och kan ackumuleras med fortsatt intag. Detta kan leda till extremt höga halter av toxiska substanser högre upp i näringsväven, där de kan ge allvarliga konsekvenser på organismen som till exempel hormonstörningar och problem vid reproducering (Baird & Cann, 2012).

Som tidigare nämnts tas mikroplasterna upp i akvatiska miljöer; främst av filtrerare och zooplankton, eftersom de inte kan urskilja basföda från plastpartiklar. Dessa plastpartiklar biomagnifieras sedan i näringskedjan och återfinns på andra trofinivåer (Cole et al 2011). I en studie av Sanchez et al från 2013 påvisade de att 12% av infångade sandkrypare (*Gobio gobio*) i studien hade mätbara halter av mikroplaster i vävnaden vid dissektion.

Det finns åtskilliga terrestra utsläppskällor av mikroplaster men en av de större befaras vara konstgräsplaner. Denna studie kommer att fokusera på att kvantifiera mikroplastutsläpp från konstgräsplaner och mer specifikt från fotbollskonstgräsplaner. De utsläpp som associeras med dessa konstgräsplaner tros uppstå dels från gummigranulaten som används som fyllnadsmaterial till planen samt från de syntetiska gräsfibrerna (IVL, 2014).

5. SYFTE

Syftet med detta arbete är att undersöka hur stor mängd av mikroplaster/mikroskräp som tillförs miljön från konstgräsplaner genom dagvattenavrinning. Där till kommer en XRF-analys av proverna att utföras, i förhoppning om att kunna avgöra vilka typer av ämnen/plaster som finns i proverna. Toxicitetstester kommer även att utföras för att studera och diskutera de potentiella effekter de ämnen som påträffats i proverna har på Daphnia Magna.

6. FRÅGESTÄLLNING

Hur stort är flödet av mikroplast/mikroskräp från konstgräsplaner?

Vilka typer av partiklar/plaster och ämnen upptäcks i proverna?

Vilka effekter har de ämnen som hittas i proverna på Daphnia Magna?

7. AVGRÄNSNING

Det finns flera olika typer av gummigranulat som flitigt används till konstgräsplaner. I denna studie kommer endast konstgräsplaner med fyllnadsmaterial av EPDM-granulat att undersökas. Detta är på grund av att de konstgräsplaner inom Göteborgs stad som ses över av Göteborgs stads Idrotts- och föreningsförvaltning endast använder sig av EPDM-gummi som fyllnadsmaterial. Inom kommunen finns privata aktörer som använder SBR-gummi men de har uteslutits ur studien då detta arbete utfördes med hjälp av Göteborgs stads Idrotts- och föreningsförvaltning.

8. BAKGRUND

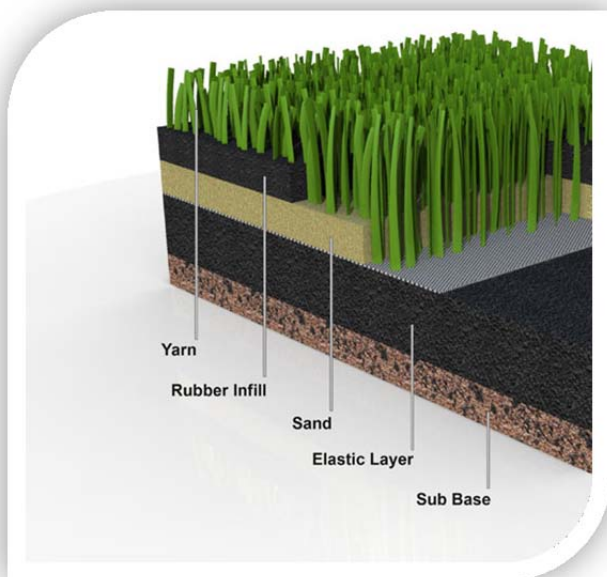
A. Konstgräsplaner

i. Förekomst och användningsområde

Enligt IVLs rapport från 2016 hade Sverige 1 191 konstgräsplaner år 2015 med en total area på 6 117 600 m². Utöver det tillkommer det varje år drygt 100 nya konstgräsplaner runt om i landet. Konstgräsplaner används i allt större utsträckning jämfört med vanliga fotbollsplaner på grund av att de anses vara mer ekonomiskt gynnsamma samt att konstgräsplanerna tros vara skonsammare för spelarna på planen. Konstgräset ger möjlighet till utövande av sporten i princip oavsett rådande väderförhållanden, då planerna förblir stabila och behåller den stötdämpande effekten året runt, vilket medför en substantiellt förlängd säsong (IVL 2016 a). EPDM-granulat är den vanligaste typen av fyllnadsmaterial i Göteborgs kommun varför det är konstgräsplaner som är konstruerade med EPDM-granulat som har undersökts i denna studie. EPDM-granulat har valts till anläggningarna då det innehåller mindre mängder tillsatser som t.ex. PAHer och HA-oljor jämfört med SBR-granulat. Detta gör EPDM-granulat till det miljövänligare alternativet. EPDM-granulat är även mycket resistent mot UV-ljus och oxidering samt har högre värmetålighet. UV-ljus och värmetålighet samt en rad andra faktorer påverkar gummits livslängd och en låg resistens medför att gummit lättare krackelerar och fragmenteras, varpå det sedan kan föras bort med regnvattnet. Även om EPDM-granulat är ett bättre alternativ än SBR-granulat befaras det fortfarande kunna ha negativa effekter på miljön och det är stora mängder gummigranulat som används till konstgräsplanerna. Under 2015 i Sverige rapporterades att 75 000 ton gummigranulat lades ut på konstgräsplaner runt om i landet (IVL 2016 a). Frågan som återstår att besvara är hur stor mängd av detta som försvinner från konstgräsplanerna.

ii. Uppbyggnad och kemiskkomposition

Konstgräsplanerna är uppbyggda av ett antal olika komponenter. Grunden består av en plastväv gjord av polypropylen eller polyester varpå syntetiska grässtrån fästs som vanligen är gjorda av polyeten, nylon eller polypropylen. Mellan grässtråna uppstår ett mellanrum som måste fyllas ut vilket görs med sand som har funktionen att stabilisera grunden av konstgräset. Ovanpå sanden tillsätts gummigranulat för att ge svikt åt gräsplanen, vilket kan komma från olika källor. I Göteborgs stad används EPDM-gummi flitigt men i andra städer och länder är en av de vanligaste källorna till gummigranulat återvunna bildäck, så kallat SBR-gummi (Hedermo, 2010). SBR och EPDM är förkortningar av styrenbutadiengummi respektive Etylen- propylen-dien monomer. EPDM-gummi har hög resistens mot UV strålning samt värme och är till skillnad från SBR-gummi inte återvunnet, utan framställs direkt som granulat till konstgräsplaner. Det är även vanligt förekommande att en blandning av gummi och plastgranulat används som till exempel termoplast elastomer (TPE) (IVL 2016 a).



Figur 1 till vänster visar i genomskärning hur en konstgräsplan är uppbyggd. Alla dess delar har beskrivits i texten ovan.

Figur 1: Uppbyggnad av konstgräs
(http://www.genan.eu/artificial_turf-46.aspx)

EPDM-gummit som undersöks i detta arbete innehåller en mängd olika ämnen som presenteras i nedanstående tabell tagen från Federal Mogul, Material Safety Data Sheet (MSDS).

Tabell 1: Kemisk komposition av EPDM-gummi. Tagen från:

(http://pt-pcs.federalmogul.com/MSDSSheets/Ethylene_Propylene_Diene_Monomer_EPDM_Rubber3b3b2823-108a-4d3a-bf18-d71a6582c4fb.pdf)

Chemical Name	CAS-No.	Concentration*
†Carbon black	1333-86-4	< 31%
Ethylene-ethylidenenorbornene-propylene terpolymer	25038-36-2	< 26%
Ethylene-propylene copolymer	9010-79-1	< 26%
Polyalkylbenzene	None	< 6%
†Zinc oxide	1314-13-2	< 3%
1,2-Polybutadiene	9003-17-2	< 2%
Modified clay	66402-68-4	< 2%
†1H-Pyrrole-2,5-dione, 1,1'-(1,3-phenylene)bis-	3006-93-7	< 1.5%
†Peroxide, [1,3(or 1,4)-phenylenebis(1-methylethylidene)]bis[(1,1-dimethylethyl)	25155-25-3	< 1.5%

* All concentrations are percent by weight unless ingredient is a gas. Gas concentrations are in percent by volume. † This chemical is hazardous according to OSHA/WHMIS criteria.

Från tabell 1 framgår att EPDM-gummi till största del består av Carbon Black och olika typer av polymerer. Det innehåller även zink oxid som tillsätts under tillverkningen vid vulkaniseringsprocessen (Dickey, 2016). De ämnen som markeras med korset i ovanstående tabell är intressanta eftersom de är klassade som toxiska substanser enligt OSHA/WHMIS (Occupational Safety and Health Administration/ Workplace Hazardous Materials Information System) kriteriet.

iii. Alternativ

Utöver att använda SBR- och EPDM-granulat som fyllnadsmaterial på konstgräsplaner finns andra mer miljövänliga alternativ som börjar öka i popularitet. Ett av de vanligare alternativen till ovanstående gummigranulat är att använda en blandning av kork och kokos som fyllnadsmaterial. Kork och kokos blandningen är värmebehandlad för att tåla de temperaturer som kan uppstå en varm sommardag. Ett exempel på ett företag som producerar denna organiska typ av substitut är Italgreen som har tagit fram produkten Geofill, vilken består enbart av kokos samt korkmaterial (Italgreen, 2016). Det finns även andra typer av plaster som håller på att tas fram av olika producenter, vilka sägs vara bättre alternativ till de nuvarande granulatet. En typ är Ecofill som tagits fram av företaget Mondo. Produkten består av ett polyolefinbaserat gummigranulat som påstås vara helt återvinningsbart samt inte innehålla några tungmetaller, mjukgörare eller andra typer av potentiellt skadliga ämnen (Claudio, 2008).

B. Mikroplast och exponering

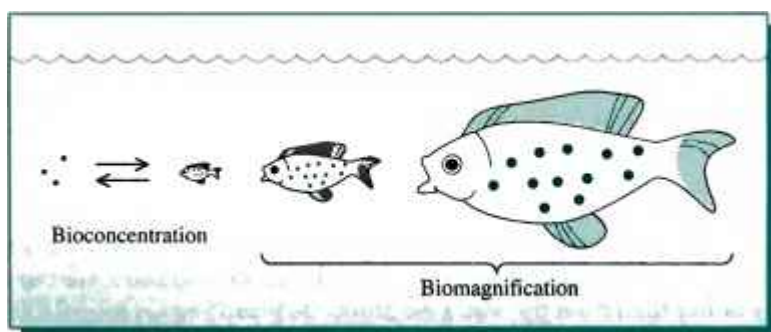
i. Dagvatten och reningsverk

Dagvatten beskrivs som den kombinerade mängden snö, regn och hagel som rinner bort från en hårdgjord yta. Den hårdgjorda ytan kan vara en väg, en konstgräsplan, ett tak eller en rad andra strukturer. Från dessa ytor rinner dagvattnet, vilket under naturliga former skulle tränga ner i marken, bort via brunnar och avloppsledningar till närmaste vattendrag, eller så leds det vidare till ett reningsverk (Göteborgs stad). Av de mikroplaster som förs med dagvattnet bort från konstgräsplanerna fångas stora delar upp i reningsverken. En betydande del går trots det rakt genom reningsverket ut i havet. Uppskattningar har gjorts på att det skulle kunna vara så stora mängder som 2 miljoner mikroplastpartiklar per timme som flödar ut ur reningsverken till havet (IVL 2014(b)).

ii. Mikroplastupptag av organismer i haven

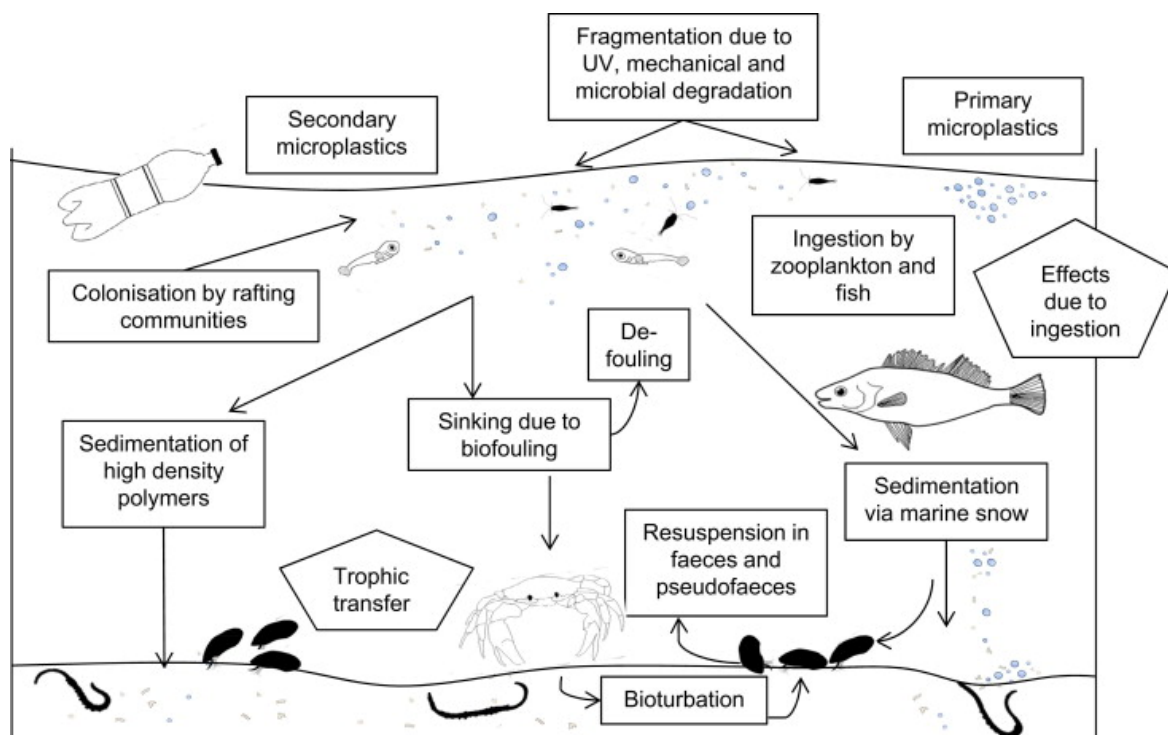
Mikroplasternas storlek (5mm till 20 μ m) gör dem biotillgängliga för en rad olika akvatiska organismer. Även mindre plastfragment existerar men refereras då till som nanoplaster och de behandlas inte i detta arbete. Intag av mikroplast kan ske såväl aktivt som passivt; det så kallade aktiva upptaget sker genom att organismer på lägre trofinivåer intar mikroplast som en del av sin basföda. Många av dessa organismer är inte kapabla att avgöra skillnaden på mikroplaster och annat mikroskräp i vattnet från den basföda de normalt livnär sig på. Denna oförmåga till urskiljning kan över tid resultera i att filtrerande organismer får i sig stora mängder mikroplaster samt annat mikroskräp. De mindre organismerna som intar relativt sett små mängder mikroplaster kan i sin tur bli byten för predatorer. Då inte heller predatorerna kan bryta ned mikroplasterna medför det att den mängd mikroplaster bytet innehöll ansamlas i predatorerna. Den organism som tidigare agerade predator kan nu själv bli byte för en annan organism i havet och processen fortsätter upp till topp predatorerna (Baird & Cann, 2012). Denna process refereras till som biomagnifiering och ökningarna med en faktor på upp till 10 miljoner har observerats i tidigare studier av fiskar utanför Long Island Sound (Wright, Thompson och Galloway, 2013).

Nedan följer en schematisk representation av biomagnifieringsprocessen.



Figur 2: Biomagnifiering. Hämtad från: <http://www.drddarrinlew.us/environmental-chemistry/the-accumulation-of-organochlorines-in-biological-systems.html>

Många olika organismer i näringsväven löper risk för dessa föroreningar via direkt intag. Vilka organismer som löper risk för exponering av mikroplasterna beror till stor del på densiteten av plastfragmenten. Mikroplaster med låg densitet som till exempel polyeten befinner sig ofta i den eufotiska zonen där den lätt kan tas upp av planktivorer och suspenderade filtrerare. Biofouling är en process där en beläggning av mikroorganismer och alger bildas och fäster vid ytan av plasten som får den att sjunka genom att ändra flytkraften hos partikeln. Genom till exempel biofouling blir mikroplaster tillgängliga för organismer även i den bentiska zonen. På grund av att plasterna inte bryts ned kan de recirkulera som i ett kretslopp genom sedimentation och återsuspendering enligt den schematiska bilden nedan (Wright. et al, 2013).



Figur 3: Rutter för exponering. Hämtad från:
<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.ub.gu.se/science/article/pii/S0269749113001140>

9. TIDIGARE FORSKNING OCH ÖVRIGA STUDIER

I en rapport av IVL från 2016 beräknas att 3-5 ton gummigranulat tillförs en given fotbollsplan av konstgräs med en area på 7 881 m² för att kompensera den mängd som försvinner per år så att konstgräsplanens standard bibehålls. I medel förlorar en konstgräsplan 0,38- 0,63 kg gummigranulat per m² per år. Baserat på detta och den totala arean av Sveriges konstgräsplaner på 6 117 600 m² beräknas att 2 300- 3 900 ton gummigranulat av olika typ förs bort från konstgräsplaner per år (IVL, 2016). Den största mängden befaras försvinna från konstgräsplanerna under plogning på vintern, samt under övrigt underhåll. Men en betydande mängd uppskattas även forslas bort med spelarna i kläder och annan utrustning (Gabert K, 2012). Av detta är det oklart hur stor mängd som når vattendrag och haven.

Studier har emellertid utförts där förekomsten av mikroplaster i haven undersökts. I en studie av Havsforskningsinstitutet och N-research från 2010 undersöktes Skageraks området mellan Arendal och Hirtshals med avseende på förekomsten av mikroplaster. Mikroplaster med en storlek på mindre än 300 µm filtrerades ur havet och en mikroskopanalys utfördes tillsammans med en SEM-EDX (Scanning electron microscope with energy dispersive X-ray spectroscopy). En rad olika mikropartiklar hittades, bland annat fibrer av olika typer, samt blåa partiklar och ett överflöd av svarta partiklar. Upp till 799 partiklar/liter hittades med ett medelvärde på 41 partiklar/liter. Studierna beskriver att det inte är möjligt att specificera källorna till partiklarna

som hittats men terrestra källor som gummipartiklar kan förekomma. En liknande studie har även utförts i Sverige av Norén et Al. 2009 där syftet var att kvantifiera mängden partiklar av antropogent ursprung i svenska vatten. Flera typer av fibrer hittades i olika färger. Svarta, blå, transparenta och röda var vanligast förekommande. Vid SMHIs provtagningsstationer som användes under studien beräknades koncentrationen fibrer till mellan 300 – 1300 partiklar/m³. En stor andel mikropartiklar hittades även i vattenmassan; flest var de svarta partiklarna följt av röda och blåa. Vid SMHIs provtagningsstationer beräknades koncentrationen partiklar till 100- 7000 partiklar/m³.

Dessa studier tyder på att en stor del mikroplaster från olika källor tillförs haven. De exakta mängderna från respektive källa förblir tills vidare osäkra. Det är emellertid inte enbart mängden mikroplaster som förs bort som kan ge upphov till problem. I fallet med konstgräsplaner är det även andra faktorer som behöver undersökas. Från plaster och granulat kan även olika ämnen läcka ut med regnvatten. Med anledning av detta utsedde den Schweiziska myndigheten för sport (BASPO) under 2004 en kommitté som skulle utreda vilka ämnen och hur mycket av ämnena som under ett års tid lakas ut från en konstgräsplan. Denna kommitté tillsattes efter påtryckningar från miljömyndigheter i Schweiz på grund av att tidigare studier gjorts som visat att tungmetaller kunde lakas ut och föras med regnvattnet. Studien undersökte mängden ämnen som läckte ut från en kvadratmeter av konstgräsplaner av olika typer, däribland konstgräs med EPDM- och SBR-granulat. Studien visade att både konstgräs med EPDM- och SBR-granulat läckte ut detekterbara mängder kemikalier med regnvattnet men endast i mindre koncentration. Över kort tid ansågs inte mängden läckta ämnen från konstgräsplaner vara tillräckligt stor för att någon negativ effekt skulle vara märkbar med avseende på vattenkvaliteten så länge rådande regler för konstruktion av konstgräsplanerna efterlevts. Inga slutsatser kunde dras från dessa resultat angående potentiella läckor över längre tid (Müller 2007). Ytterligare studier behövs därför över långtidsläckage av kemikalier från konstgräsplaner.

10. METOD

Under detta projekt har en mindre litteraturstudie gjorts där tidigare artiklar rörande ämnet har granskats för att samla kunskap om det berörda området. Utöver litteraturstudien utfördes fältarbete och en labbstudie. Under fältarbetet togs prover på dagvatten i anslutning till tre konstgräsplaner runt om i Göteborgs stad. Totalt togs 34 prover som transporterades till labb med intentionen att undersöka mängden mikroplaster samt den kemiska kompositionen av proverna och även att uppskatta toxiciteten av ämnena som återfinns i proverna.

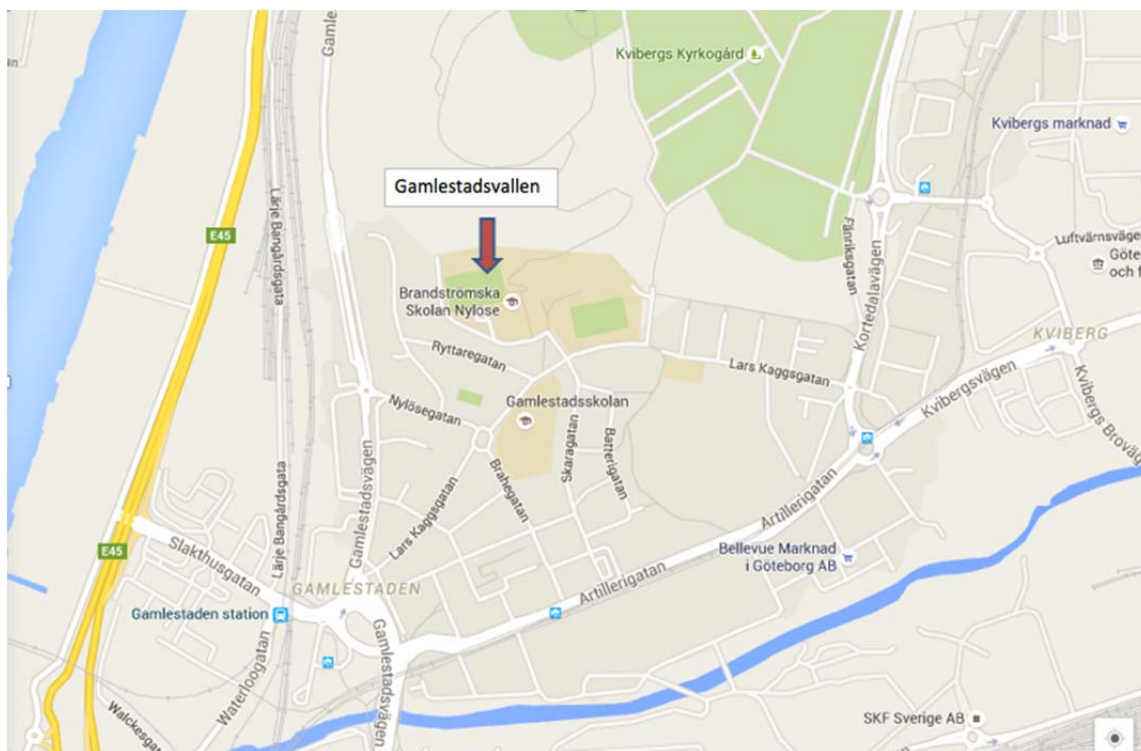
A. Datainsamling

Sökorden som användes för att hitta relevanta artiklar till litteraturstudien utgick från syftet och frågeställningen. Centrala begrepp relevanta för området i fråga användes för sökningen och sökningarna gjordes i tre stora databaser. De databaser som användes var Göteborgs universitets egen databas Supersök samt Web of Science och Google Scholar. Sökord som användes var främst "mikroplast", "mikroskräp", "konstgräs", "microplastics", "artificial turf", "dagvatten" och "environment" i olika kombinationer. Många relevanta artiklar hittades även genom att granska referenslistan i artiklar som dök upp under sökningen med de nämnda sökorden ovan.

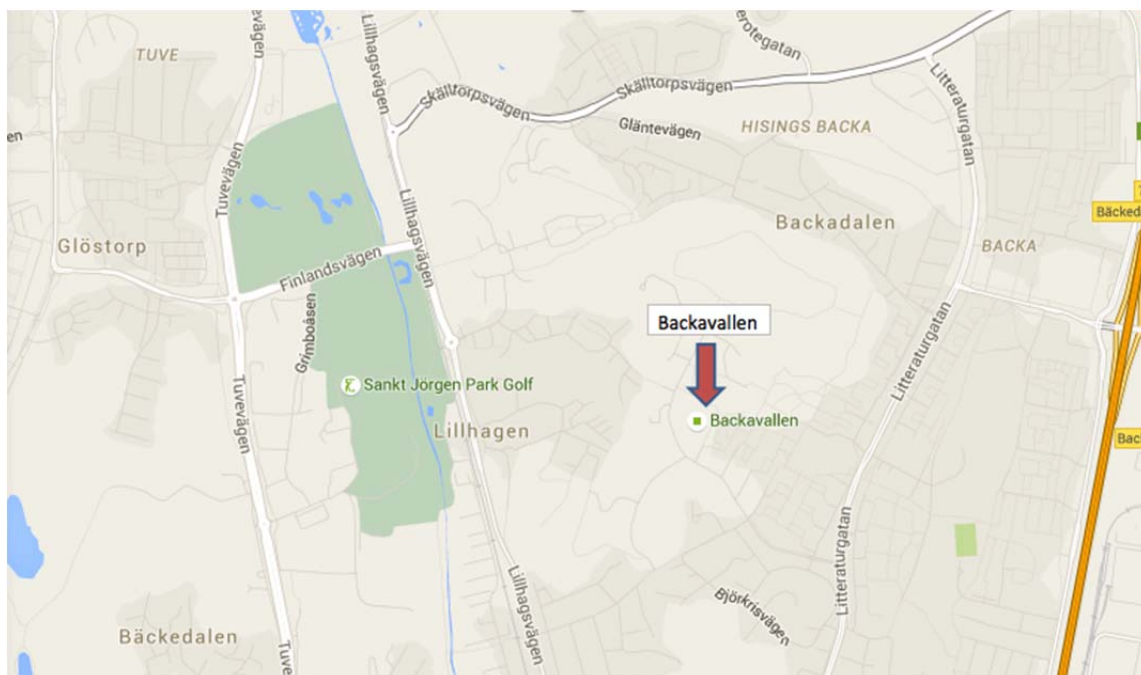
B. Mätningar

De platser som undersökts i denna studie ligger alla inom Göteborgs stad. Den första platsen där prover togs var Gamlestadvallen, vilken byggdes i juni år 2015 och är den nyaste konstgräsplanen. De andra platserna där prover har tagits är Påvelundsvallen som konstruerades i juni år 2007 samt Backavallen som byggdes i augusti år 2007. I samtliga av de konstgräsplaner som undersökts används det mer kostsamma EPDM-gummit istället för SBR-gummi som annars är ett vanligt förekommande fyllnadsmaterial.

Nedan följer kartor över samtliga provtagningsplatser.



Figur 4: Karta över Gamlestadsvallen



Figur 5: Karta över Backavallen



Figur 6: Karta över Påvelundsvallen

Vid provtagningsplatserna identifierades samlingsbrunnarna genom att konsultera ansvariga för respektive konstgräsplan och genom att gå igenom ritningar över varje konstgräsplan. Ritningarna finns att se under sektionen kartor där brunnarna finns utmärkta. Den centrala samlingsbrunnen öppnades vid respektive plats med hjälp av en kofot och vattenprover extraherades med hjälp av en speciellt utformad expanderbarmätsticka till vilken provtagningsflaskorna fästes och fördes ned i brunnen varpå vattnet rann ner i provflaskorna. Vid provtagningen användes totalt på alla platser 34st enkla provtagningsflaskor i glas med en volym på 1L vardera. Vid varje plats togs fyra prover; tre av dessa provflaskor fylldes med vattenprover från brunnen och den fjärde provflaskan innehöll milli-Q vatten som tidigare fyllts upp på labbet. Provflaskan med milli-Q vatten öppnades och ställdes vid sidan om under tiden som provtagningen pågick för att uppskatta den atmosfäriska depositionen av partiklar.

Tanken var från början att ta tre mätningar på varje plats. Men då mätningarna är väderberoende kunde detta inte utföras på Gamlestadsvallen då nederbörds mängden vid två av mättillfällena inte gav tillräckliga flöden.

Då flödet på dagvattnet befaras ha en effekt på mängden mikroplaster som sköljs bort från planen uppskattades flödet av dagvattnet vid varje provtagningsstillfälle. Detta skedde genom att en mätcyliner fördes ner i brunnen som fångade upp det rinnande vattnet samtidigt som tiden det tog att fylla mätcyлиндern noterades. (Se sektionen beräkningar för mätvärden vid respektive plats).

C. Filtrering och mikroskopering

För att kunna mikroskopera proverna var en filtrering nödvändig. Filtreringen gjordes med hjälp av en E-kolv med vakuumsug varpå en filtreringstratt med en gummi kork hade monterats. Ovanpå filtreringstratten placerades ett membranfilter i nylon med en storlek på 20 mikron. En uppsamlingsbägare fästes på filtreringstratten och hölls samman med en klämma. Innehållet i proverna hälldes över i uppsamlingsbägaren och vattnet hälldes genom filtret. När filtreringen var färdig placerades membranfiltren i en speciellt avsedd behållare för att undvika vidare kontaminering av proverna.

Därefter mikroskoperades membranfiltrena med partiklarna i ett Leica EZ4HD mikroskop med 12x - 35x förstoring. Alla partiklarna studerades noggrant och antalet partiklar noterades manuellt utifrån dess form och färg. Intressanta partiklar och ofta återkommande partiklar fotograferades och dokumenterades med hjälp av dataprogrammet Las EZ4.

För att ha något att jämföra proverna från konstgräsplanerna med insamlades gummigranulat från en av de undersökta konstgräsplanerna genom att plocka upp det för hand och lägga det i plastpåsar. Det insamlade gummit fördes till labb och maldes ned med en mortel för att simulera den nötning som uppstår över tid. Det mortlade gummigranulatet filtrerades sedan av och fotograferades under mikroskop likt de andra proverna.

D. XRF-analys

En XRF (X-ray Reflection Fluorescence) analys utfördes för att kvalitativt analysera de oorganiska beståndsdelarna av de prover som tagits. XRF analysen fungerar genom att provet som undersöks bombarderas med röntgenstrålar. När röntgenstrålarna träffar provet slås elektroner från orbitalerna i atomerna hos provet bort. I samma stund som detta sker frigörs energi från varje atom i provet som motsvarar ett specifikt ämne. En detektor samlar in informationen om de olika energierna som utstrålas från provet och skickar det till en dator. Därefter kan en jämförelse av de energier som registrerats göras med känd data från de olika energierna som grundämnen har och genom denna process kan provets beståndsdelar identifieras.

Ett filtrerat prov från varje konstgräsplan samt ett prov som bestod enbart av rent gummigranulat valdes för analysering. XRF-instrumentet ställdes in till att arbeta på 20 mA och 50 kV med en total provtagningstid på 1000 sekunder per prov. Ju längre ett prov körs desto högre statistisk säkerhet ger det. 1000 sekunder valdes eftersom det anses ge hög statistisk säkerhet. De utvalda proverna placerades en efter en i en speciell behållare och fördes in i XRF-instrumentet och analysen utfördes. Därefter behandlades den data som erhöles i programmet PyMca och de ämnen som provet innehöll identifierades.

E. Toxicitetstester

i. Läckta ämnen från EPDM-granulat

Gummigranulat av typen EPDM insamlades i en plastpåse från Påvelundsvallen och fördes till labb för vidare preparation med syftet att undersöka toxiciteten av läckta ämnen från gummigranulaten i olika koncentration. 1 gram av EPDM-granulat vägdes upp på en bit papper i en våg av typen Mettler AE166 och tillsattes till en glasflaska innehållande 1 liter milli-Q vatten. Flaskan tilläts stå i 72 timmar i rumstemperatur (21° C) för att eventuella ämnen skulle kunna diffundera ut ur gummigranulaten till det omgivande vattnet. Efter 72 timmar filtrerades blandningen med en filtreringstratt och filterpapper av typen Whatman Hardened Ashless 541. Den renade formen, utan gummipartiklar, erhöles sedan i en ny flaska. Ett standardiserat LC50 test på 48 timmar utfördes med *Daphnia Magna* enligt OECDs (202) riktlinjer. Nedan följer schemat för upplägget samt de respektive spädningsserier som gjordes.

Tabell 2 Upplägg för LC50 (EPDM)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A				100%	gummivatten		(200	μL)				
B				90%	gummivatten		(180	μL	i	20	μL)	
C				80%	gummivatten		(160	μL	i	40	μL)	
D				70%	gummivatten		(140	μL	i	60	μL)	
E				60%	gummivatten		(120	μL	i	80	μL)	
F				50%	gummivatten		(100	μL	i	100	μL)	
G				40%	gummivatten		(80	μL	i	120	μL)	
H				30%	gummivatten		(60	μL	i	140	μL)	
I				20%	gummivatten		(40	μL	i	160	μL)	
J				10%	gummivatten		(20	μL	i	180	μL)	
K				100%	Adam	(Negativ)	(200	μL)				
L					CuCl ₂ H ₂ O	(Positiv)	(0,5g	/L)				

Provvattnet med de urlakade ämnena späddes ut i olika koncentrationer från 100% rent provvatten ner till 10% provvatten. För att få de önskade koncentrationerna späddes provvattnet med ett testmedium innehållande en blandning av vatten och salter samt mineraler som *Daphniorna* trivs i. Testmediet benämns Adam. En negativ kontroll kördes för att säkerställa att testmediet inte hade några negativa effekter på *Daphniorna* samt att stammen av *Daphnior* var lämpad för testet. Utöver detta kördes även en positiv kontroll med kopparklorid hydrat (CuCl₂ H₂O) för att validera den experimentella metoden. Enligt tabellen ovan utfördes 12 replikat för varje behandling A-L.

ii. Kemextraktion av vattenprover

En kemextraktion utfördes med syftet att extrahera de polära organiska föreningarna i vattenproverna. Analysen gjordes med hjälp av en vakuumsug med tillkopplade SPE kolonner (ENV+-kolonner) från Biotage (200mg adsorbent). Det första som genomfördes var att tvätta slangarna med milliQ-vatten för att skölja bort eventuella orenheter i slangarna. Därefter preparerades kolonnerna med 6ml etanol följt av 6ml metanol, varpå de konditionerades med 6ml milliQ-vatten. Mellan varje tillsättning av vätska tilläts kolonnerna torka. I nästa steg kopplades provflaskorna till kolonnerna och vakuumsugen via de nyligen tvättade slangarna. Proverna kördes därefter genom kolonnerna med en hastighet på 2 droppar per sekund. När allt provvatten hade förts genom kolonnerna tvättades var och en av kolonnerna igen med 2ml milliQ-vatten, varpå kolonnerna fick stå och torka under 1 minut. Till sist eluerades kolonnerna med 2x6ml metanol ner i var sitt provrör. Provrören med eluatet bubblades sedan med kvävgas i dragskåp under 33° C uppvärmning på en blocktermostat av typen BT3. När hälften av den ursprungliga metanolen i proven avdunstat tillsattes 100 µL dimetylsulfoxid (DMSO). Eftersom DMSO har en högre kokpunkt än metanolen avdunstar den inte vid denna temperatur och en koncentrerad av de organiska föreningarna i proven fås i DMSO-lösningssmedlet. De koncentrerade ämnena i provrören som erhålls användes sedan för att utföra de toxicitetstester som beskrivs nedan.

Tabell 1 beskriver upplägget och spädningsschemat för de prover som erhöles från kemextraktionen. Ett akut toxicitets test utfördes på *Daphnia Magna* med kemextraktionsproverna som behandling och med DMSO som bärare. Testet utfördes med en naturlig koncentration på 0,0001%, en lägre koncentration på 0,00005%, en högre koncentration på 0,0002% samt en mycket hög koncentration på 0,0004%. Enligt nedanstående schema framgår att 12 replikat gjordes med 6 olika behandlingar (A-F). Koncentrationen av DMSO som kontroll var 0,0004%; vilket är samma som den högsta koncentrationen av kemextraktionseluatet.

Tabell 3: Upplägg för LC50-tester med kemextraktionsproverna

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A				4µL	prov	löst i	40mL	Adam	(Naturlig)			
B				2µL	prov	löst i	40mL	Adam	(Låg)			
C				8µL	prov	löst i	40mL	Adam	(Hög)			
D				16µL	prov	löst i	40mL	Adam	(mkt hög)			
E				200µL	Adam	(Negativ	Kontroll)					
F				200µL	DMSO	(Carrier	Kontroll)					

iii. *Daphnia Magna*

Daphnia Magna är ett kräftdjur som ofta används som modellorganism vid toxicitetstester. *Daphniorna* är speciellt väl anpassade till tester då toxicitet av olika partiklar och ämnen undersöks efter som de är passiva filtrerare (Ogonowski Et Al, 2016). De *Daphnior* som användes i denna studie togs från Göteborgs Universitets egna odling vid institutionen för biologi och miljövetenskap.

F. Statistik

För att behandla den data som erhållits från toxicitetstesterna gjordes en logitanalys i Microsoft Excell. Logit är en form av regressionsanalys som passar bra till toxicitetstester, då den data som erhålls från dos-responsförhållanden oftast inte är normalfördelade och till icke-normalfördelad data rekommenderas att Logit används. I en dos-responskurva fås en sigmoid funktion men genom Logit analysen transformeras informationen till en linjär funktion och en regressionsanalys kan utföras (San Fransisco State University, 2016).

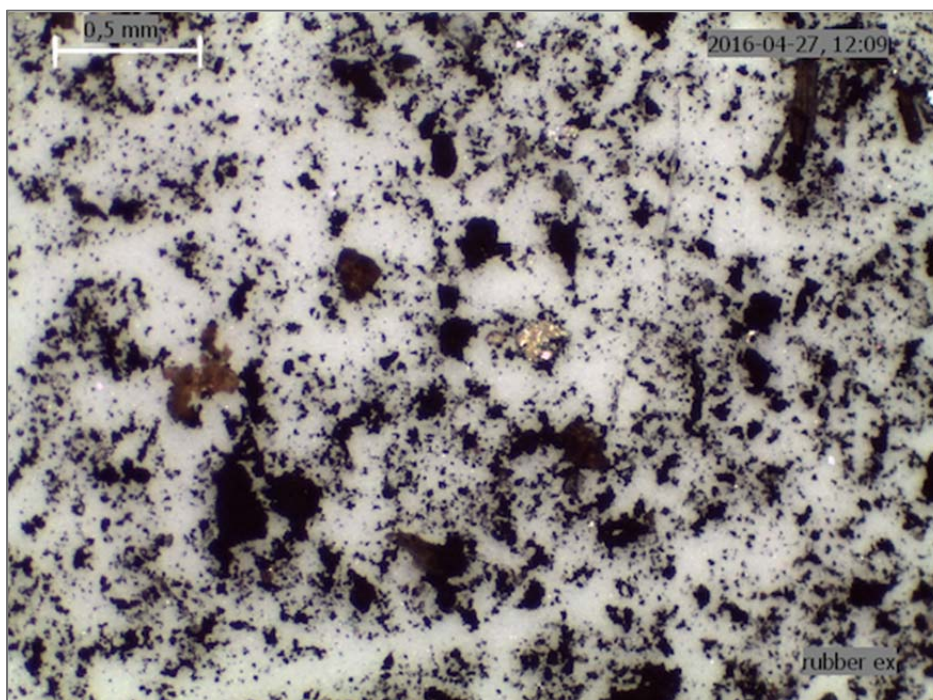
Övriga figurer, tabeller, diagram och beräkningar i detta arbete har gjorts i Microsoft Excell.

11. RESULTAT

A. Mätningar och mikroskopering

Mikroskoperingen av proverna visade att det fanns flera olika typer av syntetiska material i varje liter prov som tagits. En mängd syntetiska material i starka blåa och röda färger kunde identifieras under mikroskop, i vissa prover återfanns även hela gummigranulat. Proverna innehöll stora mängder svarta partiklar som misstänks kunna vara sönderdelade fragment av gummigranulat. Identifieringsprocessen av mikroplasterna och i synnerhet de svarta fragmenten har varit problematisk, i vissa fall är det inte möjligt att säkert säga vad som är gummi och vad som är annat material. Nedan följer ett antal bilder tagna under mikroskop som representerar de vanligast förekommande fragmenten som upptäckts under mikroskoperingen.

Från figur 7 nedan som visar det nermalda gummigranulatet går det att identifiera gummifragment som är mycket lika de fragment som återfinns i samtliga av de andra vattenproverna. Nära på alla fibrer och partiklar som fanns här kunde även ses i de övriga proverna från de undersökta platserna. Många olika typer av fibrer och partiklar hittades under mikroskoperingen.

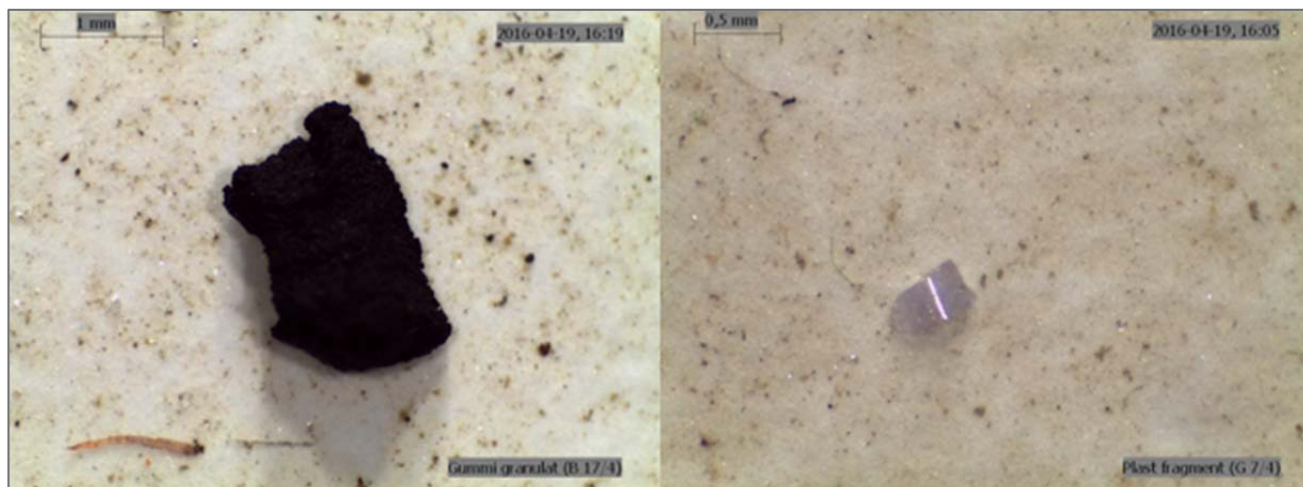


Figur 7: Nermalta gummigranulat

Ett urval av de typer av partiklar och fibrer som identifierats följer nedan.

Figur 8 och 9 är exempel på två typer av partiklar som hittats i proverna. Figur 8 är ett tydligt exempel på en gummipartikel som är drygt 1x2 mm stor. I de filtrerade proverna hittades 4 stycken gummigranulat av denna storlek. Dessa fanns inte med regelbundet i alla prover men hittades på vissa platser. De flesta av de gummifragmenten som misstänks rinna bort med

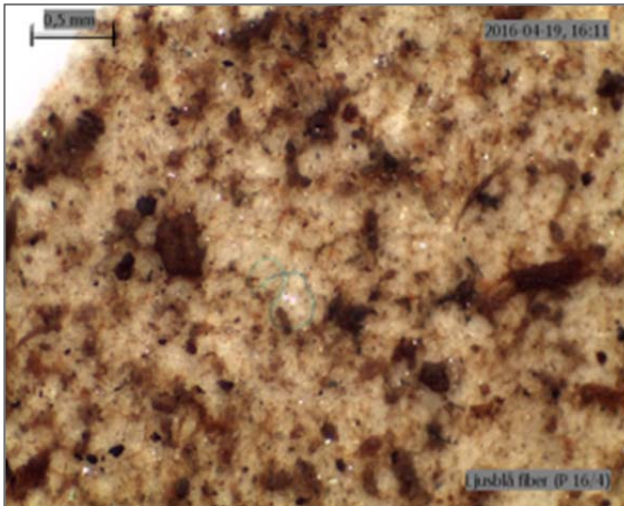
dagvattnet är betydligt mindre i storlek, vilket demonstreras i figur 10 längre ned. I figur 9 visas ett exempel på ett plastfragment som hittades i ett vattenprov från Gamlestadsvallen.



Figur 8: Gummigranulat

Figur 9: Plastfragment

I samtliga av de prover som mikroskopades kunde små svarta fragment observeras, vilket tydligt demonstreras av de figurer som presenteras här. Dessa små svarta fragment ses utspridda över ytan på alla prover, men kan vara svårare att upptäcka i vissa prover på grund av organiskt material som kontaminerar bakgrunden. Figur 10 är ett exempel på detta. Samtliga av de prover som togs vid Påvelundsvallen hade relativt hög andel organiskt material, vilket försvårade identifieringen. I övriga prover skiljer sig de svarta partiklarna relativt tydligt från den ljusare bakgrunden de omges av. Fragmenten är som tidigare nämnts mycket lika de som observerades i det nermalda gummiprovet, vilket tyder på att de svarta partiklarna skulle kunna vara gummifragment, även om detta ej kan bestämmas med säkerhet. Figur 11 visar ytterligare en vanligt förekommande typ av mikroskräp, i detta fall en fiber. Det är möjligt att dessa fibrer uppstår från nötning och slitage av gräsfibrerna på konstgräsplanen som sedan lossar och förs med regnvattnet eller så kan de komma från kläder och skor som används på planen. Fibrerna förekommer i flera färger, här visas en röd fiber men även gröna, blåa, lila, gula, svarta och genomskinliga fibrer har hittats.



Figur 10: Små svarta partiklar

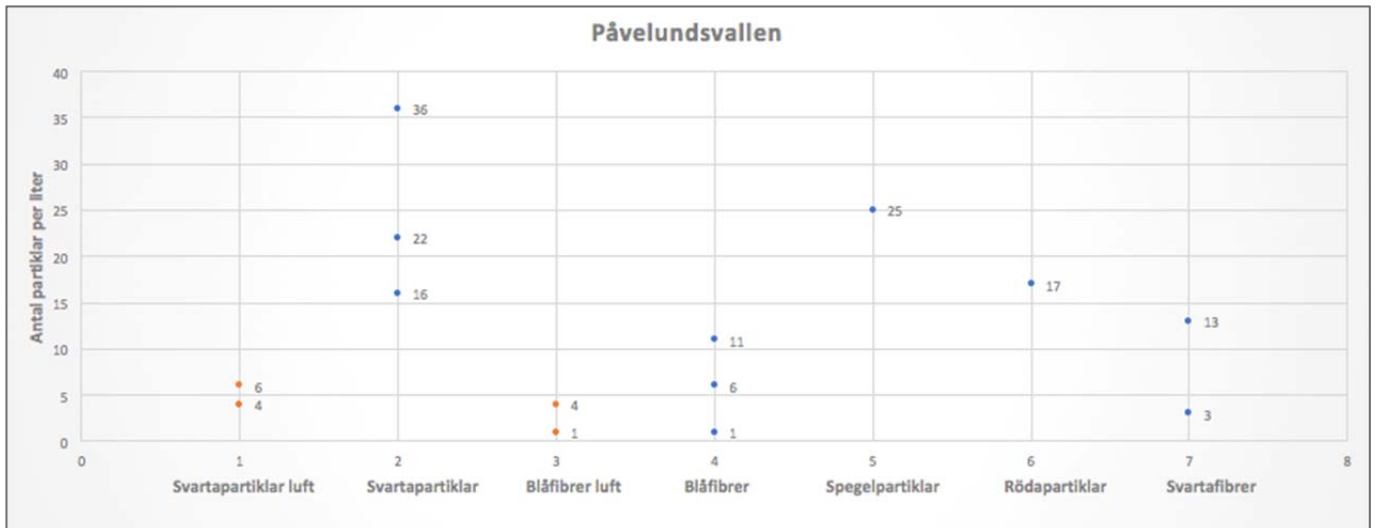


Figur 11: Röd fiber



Figur 12: Glitterpartikel

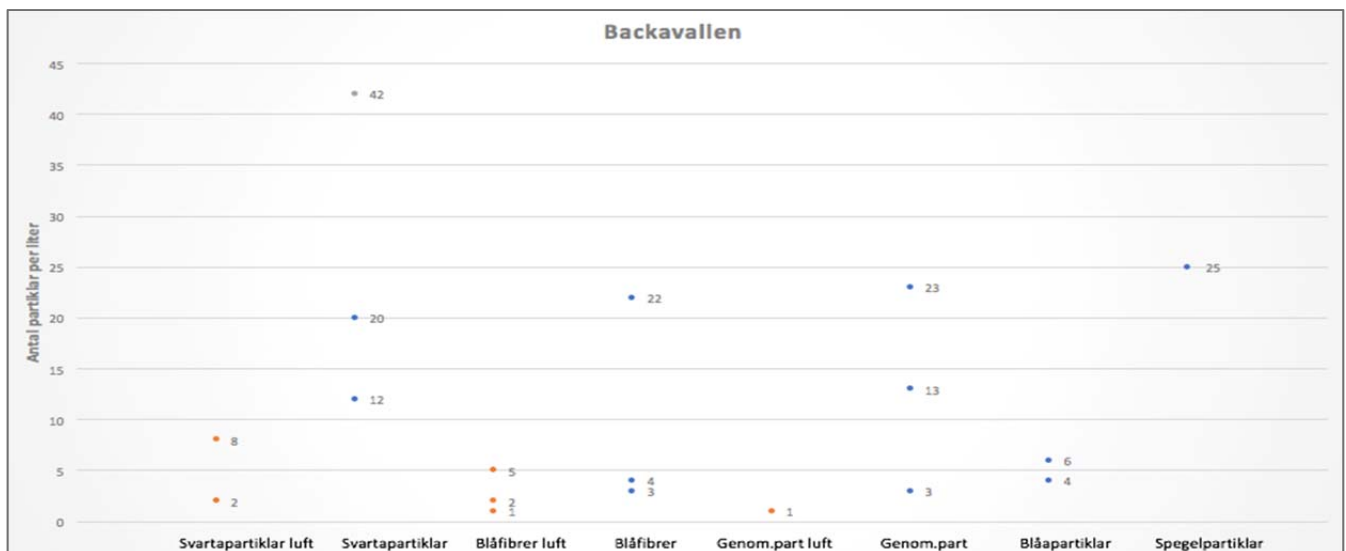
I figur 12 till vänster visas ett vanligt förekommande objekt i många av proverna. Partikeln har dessvärre inte kunnat identifieras. Glittriga partiklar mycket likt denna hittades även i det nermalda gummigranulatet och det är således inte osannolikt att dessa partiklar är en form av kontaminering som tillförs med gummigranulatet.



Figur 13: Antal partiklar per liter provvatten vid Påvelundsvallen

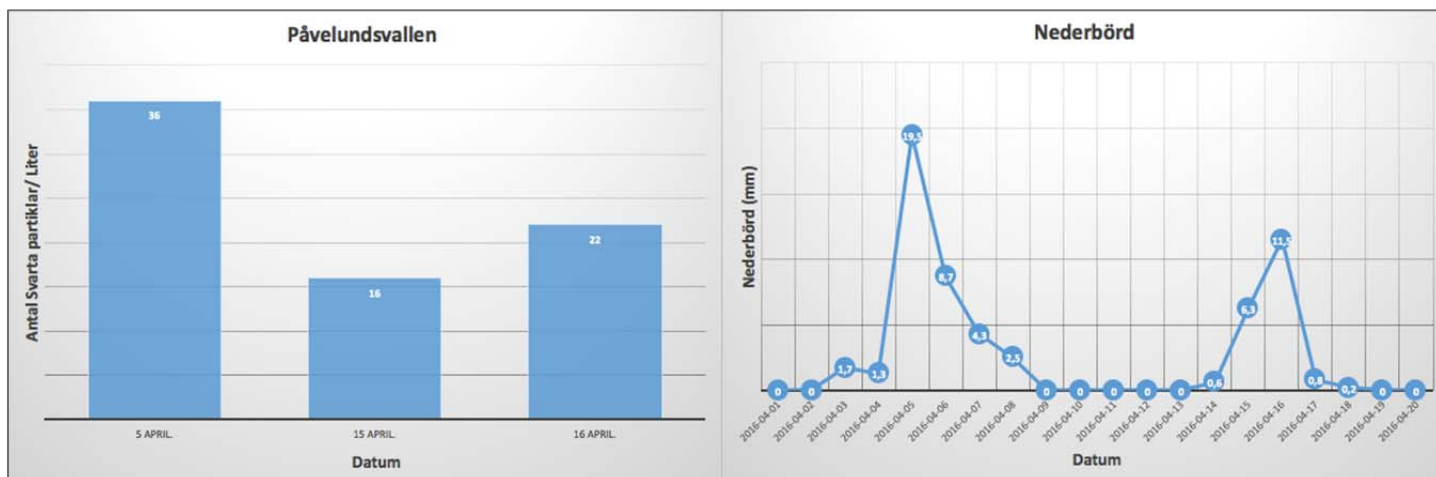
I figur 13 ovan presenteras antalet av de vanligaste partiklarna som hittades per liter filtrerat prov vid tre olika tidpunkter på Påvelundsvallen. De orangea punkterna representerar antalet mikropartiklar som tillkom via luftdeposition och de blåa punkterna representerar partiklar som uppmätts i vattenproverna, där varje punkt i lodrät ordning representerar en mätning. I varje lodrät rad ska det finnas tre punkter men eftersom att noll värden har fått vid vissa mättillfällen visas inte de i grafen. Det går att se att det finns en viss variation i mängden partiklar som uppmätts vid olika tidpunkter. Speciellt tydligt är det på de svarta partiklarna. I ett prov hittades 16 svartpartiklar medan 36 partiklar hittades på samma plats vid ett annat tillfälle. Flera av de partiklar som hittades existerade bara i det akvatiska provet men inte i provet som mätte luftdeposition, vilket gör uppskattningen av partiklarna i vattenprovet lättare. Eftersom 1 respektive 4 blåa fibrer hittades i luftdepositionsprovet och det akvatiska provet innehöll 1, 6 och 11 blå fibrer tyder det på att försiktighet skall vidtagas i bedömningen till vilken källan för dessa partiklar är.

Nedan visas motsvarande data som insamlats från Backavallen. De båda skiljer sig inte mycket åt, bortsett från att Backavallen hade en ansevärd mängd genomskinliga partiklar, till skillnad från Påvelundsvallen.



Figur 14: : Antal partiklar per liter prov från Backavallen

Den data som insamlats tyder på att det finns ett samband mellan mängden nederbörd och mängden svarta partiklar som forslas bort från konstgräsplanen. Detta demonstreras i nedanstående figurer där data över nederbörd insamlades från SMHIs öppna databas. Datan behandlades i Excel och följande figurer skapades. Den största mängden svarta partiklar uppmättes den 5 april då nederbörden under april månad var som högst (19,5 mm). Den minsta mängden partiklar uppmättes den 15 april då mängden nederbörd var som minst, (6,3 mm).



Figur 15: Antal svarta partiklar per liter

Figur16: Nederbörd i Göteborg under April månad 2016

Baserat på insamlad data gjordes följande uppskattning av antal mikropartiklar som forslas bort från Påvelundsvallen och Backavallen per dygn. Beräkningarna har baserats på en konstant nederbördsmängd under 24 timmar med ett konstant flöde, likt det som uppmätts vid tillfället för provtagningen. Se sektionen beräkningar för uträkningarna.

Tabell 4: Partiklar från Påvelundsvallen

Datum	Tot # partiklar/L	Flöde (Liter/s)	Partiklar per dygn
5/4	54	1,5	6 998 400
15/4	27	2,5	5 832 000
16/4	76	2,0	13 132 800

Tabell 5: Partiklar från Backavallen

Datum	Tot # partiklar/L	Flöde (Liter/s)	Partiklar per dygn
15/4	47	0,066	268 013
17/4	123	0,2	2 125 440
18/4	19	0,092	151 027

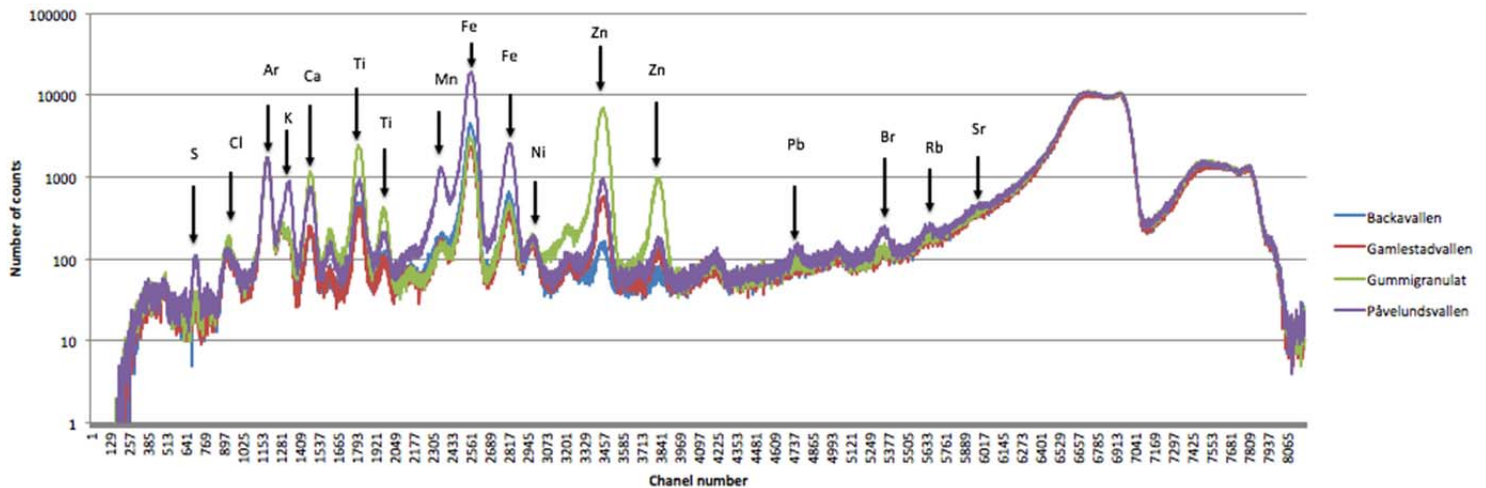
Ovanstående beräkningar är, som tidigare nämnts, baserade på flödet vid den aktuella mätningen men då flödena är relativt konstanta, oberoende av mängden regn som faller, leder det till antagandet att flödet inte är tillräckligt tillförlitligt för att göra extrapoleringar över längre tid. Det ger dock intressant information om mängden och variationen av mängden partiklar som kan forslas bort från en konstgräsplan på ett dygn.

För att uppskatta mängden mikroplaster som rinner bort från en konstgräsplan över längre tid utfördes istället beräkningar som baseras på ett medelvärde av det antal partiklar per liter som hittats vid provtagningen på Backavallen. Detta medelvärde multiplicerades sedan med den beräknade årliga nederbörden som faller ner på ytan av konstgräsplanen. Backavallen anses ge det mest tillförlitliga värdet och därför är det mätvärden från denna konstgräsplan som använts. Se beräkningar under bilagor.

Totalt beräknas att *293,9 miljoner partiklar per år* forslas bort från Backavallen. Detta värde ger en hänvisning om de mängder som kan forslas bort från en given konstgräsplan. Det är dock viktigt att ha i åtanke att variationen kan vara mycket stor för olika konstgräsplaner.

B. XRF-analys

Figuren nedan visar de olika ämnen i varje prov som identifierats under XRF-analysen. Flera ämnen har identifierats i samtliga prover. De ämnen som var av störst intresse under denna analys var de som anses vara toxiska för vattenlevande organismer. Framför allt var zink av intresse eftersom det används under tillverkningsprocessen av gummi. I samtliga prover noteras att zink har detekterats tillsammans med andra ämnen så som bly och nickel som även de är kända för att vara toxiska för vattenlevande organismer.

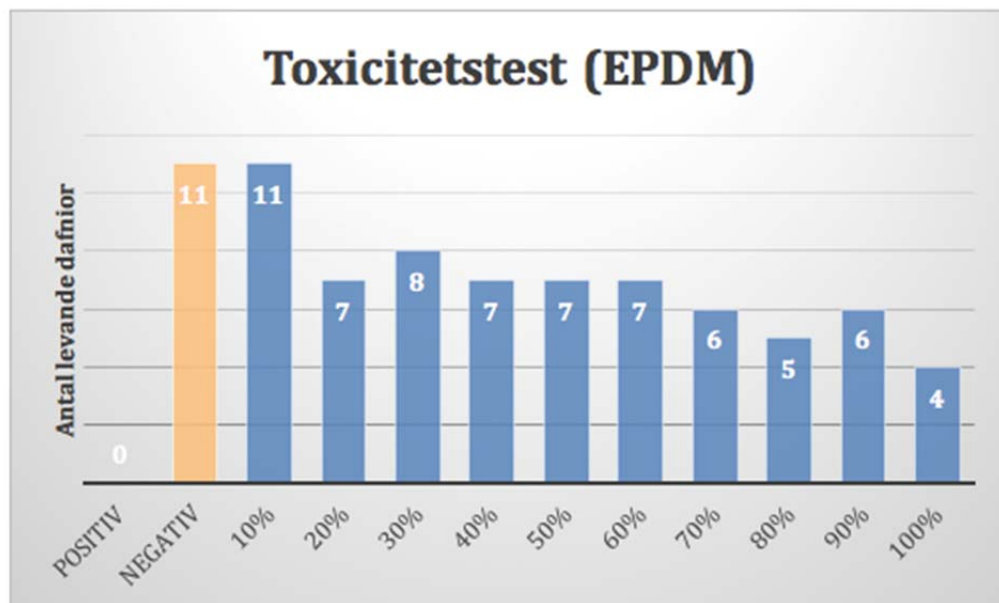


Figur 17: XRF-analys med olika ämnen utmärkta

C. Toxicitetstester

Toxicitetstesterna utfördes enligt beskrivningen i metoden och tillståndet av Daphniorna kollades för varje test efter 24, respektive 48 timmars inkubering. Nedan följer resultaten för samtliga tester. I de stapeldiagram som presenteras visas antalet Daphnior som överlevde inkuberingen. Detta ansågs vara det tydligaste sättet att presentera resultatet.

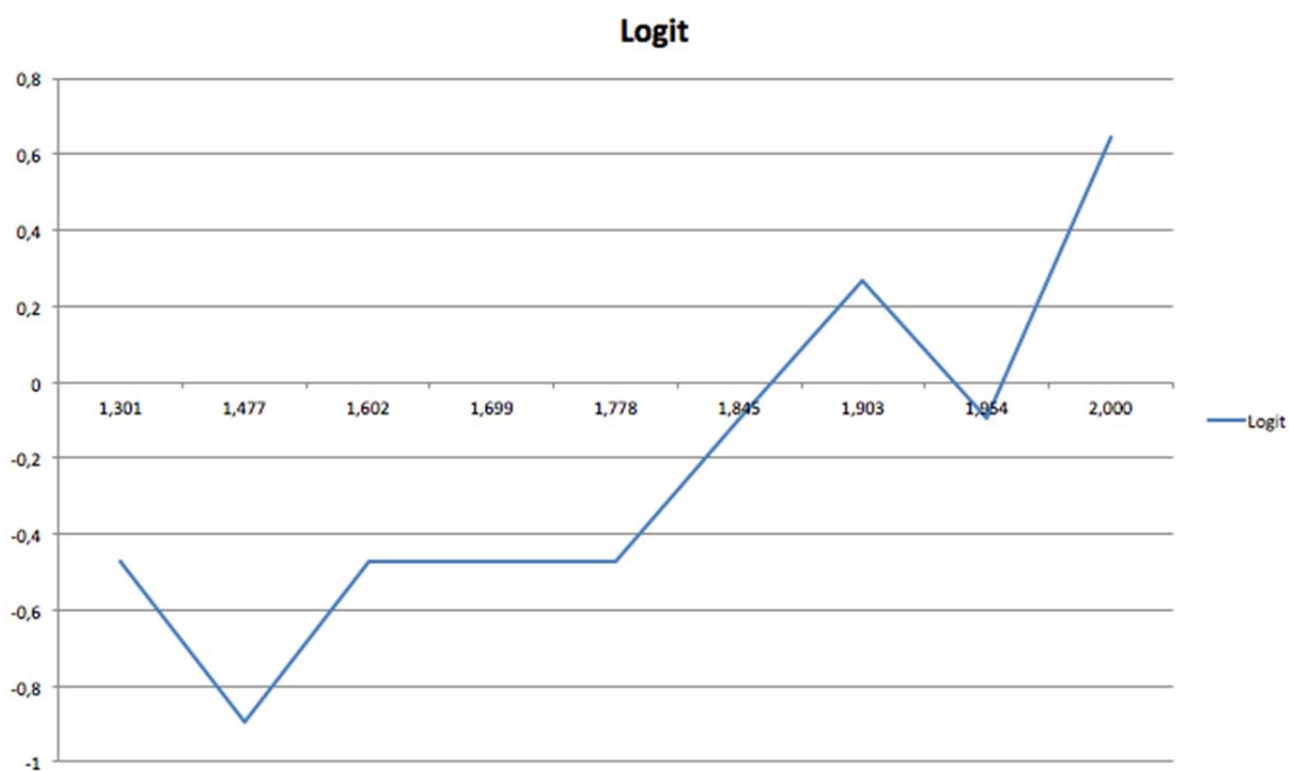
i. Toxicitetstester av lakade ämnen från EPDM-gummi



Figur 18:: LC50 48h EPDM-gummi

I tabell 18 redovisas antalet levande Daphnior efter det att den totala inkuberingstiden på 48 timmar passerat. Den ljusorangea färgen representerar den negativa kontrollen; 11 utav 12 Daphnior har överlevt inkuberingen, vilket betyder att stammen av Daphniorna som använts är stark och testet är därmed giltigt. Det går att avläsa en tydlig effekt med ökad exponering av de lakade ämnena från EPDM-gummit. Ett LC50 värde noteras vid cirka 70 procentens koncentration av det lakade EPDM-gummit. Vid den högsta koncentrationen levde endast 4 stycken av de 12 Daphniorna.

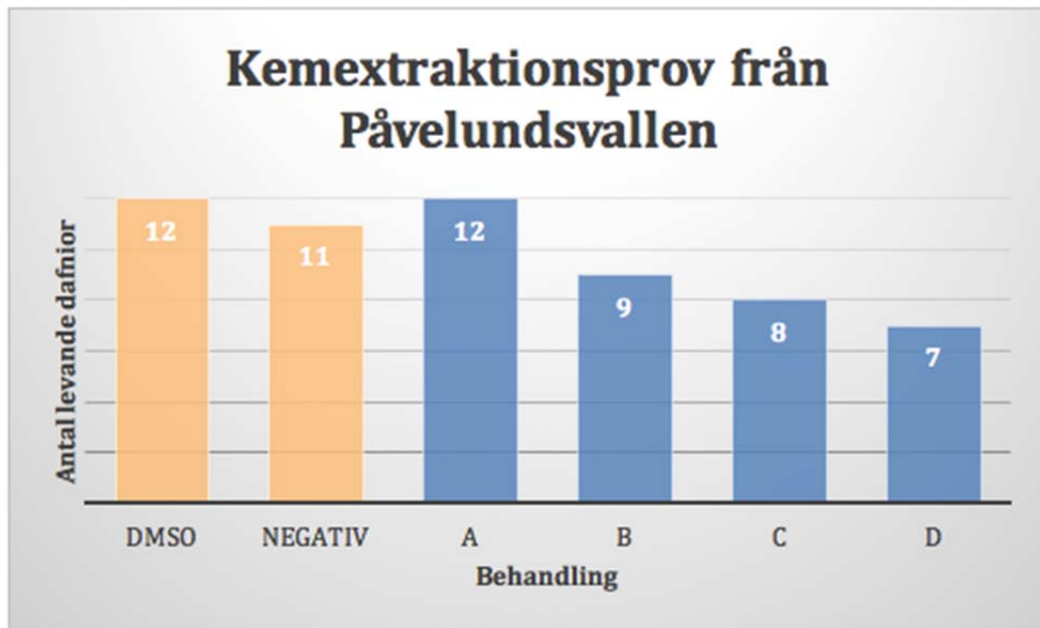
Av den information som erhöles från toxicitetstestet för EPDM-gummit utfördes en logitanalys som gav följande resultat.



Figur 19: Logit analys för toxicitetstest med EPDM-gummi

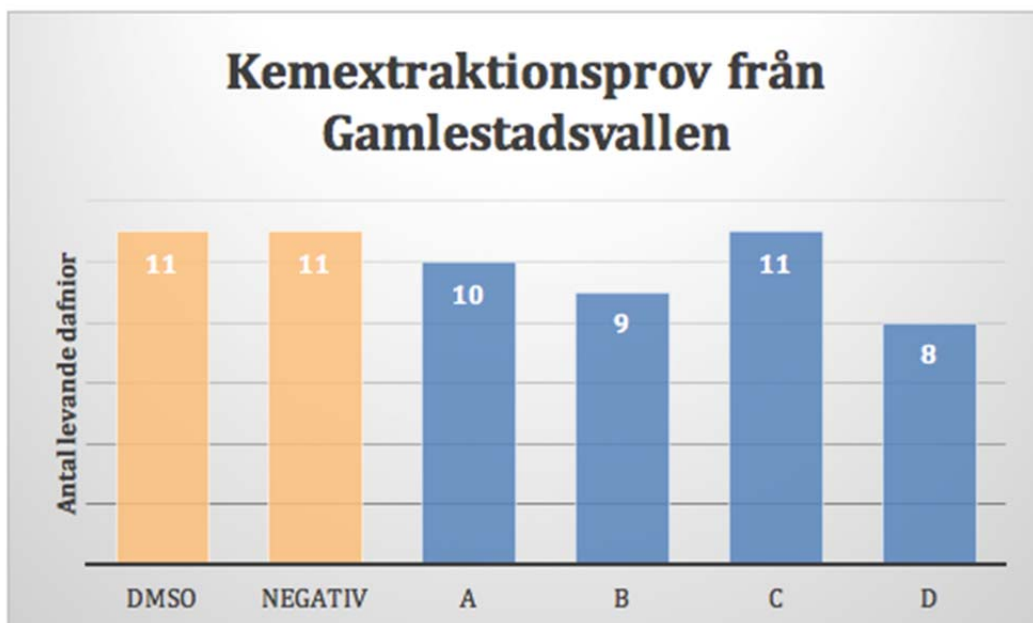
I figur 19 visas beräknad Logit på y-axeln och den logaritmerade koncentrationen på x-axeln. Från den plats där den blåa linjen skär noll-värdet på y-axeln kan ett LC50 värde beräknas. I denna analys beräknades LC50 värdet till en koncentration på 72,26%.

- ii. Toxicitetstester med kemextrakt från vattenprover
Toxicitetstester med kemextraktionsvatten från provtagningssterna efter 48 timmars exponering.



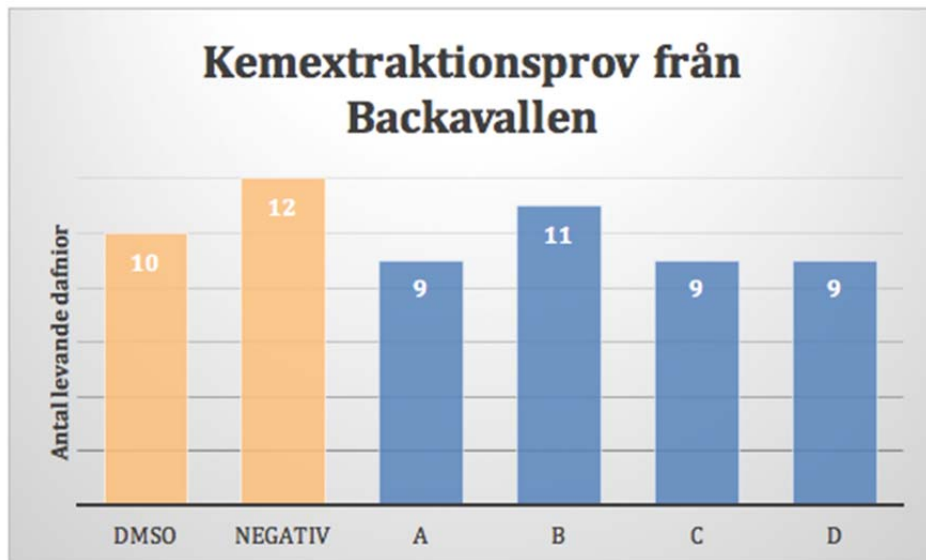
Figur 20: Resultat av kemextraktionsprov från Påvelundsvallen

I figur 20 redovisas resultatet av toxicitetstestet som utfördes med kemextraktet från Påvelundsvallen. I den negativa kontrollen noteras att en Daphnia har dött men det är fortfarande inom det tillåtna intervallet på 10 %, vilket medför att testet är giltigt. I detta toxicitetstest syntes en relativt tydlig trend på att ökad exponering av kemextraktet har en negativ inverkan på Daphniorna. Inget LC50 värde beräknades eftersom 50% dödlighet aldrig uppnåddes.



Figur 21: Resultat av kemextraktionsprov från Gamlestadsvallen

I figur 21 presenteras resultatet av toxicitetstestet som utfördes med kemextraktionsprovet från Gamlestadsvallen. I den negativa kontrollen samt i kontrollen för DMSO observerades att en Daphnia har dött, dock påverkas inte resultatet så länge antalet döda Daphnior förblir under 10 % och därför är experimentet gångbart. Ingen tydlig effekt kan avläsas från testet då den näst högsta koncentrationen visar lika hög dödlighet som kontrollen.



Figur 22: Resultat av kemextraktionsprovet från Backavallen

I figur 22 kan inte heller någon tydlig effekt avläsas med avseende på ökad exponering. Tre Daphnior är döda i den naturliga koncentrationen, vilket är lika många som i den mycket höga koncentrationen. Den negativa kontrollen är stabil och ingen av Daphniorna är döda. Två Daphnior har dock dött i DMSO kontrollen, vilket gör osäkerheten i provet högre. Detta antyder att vissa av Daphniorna i behandlingarna A-D kan ha dött av den DMSO som kemextraktet blandats ut med.

I samtliga av de utförda toxicitetstesterna (förutom toxicitetstestet med lakade ämnen från EPDM-gummi) har 50% dödlighet av Daphniorna inte observerats, vilket innebär att det inte har varit möjligt att beräkna ett LC50 värde. Det bör nämnas att vissa tendenser går att tyda till att de lakade ämnena från konstgräsplanerna kan ha en negativ inverkan på organismerna, men den uppskattas inte vara allvarlig i dess naturliga koncentration.

12. DISKUSSION

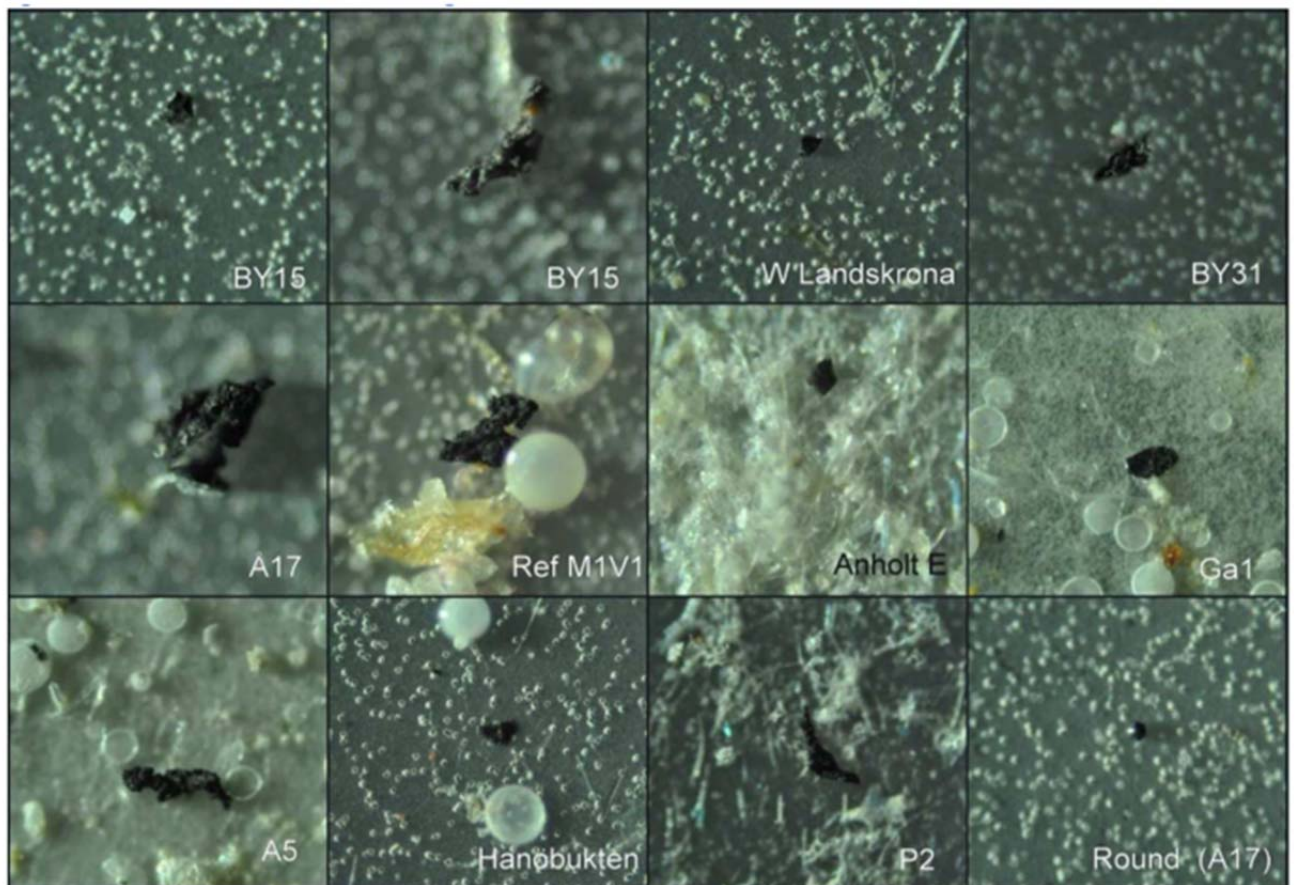
i. Partiklar och flöden

Under mikroskoperingen av proverna hittades många olika mikropartiklar och mikrofibrer. Avrinningsområdet för mätningarna ska vara avgränsat till ytan av den undersökta konstgräsplanen. Detta gör att det med säkerhet ska gå att fastställa att de partiklar som påträffats uppstår som en direkt konsekvens av konstgräsplanerna. Dock har det uppstått tvivel under arbetets gång kring huruvida Påvelundsvallens avrinningsområde enbart är begränsat till ytan av konstgräsplanen. Misstankarna grundar sig i de höga flöden som uppmätts, samt den höga halten organiskt material som observerats i proverna. Många av mikroplasterna misstänks komma direkt från de komponenter som utgör konstgräsplanen. Det är också möjligt att mikropartiklar som påträffats uppstår från slitage av kläder och skor som använts på planen tillsammans med bollar och sportutrustning.

Ett speciellt stort problem varit att bedöma vilka av de små svarta partiklarna som tros vara gummi eftersom det är mycket svårt att tyda under mikroskop om en svart partikel är av gummi eller organiskt material. Vid vissa tillfällen, då det var möjligt, utfördes enklare tester för att försöka identifiera de olika svarta partiklarna. Detta kunde ske genom uppvärmning av en nål, för att med denna sedan smälta de små svarta partiklarna. De som smälte klassificerades som syntetiskt material och de som inte smälte klassades som organiskt material.

Den stora variationen på antalet olika partiklar som hittades och att mängden hela gummigranulat (se figur 8) var så relativt få i antal var förvånade. Då så få hela gummigranulat har upptäckts i proverna dras slutsatsen att konstgräsplaner fungerar som ett filter. Endast de mindre nermalda fragmenten av gummigranulat och andra syntetfiber kan passera med det perkolerande vattnet. På plats vid provtagningsajterna går det att se att det är stora mängder gummigranulat förs bort med regnvattnet, men på grund av sättet som mätningarna utförts är förblir det osäkert exakt hur stora mängder som försvinner med dagvattnet. För att få en bra uppskattning av det skulle mätningarna behövt vara av kontinuerlig typ istället för den stickprovsmätning som utförts.

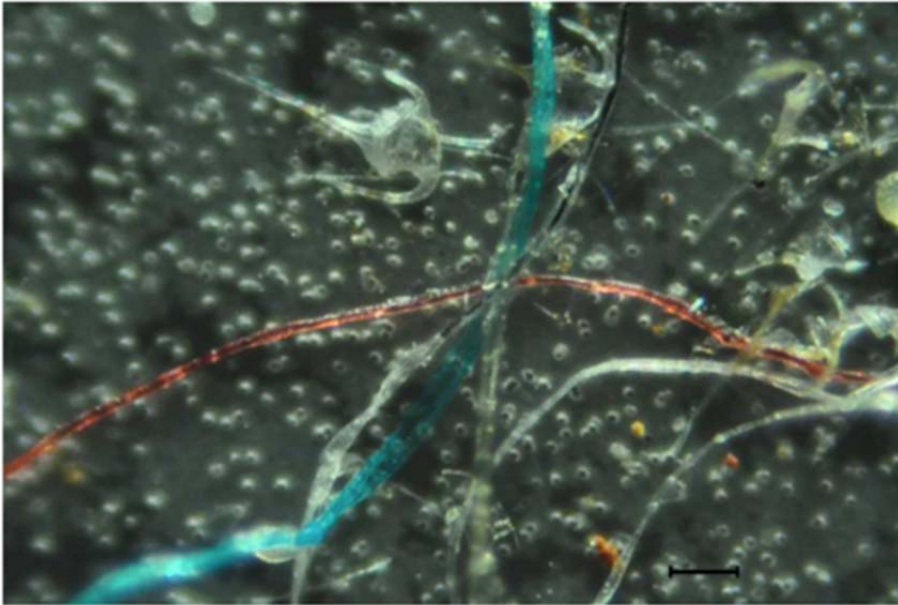
Vid jämförelse av mikropartiklarna från konstgräsplanerna och de mikropartiklar från studierna i svenska havsvatten kan man notera att de partiklar och fibrer som påträffats är till strukturen mycket lika varandra. Figur 23 visar svarta partiklar som hittats i Svenska vatten.



Figur 23: Svarta partiklar från svenska vatten. Bilden tagen från Norén, F et Al. (2009).

Partiklarna är tillsynes mycket lika de som hittats i mikroskoperingen av det nermalda gummigranulatet från konstgräsplanerna. I studien beskrivs att partiklarna i havet skulle kunna vara SBR-gummi som används både till bildäck och konstgräsplaner.

Bilden (figur 24) nedan visar några av de fibrer som hittats i svenska vatten. Likadana fibrer hittades i proverna från konstgräsplanerna. Detta skulle kunna vara en indikation på att mikroplaster från konstgräsplaner även finns i haven men de kan såklart komma från andra källor.



Figur 24: Fibrer från svenska vatten. Bilden tagen från Norén, F et Al. (2009).

Ett problem som hade kunnat lösas om mer tid fanns är det tidigare nämnda problemet att urskilja gummipartiklar från annat organiskt material. Identifieringsprocessen hade kunnat underlättats genom att tillsätta syror och enzymatiska nedbrytare för att eliminera det organiska materialet på liknande vis som utförts av Norén et Al. i studien från 2009.

Det mest intressanta resultatet i den här studien är den stora mängd mikroplaster som, baserat på årsnederbörden i Göteborg, under förloppet av ett år, beräknas forslas bort från Backavallens konstgräsplan. Enligt redovisad beräkning försvinner så mycket som 293,9 miljoner plastpartiklar varje år. Eftersom inga tidigare studier har hittats kring konstgräsplaner och utsläpp av mikroplaster har det däremot inte varit möjligt att jämföra med några andra värden. Liknande studier hade kunnat ge en värdefull indikation med avseende på exaktheten i beräkningarna.

De beräkningar som utförts och presenteras i tabell 4 och 5 baseras på flödet som uppmättes vid provtagningstillfället. Dessa flöden är dock något missvisande, eftersom de vid extrapolering över dygnet ger mätvärden som inte stämmer överens med den nederbörd som fallit. Det är möjligt att det finns en oregelbundenhet i flödet och eftersom mätningar enbart utfördes vid tre tillfällen kan dessa vara missrepresentativa för det faktiska flödet över tid. Därför kan det antagas att uppskattningarna härvidlag inte är fullt tillförlitliga. Av denna anledning användes inte beräkningarna i tabell 4 och 5 för extrapolering över längre tid, utan istället beräknades flödet av mikroplaster per år, utifrån genomsnittlig årsnederbörd, vilket bör ge mer exakta uppskattningar.

Det finns indikationer på att konstgräsplaner kan vara en stor bidragande faktor till det totala utsläppet av mikroplaster till vattendrag och hav. Därför är det viktigt att fler studier inom området görs för att öka kunskapen och bidra med åtgärder.

Det hade varit intressant att ta fler prover från varje respektive konstgräsplan för att beräkna ett mer stabilt medelvärde på mängden mikropartiklar per liter provvatten för att öka säkerheten i beräkningarna.

ii. XRF-analys

Den XRF-analys som utförts visar att proverna innehöll olika grundämnen. Där bland zink, bly och nickel som är kända för att vara skadliga för vattenlevande organismer. Bly är även känt för att vara skadligt för människor speciellt för barn i mycket låga koncentrationer (Dickey, 2016). XRF-analysen ger enbart information om de oorganiska ämnena i provet. Inte mycket kan då sägas om vilka andra potentiella organiska ämnen proverna innehöll. Analysen som utförts här är enbart kvalitativ. Det är möjligt att även göra kvantitativa analyser med hjälp av XRF-instrumentet, men det är mer ingående och krävande arbete som tyvärr inte hanns med. Det är emellertid möjligt att jämföra de olika mätningarna för att uppskatta mängderna av ämnen relativt till varandra. Halten av ett ämne ges av arean under dess topp och på så vis går det att läsa av från tidigare figur 17, vilka prover som innehöll störst andel av ett visst ämne.

Då det rena gummigranulatet studerades var det tydligt att det innehöll den största mängden zink relativt till de andra. Detta är intressant eftersom det ger en möjlig förklaring till dödligheten som observerats i toxicitetstesterna som diskuteras nedan. Då halten zink är lägre i de vattenprover som tagits från konstgräsplanerna är det trots allt tydligt att det finns mätbara halter av zink som skulle kunna ha en negativ effekt på vattenlevande organismer. Gummigranulatet innehåller även den största relativa mängden klor. Närvaron av klor i provet skulle kunna vara spår av PVC men det kan inte heller uteslutas att klor kommer från någon annan källa (Dickey, 2016).

Analysen av provet från Påvelundsvallen är intressant. Det hade det högsta relativa innehållet av alla de detekterade ämnena i förhållande till de vattenprover som tagits vid konstgräsplanerna. De högsta relativa halterna bly, brom och nickel hittades i detta prov. Förekomsten av brom i provet skulle kunna härledas till bromerade flamskyddsmedel som källa. Detta kan inte bevisas med säkerhet utan resultaten ger enbart en indikation till möjliga källor. Från tidigare mikroskopering av proverna konstaterades att Påvelundsvallen innehöll den största mängden organiskt material/jord. Detta skulle kunna förklara varför så höga mätvärden av järn upptäcktes under XRF-analysen av provet från Påvelundsvallen.

Den utförda XRF-analysen var ett försök att experimentellt undersöka innehållet av de prover som tagits. Fler analyser av olika slag hade behövts göras för att kunna göra ett säkert uttalande om vilka specifika partiklar som hittats och därmed också källorna till de olika mikroplasterna. I andra studier har SEM-EDX och FTIR-analyser utförts med gott resultat. Dessvärre har det inte varit möjligt att utföra under detta arbete på grund av tidsbrist.

iii. Toxicitetstester

Enligt en rapport från kemikalieinspektionen (2006) har det visats att gummigranulaten kan läcka ämnen som t.ex. zink och fenoler. Detta är problematiskt eftersom dessa ämnen kan ge upphov

till problem för miljön i närområdet, speciellt för vattenlevande organismer. Problematiken kring de urlakade ämnena är intressant i förhållande till de toxicitetstester som utförts i detta arbete. Av de tester som utfördes med kemextrakt från provplatserna kan vissa tendenser anas även om resultaten inte är enhetliga. Som tidigare nämnt kunde inte ett LC50 värde beräknas eftersom 50% dödlighet aldrig uppnåddes i proverna. Det är möjligt att tyda en negativ effekt i vissa av proverna. Speciellt i provet från Påvelundsvallen. Med en stadigt sjunkande överlevnad med ökande koncentration, noterades att 41,6% av Daphniorna dog i den högsta koncentrationen vilket är en indikation för att toxisk effekt finns.

De toxicitetstester som utförts var akuta toxicitetstester vilket innebär att de är utförda över kort tid. De effekter som uppstår från kronisk exponering förblir därmed oklart utifrån dessa tester och slutsatserna om toxiciteten bör tolkas försiktigt. Det är möjligt att exponering under en längre tid kan medföra större negativa effekter. Fler studier skulle därför behöva göras.

Från det toxicitetstest som utfördes med lakvatten från EPDM-gummit kunde däremot en tydlig effekt ses och ett LC50 värde beräknades till 72,26%. Anledningen till varför ett LC50 värde uppstod under detta test till skillnad från de andra är oklar. En möjlig anledning är att då kemextraktionen utförs filtreras metallerna bort från provvattnet och fastnar i kolonnerna. Den andel metaller som under tidigare XRF analys påvisats i proverna är därmed borta och så är även den toxiska effekten de medför. De eventuella toxiska effekter som sedan kan tydas från proverna med kemextrakt uppstår således som en effekt av de okända organiska föreningar som kemextraktet innehåller. Det är även möjligt att koncentrationerna i kemextraktet helt enkelt inte var höga nog för att ge ett resultat.

På grund av experimentets utformning förblir det dessvärre oklart vilket specifikt ämne eller ämnen från konstgräsplanerna det är som orsakar de observerade effekterna. Det är inte osannolikt att det är samma ämnen som i tidigare studier visats lakas ut ur gummigranulaten, i detta fallet de tidigare nämnda zink och fenol.

iv. Metod och förbättringspunkter

Vissa svagheter i studien har observerats under arbetets gång. Vid provtagningen togs, vid tre olika tillfällen på varje provtagningsplats, 3 prover på 1 liter provvattnet vardera, förutom vid Gamlestadsvallen, där endast 1 prov togs. Dessa provtagningar ger en uppfattning om vilka typer av partiklar som förekommer och om mängden av dessa som förs bort med dagvattnet från konstgräsplaner. Det hade dock varit av intresse att ta prover kontinuerligt, snarare än vid några få tillfällen. Vid provtagningsplatserna är det tydligt att stora mängder hela gummigranulat i storleken 1-2 mm flyter bort med regnvattnet. Bara en relativt liten mängd av dessa har fångats upp i proverna. Kontinuerlig mätning hade sannolikt även givit en bättre indikation på mängden hela gummigranulat som försvinner. Denna metod hade varit att föredra, eftersom variationen i vattenflödena är oviss och dräneringssystemen på de olika konstgräsplanerna kan se olika ut. Det råder således en osäkerhet i hur vattenflödena varierar på de olika provtagningsplatserna.

B. Åtgärder

Efter att ha konsulterat ansvarig personal vid de olika konstgräsplanerna kan ett antal punkter tas upp som eventuella förslag på åtgärder eller lindringar till problemet. Dess förslag baseras på att lösningar till problemet är att begränsa mängden mikroplaster som kan ta sig vidare till vattendrag vid den direkta källan vilket kan göras på ett antal olika sätt:

- Förlänga de sido-marginaler som finns direkt intill kanterna på konstgräsplanerna och se till att ordentliga sido-marginaler finns på samtliga konstgräsplaner då de på vissa platser inte finns alls. Dessa är ofta en bit asfalt som sträcker sig runt konstgräsplanens med en marginal på cirka 1,5- 2,0 meter. De gör det lättare att samla upp granulat och föra tillbaka dem till planen och på så vis minska förluster. Under studien har sido-marginalerna skiljt sig mycket från de olika planerna. Vissa planer hade tillräckliga sido-marginaler och på andra var de mycket små eller obefintliga.
- Upprätta ett plog-schema för att minimera förlusterna av granulat till omgivningen. Under vintertid plogas planerna och enligt uppgifter från personal på plats är det då som den absolut största mängden gummigranulat försvinner från planen. Genom att från början vid planering av nya anläggningar ta med granulatförluster i kalkylerna skulle en uppsamlingszon planeras för plogad snö. Där är det sedan lätt att samla upp gummigranulaten och återföra dem till planen när snön har smält.
- Installera granulatfällor i brunnarna runt planerna som tar upp en del av gummigranulaten. Dessa granulatfällor finns redan på vissa konstgräsplaner, men skulle kunna implementeras som en obligatoriskt åtgärd.
- Bygga en kort mur runt konstgräsplanen som hjälper till att hålla granulatet inom området.
- Byta ut typen av granulat som används. På marknaden finns mer miljövänliga alternativ till de EPDM- eller SBR-granulat som för tillfället används i de flesta fall. Som tidigare nämnts finns ett fyllnadsmaterial som består av naturliga material (t.ex. kokos och kork) som skulle kunna ersätta gummigranulaten.

13. SLUTSATSER

I denna studie har tre stycken konstgräsplaner undersökts och från varje undersökt plats har en relativt hög andel mikropartiklar/mikroplaster identifierats. Detta styrker tidigare uppskattningar gjorda av IVL som placerar konstgräsplaner som den näst största utsläppskällan till mikroplaster efter vägar och trafik. Den genomsnittliga mängden mikropartiklar som förs bort med dagvattnet från en given konstgräsplan per år uppskattas vara 293,9 miljoner partiklar. De partiklar som utgör majoriteten av de olika fragment som hittats är svarta partiklar i olika varierande storlekar, från några mikrometer, upp till 2 mm. Många andra partiklar i olika former och färger har hittats. Flera blå, röda och genomskinliga fragment som ser ut att vara någon form av plast. En stor del mikrofibrer av olika slag har även observerats under mikroskopering av samtliga prover. XRF-analysen visade att proverna innehöll zink, bly och nickel som alla är kända för att vara skadliga för vattenlevande organismer. Även andra ämnen som t.ex. brom detekterades, om än något spekulativt skulle det brom som hittats i proverna kunna indikera förekomsten av bromerade flamskyddsmedel som är mycket skadliga för miljön. Toxicitetstesterna som har utförts visar att EPDM-granulatet som används som fyllnadsmaterial på konstgräsplanerna har en toxiskt effekt på *Daphnia magna*. De tester som utförts på *Daphnior* med kemextrakt från vattenproverna visar inte någon tydlig toxisk effekt även om det finns tendenser i resultaten som pekar på att det finns en negativ effekt.

14. REFERENSER

Baird, C & Cann, M. (2012). *Environmental Chemistry*. New York: W. H. Freeman and Company.

Claudio, L. (2008). *Synthetic Turf: Health Debate Takes Root*, Environmental Health Perspectives, vol. 116, no. 3, pp. A116-A122. Länk: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2265067/>

Cole M, Lindeque P, Halsband C, Galloway TS. *Microplastics as contaminants in the marine environment: a review*. Marine pollution bulletin. (2011) ;62(12):2588. Länk: <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.ub.gu.se/science/article/pii/S0025326X11005133?np=y>

David K. A. Barnes, Galgani, F., Thompson, R.C. & Barlaz, M. (2009). *Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments*, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, vol. 364, no. 1526, pp. 1985-1998.) Länk: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/364/1526/1985>

Federal Mogul. (2006). *Material Safety Data Sheet; Ethylene Propylene Diene Monomer*. Indiana: Federal Mogul. Hämtad den 17 maj 2016 från: [http://pt-pcs.federalmogul.com/MSDSSheets/Ethylene Propylene Diene Monomer EPDM Rubber3b3b2823-108a-4d3a-bf18-d71a6582c4fb.pdf](http://pt-pcs.federalmogul.com/MSDSSheets/Ethylene%20Propylene%20Diene%20Monomer%20EPDM%20Rubber3b3b2823-108a-4d3a-bf18-d71a6582c4fb.pdf)

Gabert K. (2012). *EPDM-gummigranulat-som material, egenskaper och möjligheter*. (kandidatuppsatts) Alnarp. Fakulteten för landskapsplanering, trädgård- och jordbruksvetenskap. Sveriges lantbruksuniversitet. Länk: http://stud.epsilon.slu.se/4168/1/gabert_k_120502_2.pdf

Göteborgs stad. *Om dagvatten*. Hämtad den 24 maj 2016 från: http://goteborg.se/wps/portal/invanare/bygga-o-bo/vatten-och-avlopp/dagvatten/om-dagvatten!/ut/p/z1/hY5NC4JAGIR_jdd9X_Nzu20HI5U0CLK9hMa2CurKurXQr8-OQdHchnmGGeBQAR_rRydr06mx7hd_5uGldNNDvHEZFlua4O6Ylck-yws_CuH0D-BLjD_EEFLgXTMQex0IkiAIfXcVoBdRP6Iefc-zsfFiCVyLm9BCk7teXrXGTPPaQQettUQqJXtBZuHgt0arZgPVBwjTUD1zcWivBPSILQ!!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/

Hedermo, L. (2010). *Konstgräs- Miljö och hälsoaspekter*. (kandidatuppsatts), Västerås, Akademin för hållbar samhälls- och teknikutveckling. Mälardalens högskola. Tillgänglig från <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:435855/FULLTEXT02.pdf>

ItalgreenUSA. (2016). *The invative natural infill*. Hämtad den 11 april 2016 från: <http://italgreenusa.squarespace.com/geofill/>

IVL. (2014 b). *Mikroskopiska skräppartiklar från avloppsreningsverk*. Rapportnummer: 2208, Stockholm. IVL. Hämtad den 12 april 2016 från: <http://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b51a3/1443173318867/B2208%2BMikroskopiska%2Bskräppartiklar%2Bi%2Bvatten%2Bfrån%2Bavloppsreningsverk.pdf>

- IVL. (2016 a). *Swedish sources and pathways for microplastics to the environment*. Rapportnummer: C183, Stockholm: Svenska miljöinstitutet. Länk: http://www.ivl.se/download/18.7e136029152c7d48c205d8/1457342560947/C183+Sources+of+microplastic_160307_D.pdf
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. & Law, K.L. (2015). *Plastic waste inputs from land into the ocean*, Science, vol. 347, no. 6223, pp. 768.) Länk: <http://science.sciencemag.org.ezproxy.ub.gu.se/content/347/6223/768.full>
- Kemikalieinspektionen. (2006). Sundbyberg: Kemikalieinspektionen. Hämtad från: <https://www.kemi.se/global/pm/2006/pm-2-06.pdf>
- Law, K. & Thompson, R. (2014). *Microplastics in the seas*, Science, vol. 345, no. 6193, pp. 144-145. Länk: <http://science.sciencemag.org.ezproxy.ub.gu.se/content/345/6193/144.full>
- Mittresväder. (u.å.) *Vädret i Göteborg, Sverige*. Hämtad den 14 juni från: <http://www.mittresvader.se/l/sverige/vadret-goteborg-temperatur-klimat.php>
- Müller E. (2007). *Results of a Field Study on Environmental Compatibility of Synthetic Sports Surfaces*. Swiss Ministry of Environment, Traffic, Energy and Communication, Authority of Environment, Section
- Naturvårdsverket. (2004). *Deponering av avfall*. Hämtad den 4 april 2016 från: <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-0134-5.pdf>
- Norén, F et Al. (2009). *Mikroskopiska antropogena partiklar i Svenska hav*. Lysekil; N-research
- N-research. (2010). *Survey of microscopic anthropogenic particles in Skagerrak*. Flødevigen, Institute of Marine Research.
- Ogonowski, M., Schür, C., Jarsén, Å. & Gorokhova, E. (2016). *The Effects of Natural and Anthropogenic Microparticles on Individual Fitness in Daphnia magna*, PLoS One, vol. 11, no. 5. Hämtad den 25 maj från: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0155063>
- San Francisco State University. (2016). *Probit Analysis*. SFSU. Hämtad den 28 april 2016 från: <http://userwww.sfsu.edu/efc/classes/biol710/probit/ProbitAnalysis.pdf>
- Sanchez, W., Bender, C. & Porcher, J. (2014). *Wild gudgeons (Gobio gobio) from French rivers are contaminated by microplastics: preliminary study and first evidence*, Environmental research, vol. 128, pp. 98-100. Länk: <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.ub.gu.se/science/article/pii/S0013935113001886>
- SMHI. (2014) *Normal uppmätt årsnederbörd, medelvärde 1961-1990*. Hämtad den 14 juni från: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord/normal-uppmatt-arsnederbord-medelvarde-1961-1990-1.4160>

Tekniska museet. (2013). *Plasthistoria*. Hämtad den 22 maj 2016 från:
<http://www.tekniskamuseet.se/1/1860.html>

Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Muñoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., Fries, E., Grosbois, C., Klasmeier, J., Marti, T., Rodriguez-Mozaz, S., Urbatzka, R., Vethaak, A.D., Winther-Nielsen, M. & Reifferscheid, G. (2014). *Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know*, Environmental Sciences Europe, vol. 26, no. 1, pp. 1-9.
Länk: <http://enveurope.springeropen.com/articles/10.1186/s12302-014-0012-7>

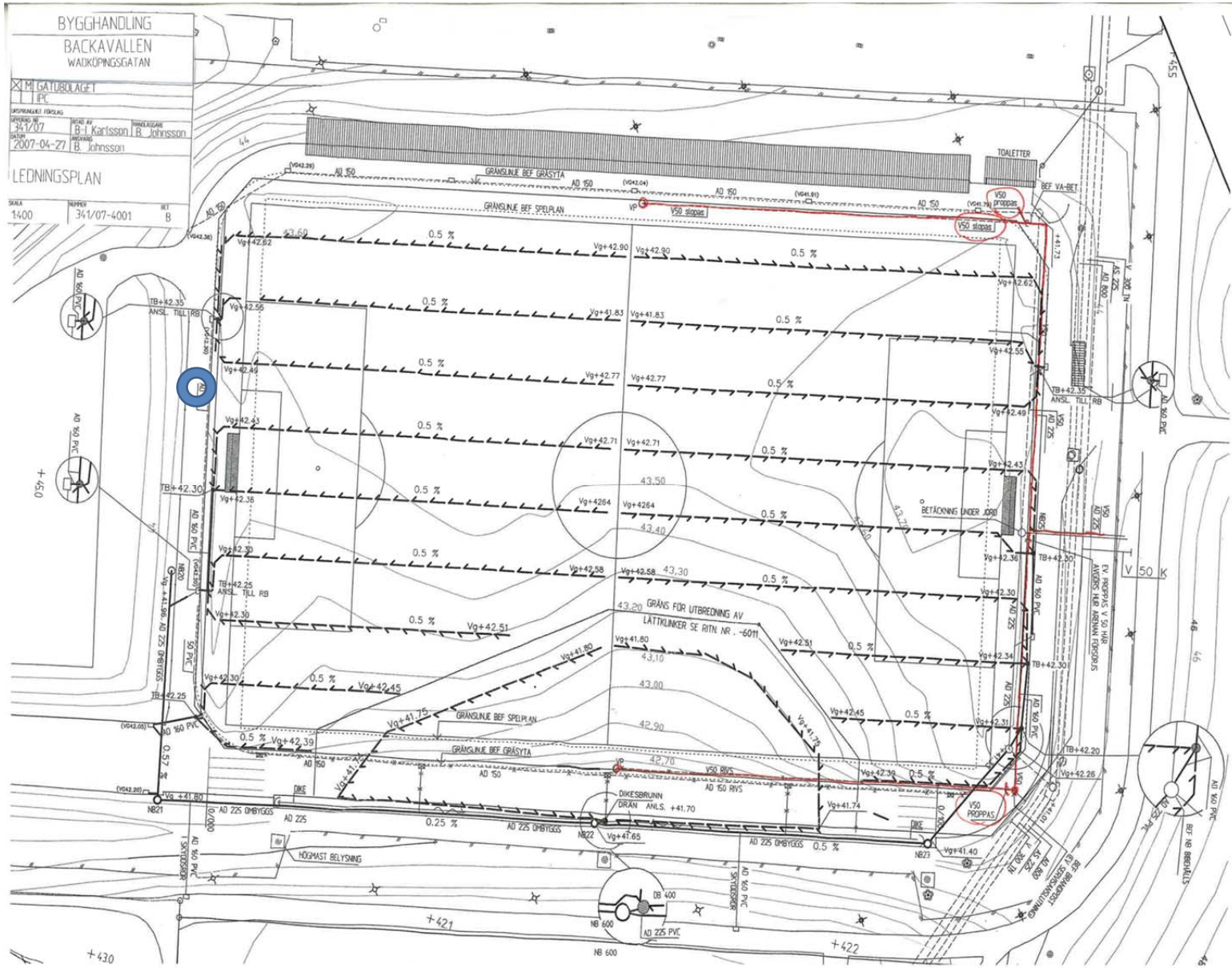
Washington Toxics Coalition. (2016). *Occurrence of Bromine, Lead, and Zink in synthetic turf components*. Hämtad den 17 maj 2016 från: <http://sfrecpark.org/wp-content/uploads/rptsyntheticurftesting1007.pdf>

Wright, S.L., Thompson, R.C. & Galloway, T.S. (2013). *The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review*, Environmental pollution (Barking, Essex: 1987), vol. 178, pp. 483-492. Länk:
<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.ub.gu.se/science/article/pii/S0269749113001140>

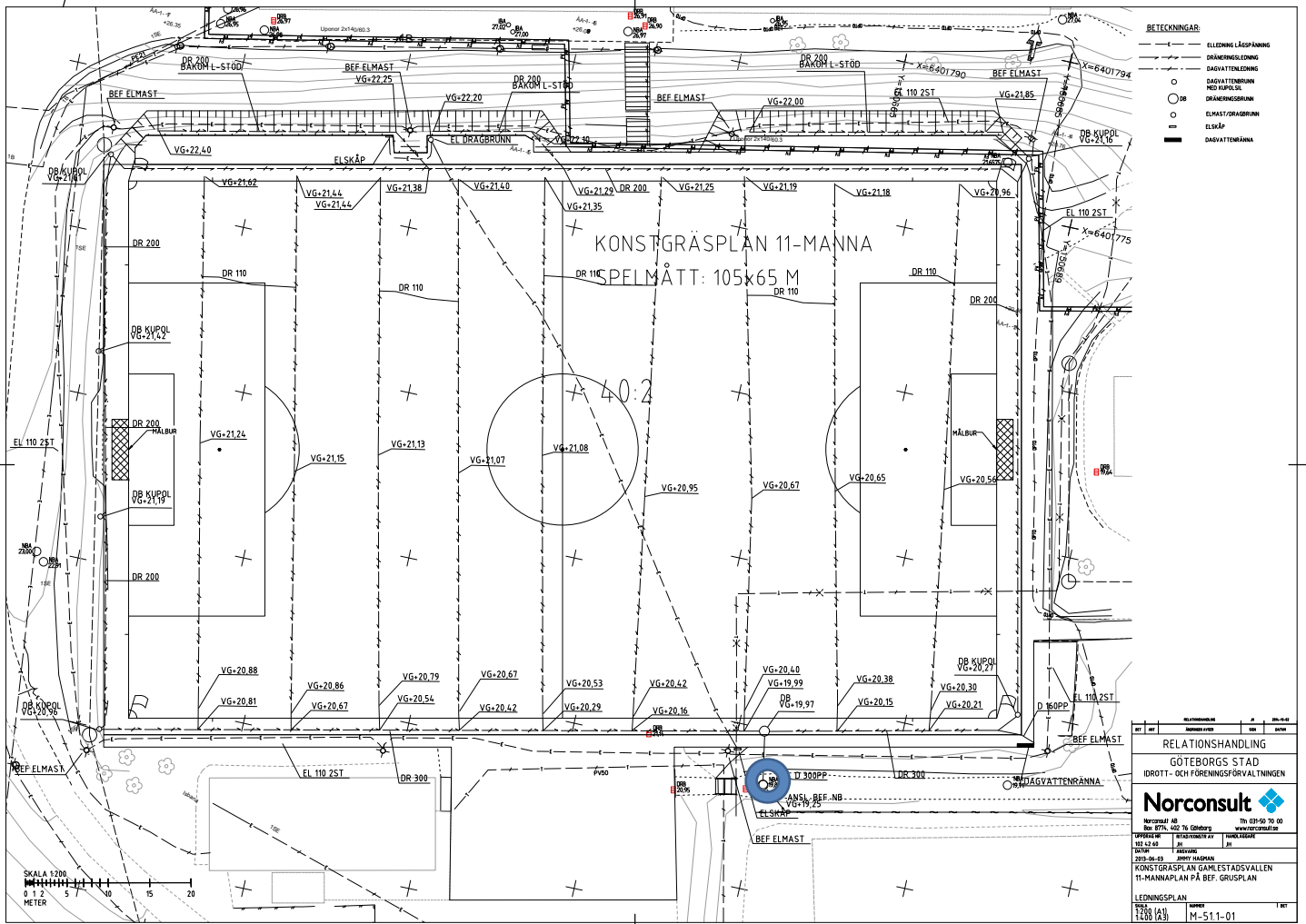
15. BILAGOR

A. Kartor

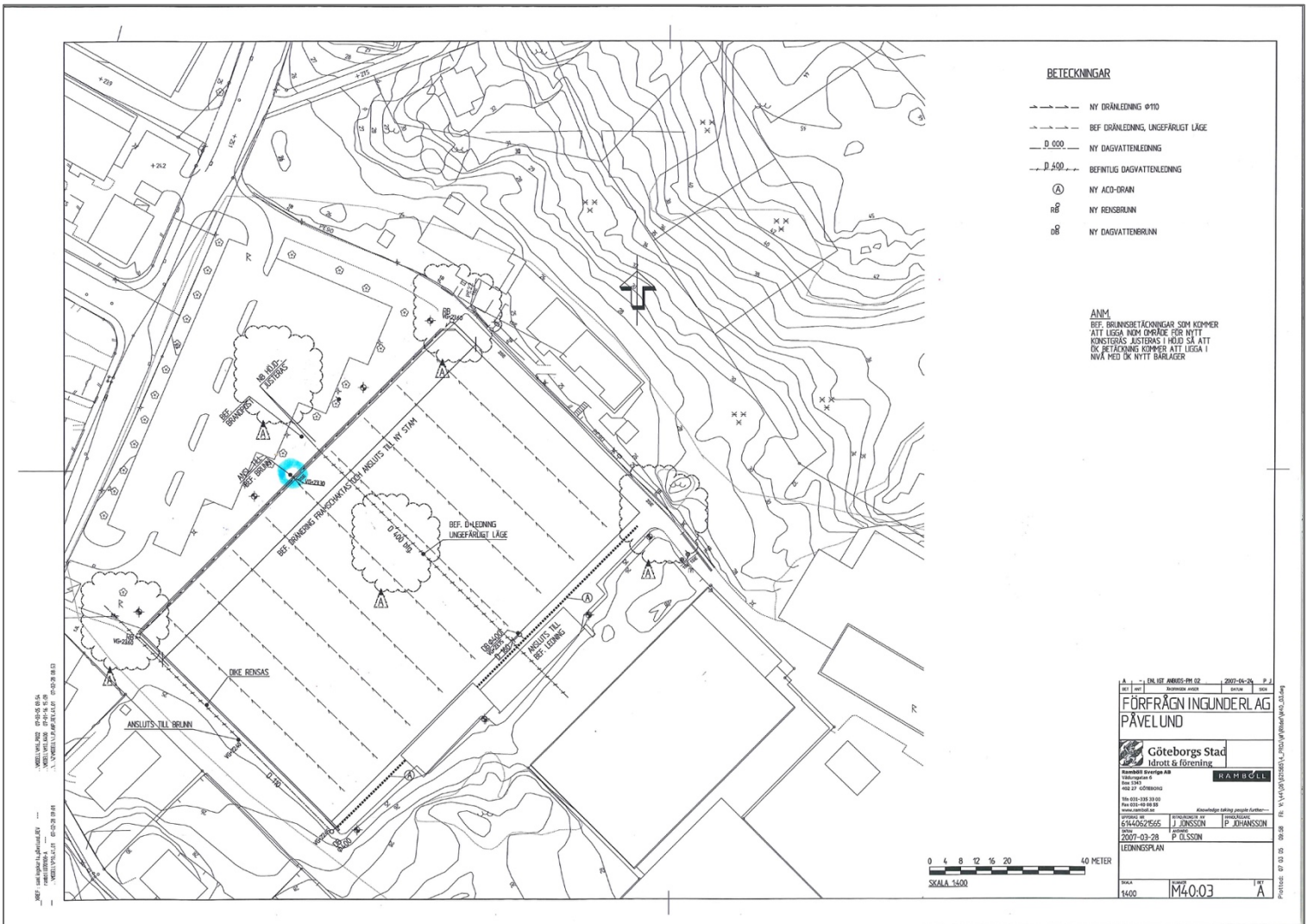
Kartor över provtagningsplatserna:



Figur 9: Karta över Backavallen



Figur 10: Karta över Gamlestadsvallen



BETECKNINGAR

- NY DRÄNLEDNING Ø100
- BEF. DRÄNLEDNING, UMFÄRRLIGT LÄGE
- D. 000 NY DAGVATTENLEDNING
- D. 150 BEFUTLIG DAGVATTENLEDNING
- ⊙ NY ACO-DRAIN
- RB NY RENSBRUNN
- DB NY DAGVATTENBRUNN

ANM
 BEF. BRUNNSBETECKNINGAR SOM KOMMER
 ATT LEGA INOM OMRÅDE FÖR NYTT
 KONSTGRÄS, JUSTERAS I HÖJD SÅ ATT
 DE BETÄCKNINGAR KOMMER ATT LEGA I
 NIVÅ MED DE NYTT BÄRLAGER.

SÄKERHETS- och HÄLSOENKÄTTNING		2007-05-26	P. J.
FÖRFRÅGN INGUDELÄG		PÄVELUND	
Göteborgs Stad		Miroli & förening	
Kontor: Svanövägen 108		RAMBOLL	
413 27 Göteborg		Tel: 031-823 00 00	
Fax: 031-823 00 00		www.ramboll.se	
Projektnummer: 614402/2665		Projektleddare: J. JONSSON	
Datum: 2007-03-28		Förfrågare: P. JONSSON	
LEDDINGSPLAN		Skala: M4.0.03	
A		A	

Figur 11: Karta över Pävallundsvallen

B. Beräkningar

Flödesberäkningar

Flöde vid Gamlestadsvallen: Tre mätningar gjordes för att approximera flödet vid varje tillfälle. En Mätcyllinder på 500 mL fylldes upp varje gång.

Tillfälle 1

T₁: 2,8 s

T₂: 3,1 s

T₃: 3,0 s

Medelvärde på tiden: $\frac{2,8+3,0+3,1}{3} = 2,96 \text{ s} \approx 3,0 \text{ s}$

Flödet: $\frac{500 \text{ mL}}{3,0 \text{ s}} = \frac{1 \text{ L}}{6,0 \text{ s}}$

Tillfälle 2

Ingen mätning kunde utföras.

Tillfälle 3

Ingen mätning kunde utföras.

Flöde vid Påvelundsvallen: Tre mätningar gjordes för att approximera flödet vid varje tillfälle. En Mätcyllinder på 500 mL fylldes upp varje gång.

Tillfälle 1

T₁: 1,0 s

T₂: 0,9 s

T₃: 1,0 s

Medelvärde på tiden: $\frac{1,0+0,9+1,0}{3} = 0,96 \text{ s} \approx 1,0 \text{ s}$

Djupet av det flödande vattnet var lika djupt som mätcyllindern och bredden på det flödandevattnet var tre bredder av mätcyllindern. Därför görs approximeringen att

Flödet: $\frac{500 \text{ mL}}{1,0 \text{ s}} * 3 = \frac{1,5 \text{ L}}{1,0 \text{ s}}$

Tillfälle 2:

Samma metod applicerades här och flödet beräknades till: $\frac{2,5 \text{ L}}{1 \text{ s}}$

Tillfälle 3:

Samma metod applicerades här och flödet beräknades till: $\frac{2,0 \text{ L}}{1 \text{ s}}$

Flödet vid Backavallen: Tre mätningar gjordes för att approximera flödet vid varje tillfälle. En Mätcylinder på 400 mL fylldes upp varje gång.

T₁: 6,4 s

T₂: 5,7 s

T₃: 6,1 s

Medelvärde på tiden: $\frac{6,4+5,7+6,1}{3} = 6,066 \text{ s} \approx 6,0 \text{ s}$

Tillfälle 1:

Flödet: $\frac{400 \text{ ml}}{6,0 \text{ s}} = \frac{0,066 \text{ L}}{1 \text{ s}}$

Tillfälle 2:

Ovanstående metod applicerades och flödet beräknades till: $\frac{0,2 \text{ L}}{1 \text{ s}}$

Tillfälle 3:

Ovanstående metod applicerades och flödet beräknades till: $\frac{0,092 \text{ L}}{1 \text{ s}}$

Beräkningar av antal partiklar som flödar ut från respektive konstgräsplan per dygn.

Totalt antal partiklar per liter \times flödet ($\frac{\text{L}}{\text{s}}$) \times antalet sekunder per dygn

Påvelundsvallen 5/4

$$54 \times 1,5 \times 86400 = 6998400 \frac{\text{partiklar}}{\text{dygn}}$$

Enligt ovanstående beräknades antalet partiklar per dygn vid de andra mätningarna till:

Påvelundsvallen 15/4: 5 832 000

Påvelundsvallen 16/4: 13 132 800

Backavallen 15/4: 268 013

Backavallen 17/4: 2 125 440

Backavallen 18/4: 151 027

Beräknad mängd partiklar som forslas bort per år från Backavallen

Baserat på nederbördsdata över Göteborg (SMHI & Mittresväder) görs följande beräkning:

Medel antal dagar det regnar under ett år i Göteborg: 154 dagar

Medel årsnederbörd i Göteborg: 900 mm

Efter varje gång det regnar uppskattas att 2mm vatten blir kvar på ytan av planen på grässtråna som sedan dunstar bort efter regnet och aldrig förs med ned i dagvattenledningarna.

Regnar det 154 gånger per år skulle det medföra att 308mm vatten dunstar bort per år. Om det i medel regnar 900mm per år så antas att 592mm vatten förs bort från ytan och transporteras ut till dagvattensystemet.

Dunstar: 2mm x 154 dagar = 308mm/år

Mängd nederbörd som rinner bort per år: 900mm – 308mm = 592mm

*Antal liter som rinner bort från konstgräsplanen per år: 0,592m x 7881m² x 1000
= 4 665 552 Liter*

Medel antal partiklar vid Backavallen: $\frac{(47 + 123 + 19)}{3} = 63$ Partiklar/Liter

*Antal partiklar som forslas bort per år från Backavallen: $63 \frac{\text{Partiklar}}{\text{Liter}} \times 4\,665\,552 \text{ Liter}$
= 293 929 776 Partiklar = 293,9 Miljoner $\frac{\text{partiklar}}{\text{år}}$*