

Miljø- og sundhedsskadelige stoffer i drænvand fra kunstgræsbaner

Vurdering af eksisterende analyseresultater på
danske kunstgræsbaner samt supplerende
måleprogram på to udvalgte baner



Lynettefællesskabet I/S

Rapport

This report has been prepared under the DHI Business Management System
certified by DNV to comply with

Quality Management

Environmental Management

Occupational Health and
Safety Management

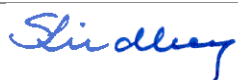
ISO 9001

ISO 14001

OHSAS 18001

Insert the logos for allowed certifications in cells above, logos can be found here.

Approved by



Miljø- og sundhedsskadelige stoffer i drænvand fra kunstgræsbaner

Oversigt over eksisterende analyseresultater på
danske kunstgræsbaner samt supplerende
måleprogram på to udvalgte baner

Prepared for Lynettefællesskabet I/S
Represented by Kim Rindel, Miljøchef



Nærbillede af kunstgræstæppe med infill af sort SBR

Project manager	Kristina Buus Kjær
Project number	11813517
Approval date	03-12-2013
Revision	06-01-2014
Classification	Open

INDHOLD

1	Baggrund og formål	1
2	Opbygning og vedligeholdelse af kunstgræsbaner	3
2.1	Opbygning	3
2.1.1	Kunstgræsmåtte og lim	4
2.1.2	Infill	5
2.1.3	Gummipad	5
2.1.4	Drænmåtte/membran	7
2.2	Vedligeholdelse	7
2.2.1	Vanding	7
2.2.2	Ekstra opfyld af granulat	8
2.2.3	Snerydning	8
2.2.4	Ukrudtsfjernelse	9
3	Sammenfatning af undersøgelser af drænvand fra kunstgræsbaner	11
3.1	Miljøstyrelsens kortlægningsrapport fra 2008	11
3.2	Sammenfatning af internationale måleresultater	12
3.3	Kommunale undersøgelser af drænvand fra kunstgræsbaner	14
4	Måleprogram	17
4.1	Prøvetagningslokaliteter	17
4.1.1	Nandrupsvej Idrætsanlæg	18
4.1.2	Bagsværd Stadion	18
4.2	Prøvetagning	19
4.3	Flowmålinger og nedbør	20
4.4	Analyseparametre	22
4.5	Analyseresultater	23
5	Vurdering af analyseresultater fra kunstgræsbaner i Danmark	25
5.1	Usikkerheder	25
5.2	Vurdering af analyseresultater i forhold til miljøkvalitetskrav og grænseværdier for afledning	25
5.2.1	Almindelige spildevandsparametre	26
5.2.2	Metaller	29
5.2.3	PAH	35
5.2.4	Phenoler	38
5.2.5	Phthalater	41
5.2.6	Kulbrinter og flygtige stoffer	45
5.3	Atmosfærisk deposition	47
6	Konklusion	48
6.1	Drænvandmængder	48
6.2	Betydning af infill og gummipad på drænvandets sammensætning	48
6.3	Atmosfærisk deposition	49
6.4	Udviklingen i koncentrationer	49
6.5	Anvendelse af tømidler	50
6.6	Vurdering af risici ved afledning til kloak	50
6.7	Vurdering af risici ved udledning til marine og ferske vandområder	51
6.8	Nedsivning	51

6.9	Anbefalinger i forhold til udledning til vandområder og nedsivning	52
7	Referencer.....	54

BILAG

BILAG A

Dræntegninger for prøvetagningssteder

BILAG B

Analyseresultater

BILAG C

Feltskemaer og flowgraf

BILAG D

Karakteristik af målepunkter

BILAG E

Registreret nedbør i prøvetagningsperioden (SVK-målere)

BILAG F

Elektronisk bilag (MS Excel) med alle analyseresultater (59 prøver fra 19 baner) vedlagt rapporten

1 Baggrund og formål

Anlæggelse af kunstgræsbaner fremfor almindelige græs- og grusbaner vinder i stadig større stil indpas på grund af muligheden for at forlænge sæsonen på banerne (kan anvendes både i sommer- og vinterhalvåret) og på grund af de slidstærke egenskaber og den lettere vedligeholdelse. Kunstgræsset gør det muligt at bruge banerne selv under meget nedbør og anlægge dem steder, hvor almindeligt græs har vanskeligt ved at gro.

De fleste kunstgræsbaner opbygges i dag som 3. generationsbaner med infill af en blanding af sand og et elastisk gummigranulat. Kunstgræsset består hyppigst af plastfibre, der er fæstnet til et polypropylen- eller polyesterweb. Webet påføres limsuspension, som hærdes. Mellem fibrene lægges infill. De fleste baner anlægges med et infill-granulat bestående af genanvendte bildæk (kaldet SBR-bildæk), men der anvendes også andre typer af gummi, fx restprodukter fra industriel gummi-produktion, EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Monomer) og TPE (ThermoPlastisk Elastomer). Under kunstgræsset anvendes ind imellem en Gummi Pad.

Banerne opbygges med et drænsystem, som bortleder dræn- og regnvand fra banerne, men der mangler erfaring med, hvorvidt materialerne i græs, infill og underlag kan afgives til drænvandet og dermed udgøre et problem for renseanlæg eller vandområder i de tilfælde, hvor vandet ledes direkte ud.

Miljøstyrelsen har udarbejdet en rapport om "Kortlægning, emissioner samt miljø- og sundhedsmæssig vurdering af kemiske stoffer i kunstgræs" /1/. Denne rapport indeholder beskrivelser af kunstgræsbaners opbygning og materialer samt udvaskningstest på forskellige typer af græs, infill og underlag. Rapporten indeholder imidlertid ingen konkrete data for sammensætningen af drænvand fra kunstgræsbaner. Der mangler således viden om mængden og koncentrationen af de stoffer, der udvaskes fra kunstgræsbanerne, og hermed en vurdering af, om Tilslutningsvejledningens krav til afledning af vand til kloak /2/ og kvalitetskravene for marine og ferske vandområder i Bekendtgørelse nr. 1022 /3/ kan overholdes.

Det er på denne baggrund, at nærværende projekt er iværksat af Lynettefællesskabets Miljøgruppe. Formålet med projektet har i første omgang været at karakterisere drænvandet fra to kunstgræsbaner i Lynettefællesskabets opland for miljø- og sundhedsskadelige stoffer og på denne baggrund opstille forslag til vilkår, der bør inddrages i spildevandstilladelser for kunstgræsbaner.

Formålet med projektet var opstillet ud fra en forventning om, at der fandtes meget få analyseresultater fra kunstgræsbaner i Danmark. Det blev dog klart i projektforløbet, at der allerede eksisterer analyseresultater fra minimum 59 stikprøver fra 19 forskellige kunstgræsbaner i Danmark. Prøverne er udtaget og analyseret på baggrund af de vilkår, som kommunerne har fastsat i tilslutnings- og udledningstilladelser til kunstgræsbaner. Eftersom drænvandets sammensætning afhænger af mange faktorer såsom banens opbygning, alder, beliggenhed og vedligeholdelse, har arbejdsgruppen vurderet, at dette datagrundlag bør inkluderes i projektets databehandling og vurderinger. Projektets formål har derfor ændret fokus til at:

- Karakterisere drænvandet fra kunstgræsbaner for metaller og miljø- og sundhedsskadelige stoffer på baggrund af eksisterende analyseresultater samt resultater fra to gennemførte prøvetagninger i dette projekt
- Vurdere drænvandets indhold af metaller og miljø- og sundhedsskadelige stoffer i forhold til afledning til kloak samt udledning til ferske og marine vandområder.

Arbejdsgruppen har bestået af:

- Anne Stalk, Bygge-, Plan- og Miljøafdeling, Frederiksberg Kommune (projektleder)
- Rikke Joo Vienberg indtil d. 1. marts 2013. Derefter Marina Beske Andersen og Martin Sune Møller, Center for Miljø, Københavns Kommune
- Lone Kofoed Rasmussen, Miljøafdelingen, Gladsaxe Kommune
- Pernille Thomsen, Natur & Miljø, Gentofte Kommune
- Kristina Buus Madsen, Afdelingen for By & Industri, DHI

Lynettefællesskabet I/S, Frederiksberg Kommune og Københavns Kommune har finansieret projektet.

2 Opbygning og vedligeholdelse af kunstgræsbaner

Den primære anvendelse af kunstgræs er til fodboldbaner, men kunstgræs anvendes også til andre sportsgrene som rugby, tennis og golfbaner. Derudover anlægges der kunstgræs på mindre arealer, fx vejrabatter, haver, terrasser og legepladser.

Gummigranulat anvendes blandt andet som løst infill mellem græsstråene på kunstgræsbaner samt som støbt elastisk måtte under kunstgræsbanerne og til løbebaner, tennisbaner, faldmåtter og gummi-asfalt til legepladser m.m. Det er blandt andet blevet meget populært at anvende kunstgræs og elastiske måtter som elementer af legepladser hos daginstitutioner, klubber og offentlige legepladser.

Der har i flere år været eksperimenteret med at anvende gummigranulat i støjsvage vejbelægninger i blandt andet Sverige. Der pågår pt. et EU-projekt (PERSUADE) om anvendelse af gummigranulat i vejbelægning, hvor både Danmark og Sverige deltager. Vejbelægninger kan derfor blive et anvendelsesområde for gummigranulat fremover /13/.

Denne rapport omhandler kunstgræsbaner til større sportsarealer (fodbold og rugby).

Antallet af kunstgræsbaner er stigende. I 2007 var der ifølge en liste fra DBU 45 steder i landet, hvor der fandtes 11-mands 3. generationsbaner. I maj 2013 var dette tal steget til 191 steder /11/.

Af de 191 3. generationsbaner ligger de 38 baner i Lynettefællesskabets otte ejerkommuner. Dertil kommer alle 5-, 7- og 9-mands baner samt 2. generationsbaner, hvor infill'et alene består af kvartssand og ikke indeholder gummigranulat. Disse baner er ikke opgjort på DBUs liste.

2.1 Opbygning

Man taler i dag om 2. og 3. generations kunstgræsbaner. Forskellen mellem banerne ligger i opbygningen, som vist i Tabel 2.1 /5/.

Tabel 2.1 Forskel i opbygningen af 2. og 3. generations kunstgræsbaner.

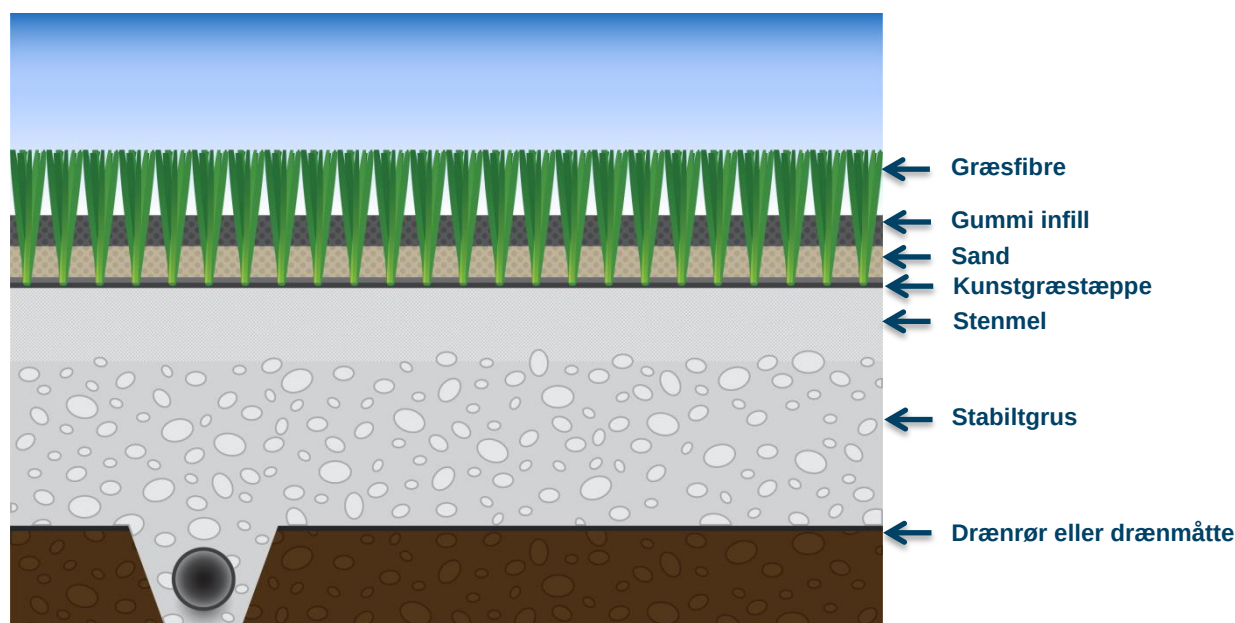
Generation	Græstæppe	Infill	Gummipad eller opskummet PEX
2G	30 mm strå	Grus/sand	Nej
3G	50-70 mm strå	Sand og granulat	Ja

3. generationsbanerne adskiller sig fra 2. generationsbanerne ved, at græsstråene er betydelig længere, samt at der mellem græsstråene er et elastisk infill bestående af granuleret gummi. 3. generationsbanernes affjedrende egenskaber på grund af gummigranulatet gør dem mere velegnede til fodbold og andre sportslige aktiviteter end 2. generationsbanerne. De fleste kunstgræsbaner, der anlægges i dag, er derfor 3. generations baner. Til gengæld er 3. generationsbanerne dyrere at anlægge. 2. generationsbanerne anlægges typisk som mindre baner i forbindelse med legepladser og skoler.

Nederst er banens dræning omgivet af et bundsikringslag og derpå et stabilgruslag; oven på dette et yderligere lag af finere grusmateriale, f. eks. stenmel til afretning af overfladen, før et bundet bærelag (udstøbt gummimåtte eller asfalt) evt. kan etableres. Og endelig selve banen – kunstgræstæppet - der fyldes med kvartssand for stabilisering og gummigranulat for at opnå de ønskede fodbolddfunktionelle egenskaber (3. og 4. generationsbaner).

3. generations kunstgræsbaner er typisk opbygget af følgende lag oppefra:

- Infill (sand/granulat): fikserer græsstråene, tynger "græsset" ned og virker fjedrende
- Kunstgræstæppe
- Eventuelt et bundet bærelag (udstøbt gummimåtte eller asfalt): stødabsorberende, elastisk måtte/pad (e-layer)
- Afretningssand/stenmel
- Stabilgrus
- Dræning omgivet af et bundsikringslag eller evt. drænmåtte



Figur 2.1 Eksempel på opbygning af 3. generations kunstgræsbane. Lagenes materialer og tykkelse kan variere.

Der anvendes ca. 120 tons gummigranulat pr. bane som elastisk infill i en standard 11-mands bane /1/ svarende til ca. 25.000 personbildæk¹/12/. For baner med elastisk gummipad vil forbruget af infill være mindre (ca. 100 tons).

Der kan også i forbindelse med gummipad, anvendes et bitumenbundet 1-lags udstøbt drænasfalt bærelag /5/.

2.1.1 Kunstgræsmåtte og lim

Kunstgræsmåtter til fodboldbaner består som regel af plastfiberstrå af typen polyethylen (PE) fæstnet til et perforeret polypropylen- eller polyestervæv, som påføres en latexbaseret lim /1/. Kunstgræsmåtter til anden anvendelse end fodboldbaner kan desuden bestå af polypropylen (PP) eller nylon/polyamid (PA) /1/.

Græsmåtten vil ofte være tilsat antioxidant (organiske phenolforbindelser med høj molekylvægt, evt. tilsat organiske fosphiter) og UV-stabilisatorer (evt. amin- og zinkholdige). Farvestoffer kan være azo- (gul) eller kobberholdige (grøn). Latexlim (styren-butadien-latex) anvendes til sammenlimning af kunstgræstæpperne på stedet. Limen kan indeholde blødgørere, f.eks. phthalater /1//5/.

¹ Der kommer ca. 4,7 kg gummi granulat pr. personbildæk

2.1.2 Infill

Som infill mellem græsstråene findes der forskellige produkter på markedet med meget forskellig sammensætning og indhold af kemiske stoffer:

- **Granulerede bildæk, SBR** (*styren-butadien-rubber*): Genanvendt gummi fra slidbanen på dæk. Inhomogen blanding med meget forskellige typer bildæk (fx personbil- og lastbildæk). Består bl.a. af styren-butadien-gummi (SBR), naturgummi og butadiengummi. SBR er hovedkomponenten i slidbanen på dæk. Gummiet er vulkaniseret og indeholder bl.a. aromatiske aminer, zink, kobber, krom, phthalater, benzothiazol og langkædede alkylphenoler /1/. Infill af granulerede bildæk kaldes herefter for "Sort SBR".
- **PE-indkapslet/coated bildæksgranulat**: Granulerede bildæk coated med polyethylen, som ifølge leverandøren skulle reducere afgivelsen af stoffer fra SBR-gummiet. Bruges også som basis for gummipads /5/.
- **Gråt og grønt industrigummi**: Forskellige industrielle restprodukter fra produktionen af f.eks. dørmåtter, dør- og vindueslister eller skosåler. Det er ikke nærmere specificeret, hvilke typer gummi det består af. Indeholder ikke PAHer. Kan være farvet, men forekommer typisk i grå nuancer. Der er ikke fundet miljø- og sundhedsskadelige stoffer i solventekstrakt fra grønt industrigummi i Miljøstyrelsens kortlægningsrapport om kunstgræs /1/.
- **EPDM granulater** (*Ethylen-Propylen-Dien-Monomer*): Gummi med mættet hovedkæde (god vejrbestandighed, ingen antiozonanter, reduceret indhold af antioxidant). Evt. vulkaniseret (peroxid eller svovl) og typisk farvet. Der findes mange sammensætninger af EPDM (f.eks. olieindhold).
- **TPE (ThermoPlastisk Elastomer)**: Kan være mange forskellige blandinger af syntetisk gummi og naturgummi. Det er et ikke-vulkaniseret materiale, som betyder et lavere indhold af kemiske tilsætningsstoffer og zink. Ifølge Miljøstyrelsens rapport om miljø- og sundhedsmæssig vurdering af kemiske stoffer i kunstgræs har TPE et lavere TVOC indhold (Total Volatile Organic Compounds) end SBR /1/.
- **Kork- og kokosfibre**: Der er ikke fundet miljø- og sundhedsskadelige stoffer i solventekstrakt fra kokosfibre i Miljøstyrelsens kortlægningsrapport om kunstgræs /1/.
- **Coated sand**: Coated med elastomer eller PE.
- **Kvartssand**.

Ifølge litteraturen er den helt overvejende del af etablerede kunstgræsbaner anlagt med genanvendte, granulerede bildæk (sort SBR) som infill (98% i Danmark i 2008 /1/ og 90% i Norge i 2012 /14/).

Af de indsamlede oplysninger og analyseresultater fra kunstgræsbaner i Danmark (se Kapitel 3.3), er 11 ud af de 18 baner anlagt med infill af sort SBR (bildæk), mens de resterende baner er anlagt med henholdsvis gråt industrigummi (fem baner), grønt industrigummi (én bane) og sand (én bane).

Ifølge Miljøstyrelsens kortlægningsrapport /1/ er prisen på de alternative infill-materialer 2 til 4 gange dyrere end rent dækgranulat. Fra en leverandør til det danske marked er følgende omtrentlige priser angivet for 120 tons infill i de typer infill, der anvendes til banerne: Granulerede bildæk kr. 180.000, coatede granulater fra bildæk kr. 500.000, EPDM, TPE og kokos 850.000 kr. Tages der hensyn til vægtfylden af EPDM i forhold til granuleret bildæk, stiger prisen for EPDM til 1.100.000 kr.

Derudover har DBU en række spilletekniske krav til banerne, som granulatet skal overholde.

2.1.3 Gummipad

Mellem gruset og kunstgræstæppet kan udlægges en elastisk, stødabsorberende gummipad (e-layer), som kan være fremstillet af:

- Granulerede bildæk, SBR: grov gummifraktion, sammenlimet med polyurethan
- EPDM: kan støbes på stedet
- PE-indkapslet/coated bildæksgranulat

Granulerede bildæk er det hyppigst anvendte materiale til gummipad. Den stødabsorberende gummipad er konstrueret af de samme typer gummi, som infillet kan bestå af, og derved vil indholdet af potentielle miljø- og sundhedsskadelige stoffer også være afhængigt af valget af både infill og gummipad.

Af de 18 kortlagte baner er seks af banerne anlagt med en elastisk gummipad mellem grus og kunstgræstæppe og én bane er anlagt med XPE-foam.

I Figur 2.2 og Figur 2.3 er vist et eksempel på støbningen af en gummipad under en kunstgræsbane på Frederiksberg.



Figur 2.2 Anlæggelse af gummipad under kunstgræsbane på Frederiksberg.



Figur 2.3 Anlæggelse af gummipad under kunstgræsbane på Frederiksberg.

2.1.4 Drænmåtte/membran

Ved nogle baner anlægges en drænmåtte i stedet for drænrør. Drænmåtten forhindrer nedsivning af drænvand til grundvandet i tilfælde, hvor der er særlige drikkevandsinteresser i området, og forhindrer optrængning af grundvand på de baner, hvor grundvandet ligger højt. Drænvandet afledes via drænmåtten til en samlebrønd.

Drænmåtterne er ofte lavet af polypropylen og polyethylene-materialer.

2.2 Vedligeholdelse

Kunstgræsbaner kræver ligesom almindelige græsbaner løbende vedligeholdelse, som i nogle tilfælde kan have betydning for drænvandet og indholdet af miljø- og sundhedsskadelige stoffer. En række af de forhold, som kan have betydning for drænvandet, er beskrevet nedenfor med udgangspunkt i DBU's generelle råd om vedligeholdelse af kunstgræsbaner /15/. Det vil dog altid være baneleverandørens vedligeholdelsesvejledning, der er gældende i forhold til garantien på kunstgræsbanen, og som derfor skal følges.

2.2.1 Vanding

Nogle kunstgræsbaner ønskes om sommeren vandet for at køle overfladen ned i stærk varme og for at skabe en reduceret friktion, der giver højere fart i spillet på en glattere overflade og bedre muligheder for at lave glidende tacklinger /15/. Der skal derfor tages højde for dette i beregning af det forventede drænvolumen fra banen. Dog vil vanding ofte foregå i varme og tørre perioder i sommermånederne, hvor jorden ikke er mættet af nedbør og derfor kan fungere som opmagasinering af en del vand.

2.2.2 Ekstra opfyld af granulat

En del af granulatet vil forsvinde fra selve banen til omgivende arealer og skal løbende erstattes (ugentlig eller månedlig). Der vil derfor ofte være en beholdning af gummigranulat ved banen til efterfyldning. Forbruget anslås af DBU til ca. 3-5 tons pr. år for en standard 11-mands bane /15/.

Udvaskning af stoffer fra granulatet vil derfor ske løbende – dog i væsentligt lavere grad end umiddelbart efter anlæggelse, hvor der udlægges 120-150 tons gummigranulat.

2.2.3 Snerydning

Snerydning kan blive aktuel i vinterperioden for at sikre, at den daglige brug af banen kan finde sted. DBU og Polytan (kunstgræsleverandør) anbefaler mekanisk snerydning ved hjælp af en 4-hjulstruktet traktor udstyret med lavtryksdæk og sneslynge. Det frarådes at bruge sneplov, da det kan forskubbe kunstgræstæppet /15/.

Ifølge DBU kan saltning være en hjælp til at holde banen spilbar i perioder med veksling mellem tø og frost. DBU skriver, at anvendelse af en saltopløsning vandet ud over banen synes mere effektivt end udspreddning af tørt salt, hvilket gør det muligt at reducere mængden af salt. Saltning ved lavere temperaturer (under -10 °C) har ringe eller ingen virkning. DBU anbefaler at anvende Natriumklorid, men Calciumklorid kan også bruges /15/.

DBU gør opmærksom på, at store saltmængder på langt sigt kan virke hæmmende på vandgennemtrængeligheden i grusunderlaget og dermed hæmme dræningen af banen.

DBU skriver i deres generelle vejledning, at forsaltning bør ske, når der ventes frost og ved skifte mellem frost og tø /15/, men ifølge Polytan kan det tilstoppe drænenene, hvis der saltes på forkant:

"Hvis man salter, når det kolde vejr er på vej, kan det tilstoppe drænenene – nogle bruger derfor Chlorcalcium (calciumklorid), som skulle være bedre. Vil man være helt sikker, er det klogeste dog at lade sneen smelte af sig selv og lukke banen imens" /16/.

Flere kommunale miljøforvaltninger har givet kunstgræsbanerne restriktioner mod anvendelsen af kemiske tømidler på banerne ved udledning eller nedsivning af drænvandet. Der er også miljøforvaltninger, der har givet tilladelse til nedsivning/udledning i sommerhalvåret, men som har stillet vilkår om, at drænvandet i vinterhalvåret ledes til kloak, når der saltes.

Der findes ifølge Vejdirektoratet følgende kemiske tømidler, hvoraf natriumklorid er det billigste og hyppigst anvendte /18/:

- Natriumklorid (NaCl): Det mest anvendte tømiddel. Korrosionsfremmende. Kan skade omkringliggende beplantning. Brug af natriumklorid i nærheden af drikkevandsboringer kan i værste fald føre til, at indholdet af natrium- og kloridioner kan blive så højt, at det overstiger de tilladte værdier. Kan påvirke ferske recipienter negativt ved udledning /18/.
- Calciumklorid (CaCl₂): Virker mere effektivt ved lave temperaturer end natriumklorid. Mere korrosionsfremmende end NaCl. Kan skade omkringliggende beplantning og påvirke ferske recipienter negativt ved udledning /18/.
- Magnesiumklorid (MgCl₂): Anvendes oftest ved meget lave temperaturer. Mere korrosionsfremmende end NaCl. Kan skade omkringliggende beplantning og påvirke ferske recipienter negativt ved udledning /18/.
- Urea (NH₂CONH₂): Urea er en kvælstofgødning (urinstof), der ikke fremmer korrosion i samme grad som klorider, hvorfor materialet kan udgøre et alternativ til NaCl ved specielt udsatte konstruktioner, fx broer. Urea benyttes kun i særlige tilfælde på grund af kvælstofindholdets miljøskadelige virkning i recipienter /18/.
- Acetater: Calciummagnesiumacetat (CMA) er et dobbeltsalt af eddikesyre. CMA benyttes som oftest ved miljøfølsomme arealer og på særligt udsatte konstruktioner som alternativ til NaCl. CMA virker i praksis kun optøende ned til - 5 °C. De CMA-produkter, der forhandles

som opløsninger, er Svanemærket. CMA nedbrydes af mikroorganismer til bl.a. vand og CO₂. Sammenlignet med urea sker nedbrydningen hurtigt, og der efterlades ikke kvælstofholdige næringssalte. Dog er stoffet et letnedbrydeligt organisk stof, som kan bevirke et forhøjet iltforbrug i vandområdet, hvis smeltevandet udledes direkte. Sammenlignet med natriumklorid er prisen ca. 68 gange højere for CMA /18/. Udover CMA anvendes også natriummagnesiumacetat og kaliumacetat med lignende egenskaber som tømiddel.

- **Formiat:** Kaliumformiat og natriumformiat er salte af myresyre. Anvendes på blandt andet Storebæltsforbindelsen og Københavns Lufthavn. Effektivt tømiddel, der laver revner i isen og smelter både oppefra og nedefra. Formiat er et organisk letnedbrydeligt stof, som kan forårsage et forhøjet iltforbrug i vandområdet ved direkte udledning af smeltevand. Sammenlignet med natriumklorid er prisen ca. 20 gange så høj for kaliumformiat.

NaCl er det hyppigst anvendte tømiddel på kunstgræsbaner og kan give anledning til høje klorid-koncentrationer i drænvandet på op til 20.000 mg/l, jf. Afsnit 5.2.1. Klorid kan have en negativ effekt på ferske recipienter samt virke korroderende på kloaknettet. I forbindelse med nedsivning af drænvandet har NaCl samtidig den effekt, at det reducerer pH i det nedsivende vand, hvilket øger mobiliteten af metaller ud over, at kloriden tilføres til grundvandet.

I Miljøstyrelsens Tilslutningsvejledning /2/ er fastsat en vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige klorid-koncentration for afledning til renseanlæg af hensyn til korrosionen i kloaknettet på 1.000 mg/l. Denne grænseværdi kan dog fraviges, hvis det i den konkrete situation er velbegrundet. Det bør i den forbindelse tages i betragtning, at overfladevand fra kommunale pladser og veje også ledes til kloak og recipienter i saltningsperioden. Den typiske maksimale klorid-koncentration i vejvand er ifølge Orbicon 2.500 mg/l /21/.

Anvendes der kemiske tømidler baseret på klorid på kunstgræsbaner, er det tilrådeligt, at der i tilladelsen stilles vilkår om den maksimale anvendte mængde (fx over en sæson) og metode til udbringning på banerne (vådsaltning), så risikoen for korrosion og påvirkning af vandområder reduceres.

Der er kendskab til enkelte kunstgræsbaner, som anvender organiske svanemærkede produkter. Miljøforvaltningerne skal i den forbindelse være opmærksomme på, at iltforbruget til nedbrydning af disse stoffer ved udledning til mindre søer kan give anledning til problemer med iltsvind. En konkret vurdering af påvirkningen af vandområdet ved udledning af drænvand bør foretages, inden der gives tilladelse til anvendelsen af svanemærkede tømidler.

2.2.4 Ukrudtsfjernelse

Det fremgår af DBUs vedligeholdelsesmanual, at mos holdes væk ved hyppig fjernelse af blade og ukrudt og evt. ved hjælp af mos-bekæmpelsesmidler. I Polytons vedligeholdelsesmanual for 3. generationsbaner anbefales brug af bekæmpelsesmidler ligeledes:

"Ved yderkanterne kan der sjældne gange forekomme ukrudt. Ukrudtet må aldrig hives op. Det kan skade underlaget. Ukrudt skal derimod fjernes med ukrudtsmidler."/16/

Dog anbefaler Sport & Performance, at ukrudtet fjernes forsigtigt ved håndkraft:

"Den bedste måde at fjerne ukrudtet på er ved håndkraft, dette gøres ved, at man forsigtigt trækker ukrudtet op ved roden og sikrer, at man ikke ødelægger latexen på kunstgræsset. Hvis vejret tillader det (solrigt og tørt vejr i mindst tre dage), kan ukrudtet også fjernes med et biologisk nedbrydeligt herbicid."/17/

I tilfælde af, at det er nødvendigt med brug af kemiske bekæmpelsesmidler, bør det sikres, at de anvendte midler ikke indeholder A- eller B-stoffer ved afledning af drænvandet til kloak, se /2/.

Brug af kemiske bekæmpelsesmidler ved udledning af drænvandet til mindre vandområder frarådes som udgangspunkt på grund af de forventede toksiske effekter på vandområdet. Ved påkrævet brug af kemiske bekæmpelsesmidler vil det kræve en konkret vurdering af midlernes effekt på vandområdet.

3 Sammenfatning af undersøgelser af drænvand fra kunstgræsbaner

Der eksisterer i dag allerede både danske og udenlandske undersøgelser af miljø- og sundhedsskadelige stoffer i kunstgræsbaner, se blandt andet /1/ og /14/. Der er dog kun få af undersøgelserne udført analyser for miljø- og sundhedsskadelige stoffer på selve drænvandet. Hovedparten af undersøgelserne fokuserer på den kemiske sammensætning af kunstgræs-materialerne og/eller gennemførelse af udvaskningstest i laboratoriet eller lysimetertest, se Figur 3.1.



Figur 3.1 Lysimetertest med kunstgræs, Bern, Schweiz /1/.

3.1 Miljøstyrelsens kortlægningsrapport fra 2008

Miljøstyrelsen har i 2008 udgivet en kortlægningsrapport over emissioner af kemiske stoffer i kunstgræs /1/. Der er foretaget en worst case-vurdering af effekten på en eventuel udledning af drænvand til vandløb på baggrund af danske udvaskningstest. Udvasningsstestene må forventes at have en højere udvasningshastighed end de reelle forhold på kunstgræsbanerne på grund af en væsentligt bedre væske-faststofkontakt. De reelle PEC/PNEC² forhold vil derfor givetvis være noget lavere end nedenstående /1/.

På baggrund af udvasningsstestene er det i Miljøstyrelsens rapport i 2008 vurderet, at der for følgende stoffer i infill og kunstgræsmåtter kan være mulige miljøeffekter forbundet med udledningen af drænvand fra kunstgræsbaner:

- | | |
|--|---------------------------|
| • Zink | PEC/PNEC vand = 28 |
| • Phthalater | PEC/PNEC vand = ca. 10 |
| • Cyclohexanamin og Cyclohexanamin,
N-cyclohexyl- | PEC/PNEC vand = ca. 1.000 |
| • Phenol 2,4-bis (1,1-dimethylethyl)- | PEC/PNEC vand = ca. 10 |

² PEC er den beregnede koncentration af stoffet i miljøet (Predicted Environmental Concentration), mens PNEC er den beregnede maksimale koncentration af stoffer, hvor der ikke forventes negative effekter (Predicted No Effect Concentration). Ved koncentrationer under PNEC forventes der ikke at være negative effekter på det omgivende miljø.

- Muligvis 6PPD PEC/PNEC vand = ca. 470
- Nonylphenol PEC/PNEC vand = 115
- Bis-(2,2,6,6-tetrametyl-4-piperidiny) sebacat (*i ét tilfælde*) PEC/PNEC vand = ca. 20.000

Et PEC/PNEC forhold > 1 angiver, at der er en miljørisiko forbundet med det enkelte stof.

Resultaterne af laboratorieforsøgene i Miljøstyrelsens undersøgelse viser, at en række miljøskadelige stoffer kan udvaskes fra både elastisk infill og kunstgræs med en mulig miljømæssig risiko ved evt. overløb af drænvand til nærliggende vandløb. Det vurderes dog på baggrund af de udenlandske lysimeter- og pilotforsøg, der viser væsentligt lavere udvaskning end i laboratorietest, at der kræves målinger af stofkoncentrationerne under reelle forhold på boldbaner for at kunne vurdere risikoen. Miljøstyrelsens undersøgelse giver derfor ikke anledning til at sætte spørgsmålstejn ved de udførlige schweiziske, franske og hollandske undersøgelses konklusion om, at gummigranulat fra bildæk ikke udgør en større miljømæssig risiko /1/.

3.2 Sammenfatning af internationale måleresultater

I Tabel 3.1 på side 13 er analyseresultater fra internationale studier af drænvand fra kunstgræsbaner præsenteret. Tabellen er fremkommet på baggrund af data præsenteret i /6/.

Som det fremgår af tabellen, er der analyseret for meget få parametre i drænvand fra kunstgræsbaner i internationale undersøgelser. Ud over metaller er der analyseret for DEHP og benzothiazol i en enkelt undersøgelse.

Resultaterne viser, at zink og DEHP i nogle prøver ligger over kvalitetskravene for marine og ferske vandområder, mens det er mere uklart med de øvrige metaller, idet vandkvalitetskravet er opgivet for opløst metal, mens de målte koncentrationer er for total metal.

Tabel 3.1 Sammenfatning af internationale analyseresultater af drænvand fra kunstgræsbaner (µg/l) /6/. Til sammenligning er angivet miljøkvalitetskrav for marint og ferskt overfladevand /3/.

Parameter	MKK marin	MKK fersk	Miljøstyrelsen, 2008 /1/	Holland, 2009 /7/	New York State, 2009 /8/	Connecticut, 2008 /9/	Connecticut, 2008 /9/	Florida, 2007 /10/
			<i>Drænvand fra fodboldbane</i>	<i>Drænvand fra 7 baner</i>	<i>Overfladevand ved 1 bane</i>	<i>Drænvand fra 3 baner</i>	<i>Drænvand fra 1 bane</i>	<i>Overfladevand fra granulat-belagt p-plads</i>
Arsen					<1,8			
Bly	0,34 ¹⁾	0,34 ¹⁾			1,7	<1		6
Cadmium	0,2 ¹⁾	0,08-0,25 ³⁾			<0,35	<1		
Kobber	1 (2,9) ¹⁾	1 (12) ¹⁾			5,4		1,5-5	
Krom	8,3 ⁴⁾	8,3 ⁴⁾			2,2			2
Kviksølv	0,05 ¹⁾	0,05 ¹⁾			<0,13			
Nikkel	0,23 (3) ¹⁾	2,3 (3) ¹⁾			8,8			
Zink	7,8 ¹⁾	7,8 (3,1) ²⁾	59	0,02-0,026	59,5	5-36	10-260	
DEHP	1,3	1,3	7					
Benzothiazol			1,5					

1) Opløst, tilføjet baggrundsværdi. Øvre værdi i parentes.

2) Opløst, tilføjet baggrundskoncentration. Værdi i parentes gælder for blødt vand.

3) Opløst, tilføjet baggrundsværdi. Afhængig af vandets hårdhedsgrad.

4) Opløst. Gælder for henholdsvis CrVI og CrIII.

3.3 Kommunale undersøgelser af drænvand fra kunstgræsbaner

Flere kommuner har i tilslutnings- og udledningstilladelser til kunstgræsbaner stillet vilkår om prøvetagning og analyser af drænvandet. Det betyder, at der for en række danske kunstgræsbaner foreligger analyseresultater fra drænvandet.

Der er i forbindelse med projektet indsamlet analyseresultater og tilslutnings- og udledningstilladelser til kunstgræsbaner i Danmark. I alt er der modtaget analyseresultater fra 59 stikprøver fra 19 baner i henholdsvis: Allerød, Brøndby, Frederiksberg, Frederikssund, Furesø, Gentofte, Gladsaxe, Helsingør, Hvidovre, Lolland, Roskilde og Rudersdal kommuner.

Der er modtaget tilladelser til i alt ti kunstgræsbaner fra følgende kommuner: Frederiksberg, Frederikssund, Furesø, Gentofte, Gladsaxe, Lolland og Rudersdal Kommune. Tilladelserne kan findes på www.spildevandsinfo.dk.

Alle analyseresultater er vist i Bilag B.1. I Tabel 3.2 er vist en oversigt over karakteristika for de kunstgræsbaner, hvor der foreligger analyseresultater.

Karakteristika for banerne er indsamlet via tilslutnings- og udledningstilladelser, bygherrer, rådgivere samt oplysninger på internettet. Der kan ikke garanteres for oplysningernes korrekthed.

Tabel 3.2 Karakteristika for kunstgræsbaner i Danmark, hvor der er indhentet analyseresultater. Oplysningerne er indhentet fra tilslutnings- og udledningstilladelser, bygherrer og rådgivere.

Kommune	Bane	Gene- ration	Underlag	Infill	Græs	Størrelse (m ²)	Anlægsår	Afledning af drænvand til	Antal prøver	Prøvetagnings- periode
Gentofte	Dyssegårdsskolen	2	Sand	Intet	PE/PP	1.600	2010	Renseanlæg	1	6/9/12
Furesø	Farum Park	3	Polyolefinskum	Kokos/kork	PE	9.600	2012	Fersk vandområde	3	31/8/12-10/12/12
Allerød	Møllemosen	3	XPE-foam	Grønt industri	PE	7.992	2009	Nedsives	2	18/9/10-7/12/12
Frederiksberg	KB-Hallen, Bane 9	3	Gummipad	Gråt industri	PE	11.550	2006	Renseanlæg	9	25/4/07-26/2/13
Frederiksberg	KB-Hallen, Bane 1	3	Gummipad	Gråt industri	PE	11.550	2006	Renseanlæg	9	25/4/07-26/2/13
Hvidovre	Avedøre Stadion	3	Gummipad	Gråt industri	PE	7.992	2007	Regnvandsledning=>Vandområde	1	30/6/10
Frederiksberg	Nandrupsvej	3	Gummipad	Gråt industri	PE	4.608	2010	Renseanlæg	4	24/9/10-26/2/13
Brøndby	Brøndby Stadion	3	Grus	Gråt industri	PE	9.768	2006	Vandområde	1	18/9/12
Frederikssund	Skibby Stadion	3	Sand	Sort SBR	PE	8.640	2010	Fersk vandområde	5	3/1/12-9/1/13
Frederikssund	Frederikssund Stadion	3	Sand	Sort SBR	PE	11.000	2010	Vådbassin => Fjord	5	11/8/11-9/1/13
Lolland	Nakskov Idrætspark	3	Stabilgrus	Sort SBR	PE/PP	8.000	2010	Marint vandområde	2	14/4/10-16/12/12
Rudersdal	Rudegaard Stadion	3	Stabilgrus	Sort SBR	PE/PP	2.000	2010	Fersk vandområde	2	16/8/11-31/8/12
Gladsaxe	Bagsværd Stadion	3	Sand	Sort SBR	PE/PP	11.500	2010	Renseanlæg	4	12/3/12-27/2/13
Rudersdal	Vedbæk Stadion	3	Stabilgrus	Sort SBR	PE/PP	3.800	2010	Renseanlæg/fersk vandområde	4	14/12/10-1/6/11
Allerød	Blovstrød-hallen	3	Grus	Sort SBR	PE	10.080	2010	Fersk vandområde	2	7/12/12-14/12/12
Allerød	Lyngehallen	3	Grus/beton	Sort SBR	PE	9.000	2012	Fersk vandområde	2	7/12/12-14/12/12
Roskilde	Jyllinge FC	3	Gummipad	Sort SBR	PE/PP	9.072	2011	Nedsives	1	22/6/12
Rudersdal	Birkerød Idrætscenter	3	Sand	Sort SBR	PE	6.500	2005	Fersk vandområde	1	30/6/10
Helsingør	Helsingør Idrætspark	3	Grus	Sort SBR	PE	7.992	2009	Vandområde	1	30/6/10
12 kommuner	19 baner	1 2G 18 3G	12 sand/grus 5 gummipad 2 skum	1 uden infill 1 kokos/kork 1 Grønt ind. 5 Gråt ind. 11 sort SBR	PE (PP)	1.600- 11.550	2005-2012	6 Renseanlæg 11 Vandområde 2 Nedsivning	59 stik- prøver	25/4/07-26/2/13

4 Måleprogram

Som understøttelse af de indsamlede analyseresultater og undersøgelser har det været målet at gennemføre flowproportional prøvetagning på to kunstgræsbaner i Lynettefællesskabets opland med henblik på at analysere én flowproportional prøve fra hver kunstgræsbane for et bredere spektrum af miljø- og sundhedsskadelige stoffer. Stofferne er blandt andet udvalgt ud fra tidligere analyser af drænvand fra kunstgræsbaner.

4.1 Prøvetagningslokaliteter

Valget af kunstgræsbaner til måleprogrammet er foretaget ud fra ønsket om at få flowproportionale prøver fra to baner med henholdsvis sort SBR infill fra genanvendte dæk og infill af en anden type gummi, fx gråt/grønt industrigummi, TPE eller EPDM. Den mest almindelige type infill er sort SBR, mens de øvrige typer af gummi-infill er mere sjældne. Af de øvrige typer af gummi-infill er gråt industrigummi den mest anvendte.

Kunstgræsbaner anlægges som regel med Ø315 plastbrønde i forbindelse med drænvandssystemet. På grund af pladmangel til udstyret er det ikke muligt at udtage flowproportionale prøver i disse brønde. Det er samtidig ikke hensigtsmæssigt, at drænvandet fra kunstgræsbanerne bliver fortyndet af vand fra andre overfladearealer, hvorfor det ofte ikke har været muligt at udtage prøver længere nedstrøms i kloaksystemet. Dette har begrænset valget af kunstgræsbaner til måleprogrammet.

Ud fra disse kriterier blev det i første omgang valgt at udtage flowproportionale prøver fra en bane på Nandrupsvvej på Frederiksberg og ved Valby Idrætspark i København. Karakteristika for kunstgræsbanerne inklusiv opbygning af kunstgræs- og drænsystemet og beskrivelse af prøvetagningsbrønden er vist i Bilag 0.

I forbindelse med den flowproportionale prøvetagning ved Valby Idrætspark blev der ikke registreret flow i drænedningen fra banen i prøvetagningsperioden d. 15-27. april 2013 på trods af tre nedbørshændelser, se Tabel 4.1. Det kunne ved visuel besigtigelse konstateres, at der ikke havde været vand i drænsystemet. Det blev i stedet besluttet at udtage en stikprøve fra en bane ved Lundehusskolen i Københavns Kommune. Banen er anlagt i efteråret 2012 med sort SBR som infill, se beskrivelsen i Bilag 0.

Der blev forsøgt udtaget stikprøve fra kunstgræsbanen ved Lundehusskolen tre gange i løbet af to nedbørshændelser d. 19. og d. 22. maj. Der blev ved prøvetagningen observeret vand på banen, men det var ikke muligt at udtage stikprøver på grund af manglende vand i drænsystemet, se også Tabel 4.1.

Efter den forgæves prøvetagning ved Lundehusskolen blev det besluttet at udtage prøve fra en kunstgræsbane med sort SBR infill ved Bagsværd Stadion i stedet. Banen er konstrueret med en drænmåtte, som skal forhindre nedsivning af drænvand til grundvandet. Det forventedes derfor, at det ville være muligt at udtage en stikprøve fra denne bane, hvilket blev bekræftet ved prøvetagningen. Prøvetagningen er beskrevet i Afsnit 4.2.

Flere af de udvalgte kunstgræsbaner har vist sig ikke at generere noget drænvand i løbet af april og maj på trods af flere regnhændelser. Årsagerne til det manglende drænvand skal formentlig ses i:

- Et meget tørt forår, som har bevirket, at den tørre jord under og omkring kunstgræsbanerne har fungeret som oplagringsmagasin og nedsivning af regnvandet
- Jordens beskaffenhed og grundvandsstanden kan enkelte steder bevirke, at der meget sjældent kommer drænvand fra banerne

- Baneopbygningen og drænsystemet kan i nogle tilfælde være konstrueret forkert, så vandet ikke løber af banen til drænet. Dette vurderes fx at være tilfældet ved Lundehusskolen, hvor der blev observeret en del vand på banen, men ikke noget i drænsystemet.

Efter flere forsøg lykkedes det at udtage følgende prøver fra kunstgræsbaner:

- Flowproportional prøve fra drænvandet fra en kunstgræsbane på Nandrupsvej på Frederiksberg i forbindelse med en nedbørshændelse natten mellem d. 15. og 16. april 2013
- Stikprøve fra en kunstgræsbane på Bagsværd Stadion d. 26. maj 2013.

En beskrivelse af banerne og prøvetagningen er givet i de følgende afsnit.

4.1.1 Nandrupsvej Idrætsanlæg

Ved Nandrupsvej Idrætsanlæg er der i juni 2010 etableret en 3. generations kunstgræsbane på 4.608 m² med følgende opbygning nedefra:

- Dræn-strengene etableret med 5 meters afstand i filtergrus under råjordsplanum
- 30 cm Bundsikringsgrus
- 15 cm Stabilgrus
- 3,5 cm gummipad af sort SBR gummi
- 4 cm kunstgræstæppe med infill af kvartssand og gråt industrigummi

Figur 4.1 Opbygning af kunstgræsbane ved Nandrupsvej Idrætsanlæg /20/.



Dræn-strengene er etableret med ca. 5 meters afstand i filtergrus under råjordsplanum. Drænvandet ledes til Renseanlæg Lynetten.

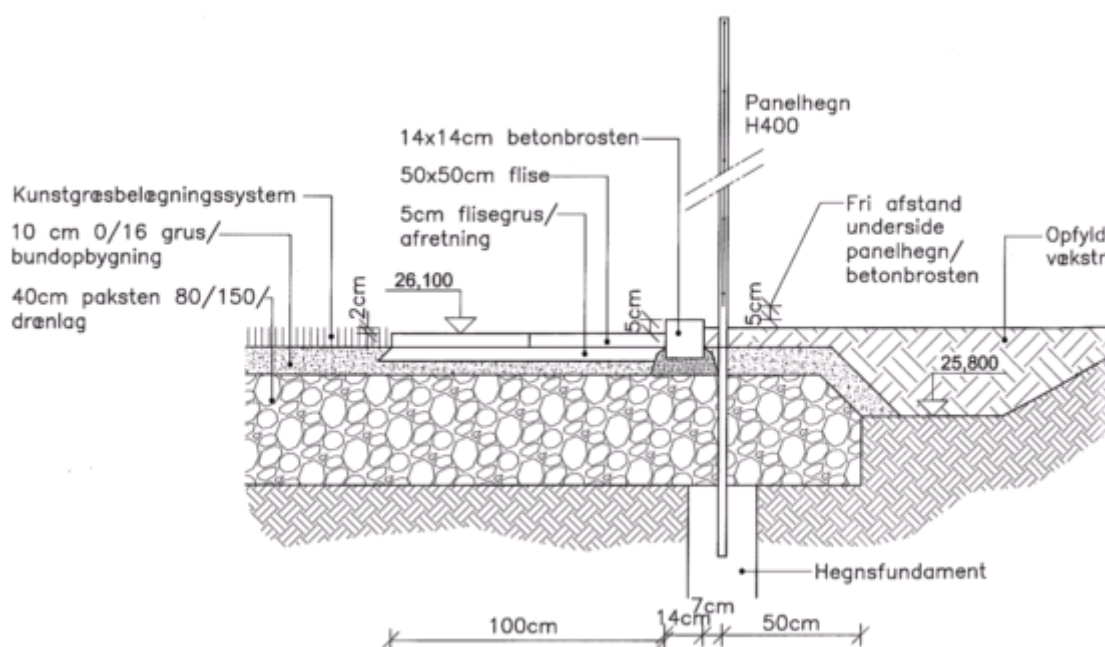
Flowmåling og prøvetagning er foretaget i en Ø1000 mm betonbrønd på den eksisterende regnvandsledning. Der blev målt på tilledningen fra kunstgræsbanen. Drænvandet har passeret en sandfangsbrønd inden prøvetagning.

4.1.2 Bagsværd Stadion

Den 11.500 m² store kunstgræsbane ved Bagsværd Stadion er etableret i 2010 og opbygget af følgende lag nedefra:

- 5 cm tyk pude i sandfyld
- Ca. 11.500 m² geomembran GSE HDPE (High Density Polyethylen) i 1 mm tykkelse. Membranen limes sammen, og der istøbes et udløb i 110 mm PVS rør, der forbindes til pumpebrønd
- 10 cm lag sandfyld
- Geotekstil PP AG 220g
- Ca. 30 cm pakstenslag afrettet i overflade med ca. 10 cm knust granit
- Geotekstil
- Kunstgræsbelægningssystemet med infill af sand (ca. 161 ton) og sort SBR (Murfitts 0825 granulated SBR rubber infill) (ca. 172,5 ton)

Figur 4.2 Opbygning af kunstgræsbane ved Bagsværd Stadion /19/.



Geomembranen (drænmåtte) forhindrer nedsivning af drænvand til grundvandet. Drænvandet ledes i stedet til Lundtofte Renseanlæg.

Prøvetagningen blev foretaget på tilledningen til pumpebrønden.

4.2 Prøvetagning

En oversigt over måleprogrammet på alle fire kunstgræsbaner er vist i Tabel 4.1 med beskrivelse af prøvetagningsbrønde, -metoder, -tidspunkter og nedbør samt bemærkninger til prøvetagningen.

I Bilag 0 er vist registreret nedbør i prøvetagningsperioden fra de nærmeste SVK-målere:

- SVK-måleren ved Landbohøjskolen (nr. 5730) ligger mindre end 1 km fra kunstgræsbanen ved Nandrupsvvej
- SVK-måleren ved Kgs. Enghave (nr. 5765) ligger mindre end 1 km fra Valby Idrætspark

- SVK-måleren ved Bispebjerg Hospital (nr. 5715) ligger ca. 250 m fra kunstgræsbanen på Lundehusskolen
- SVK-måleren ved Gladsaxe Søvej (nr. 5641) ligger ca. 500 m fra Bagsværd Stadion

4.3 Flowmålinger og nedbør

Flowmåler og prøvetagningsudstyr blev opsat i brønden ved Nandrupsvej d. 15/4/2013 kl. 22.00 til d. 16/4/2013 kl. 11.20. Der er i prøvetagningsperioden faldet ca. 4 mm nedbør. Nedbørshændelsen startede kl. ca. 19.50 d. 15/4/2013 og varede til kl. ca. 02.08 d. 16/4/2013. I alt blev der registreret 5,0 mm nedbør.

Flowmåleren har registreret et flow på i alt 2 m³ fra kl. ca. 04.50 til kl. 11.20 d. 16/4/2013, hvor udstyret blev nedtaget. Der løb stadig vand i drænrøret ved nedtagning af udstyret.

Der har således været en forsinkelse på ca. 9 timer fra nedbøren startede, til der blev registreret flow i drænrøret.

En figur over det registrerede flow er vist i Bilag 0.

Tabel 4.1 Måleprogram med beskrivelse af prøvetagningsbrønd, -metode, -tidspunkt og nedbør.

Kunstgræs-bane	Prøvetagningsbrønd	Prøvetagnings-metode	Dato	Nedbør	Bemærkninger
Nandrupsvej	Ø1000 mm betonbrønd på eksisterende regnvandsledning. Der måles på tilledningen fra kunstgræsbanen. Drænvandet har passeret en sandfangsbrønd inden prøvetagning.	Flowproportional	15/4/13 kl. 22.00-16/4/13 kl. 11.20	4 mm	Der blev udtaget ca. 8 liter. Ved opsætning af udstyr d. 15. april kl. 22.00 løber der lidt vand i drænrøret. Ved nedtagning d. 16. april kl. 11.20 løber der mere vand, trods tørvejr.
Valby Idrætspark	Ø600 mm brønd i hjørnet mellem de to baner. Afleder alt drænvand fra de to baner, undtagen ca. 1/5 af den østlige bane. Der måles på den nordlige tilledning (Ø113/126 mm ledning).	Flowproportional	15/4/13 kl. 21.30-16/4/13 kl. 10.50 22/4/13 kl. 14.00-23/4/13 kl. 14.00 25/4/13 kl. 12.00-26/4/13 kl. 12.00	7 mm 2 mm 5 mm	Flowmåleren har ikke registreret flow i perioden. Der blev ikke observeret vand i prøvetagningsbrønden, drænledningen og den efterfølgende brønd i prøvetagningsperioden.
Lundehus-skolen	Ø315 spulebrønd i hjørnet ud mod Lersø Parkallé. Brønden afleder drænvand fra hele banen.	Stikprøve	19/5/13 22/5/13	10 mm 15 mm	Prøvetager observerede ikke vand i tilløb til brønd kl. 11.30 på trods af kraftig regn hele morgenen. Nedbørshændelsen næsten slut, da prøvetageren ankom. Prøvetager observerede ikke vand i tilløb til brønd kl. ca. 14.00 og heller ikke kl. ca. 15.30-16.00 samme dag. Prøvetager observerede store vandpytter på banen.
Bagsværd Stadion	Tilledning til pumpebrønd	Stikprøve	26/5/13 kl. 17.35-18.05	10 mm	Udtagning af ca. 650 ml delprøve pr. 2. minut svarende til ca. 10 liter i alt.

4.4 Analyseparametre

I Tabel 4.2 er vist en oversigt over alle analyseparametre for de to prøver fra Nandrupvej og Bagsværd Stadion, inkl. analysemetode, detektionsgrænse og usikkerhed.

Tabel 4.2 Analyseparametre, inkl. analysemetode, detektionsgrænse og usikkerhed (i.o.= ikke oplyst).

Parameter	Enhed	Analysemetode	Detektionsgrænse	Um (%)
Suspenderet stof	mg/l	EN 872	0,5	20
Chlorid	mg/l	SM 17. ed. 4500-Cl (E)	1,0	10
Sulfat	mg/l	SM 17. ed. 4500-SO ₄ (E)	0,5	10
Total P	mg/l	EN ISO 6878 Skalar	0,005	10
Total N	mg/l	EN ISO 11905 auto mod. Skalar	0,05	20
COD	mg/l	DIN 38409-H41	15	28
Metaller				
Bly filt.	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	0,5	30
Cadmium filt.	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	0,05	30
Zink filt.	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	5	30
Kobolt filt.	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	1	30
Krom VI filt.	µg/l	HPLC-PCR-VIS	1	20
Krom III filt.	µg/l	Beregning	1	40
Kobber filt.	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	1	30
Nikkel filt.	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	1	30
Kviksølv filt.	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	0,05	30
Bly total	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	0,5	30
Cadmium total	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	0,05	30
Zink total	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	5	30
Kobolt total	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	0,5	30
Krom VI total	µg/l	IC/PCR/VIS	i.o.	i.o.
Krom III total	µg/l	Beregning	1	40
Kobber total	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	1	30
Nikkel total	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS	1	30
Kviksølv total	µg/l	ISO 17294m:2005 ICP/MS		
Antioxidanter og -ozonanter				
Nonylphenoler	µg/l	Internal method 0250 GC/MS	0,05	30
Nonylphenolmonoethoxylat	µg/l	Internal method 0250 GC/MS	0,05	30
Nonylphenoldiethoxylat	µg/l	Internal method 0250 GC/MS	0,05	30
Octylphenol	µg/l	Internal method 0250 GC/MS	0,1	40
Bisphenol A	µg/l	Internal method 2233 GC/MS	0,01	30
Cyclohexylamin	µg/l	Internal Method HPLC/MS/MS	20	i.o.
Blødgørere				
Diethylhexylphthalat, DEHP	µg/l	Internal method 0250 GC/MS	0,1	24
Dibutylphthalat, DBP	µg/l	Internal method 0250 GC/MS	0,5	24
Diethylphthalat, DEP	µg/l	Internal method 0250 GC/MS	0,1	24
Benzylbutylphthalat, BBP	µg/l	Internal method 0250 GC/MS	0,1	24
Dicyclohexylphthalat, DCHP	µg/l	Own method (GCMS) GC/MS	0,1	24
Diisobutylphthalat, DIBP	µg/l	Internal method 0250 GC/MS	0,1	24

Følgende stoffer var udvalgt som analyseparametre på baggrund af Miljøstyrelsens kortlægningsrapport om kunstgræsbaner /1/, men kunne ikke analyseres som standardparametre af analyselaboratorierne:

- 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)phenol
- N-cyclohexyl-cyclohexanamin
- 6-PPD
- Bis-(2.2.6.6-tetramethyl-4-piperidiny)sebacat

4.5 Analyseresultater

Analyseresultaterne fra den flowproportionale prøve fra Nandrupsvvej d. 16-17. april 2013 og stikprøven d. 26. maj 2013 fra Bagsværd Stadion er vist i Tabel 4.3 sammen med analyseresultater fra tidligere prøver på de to baner i forbindelse med egenkontrollen på banerne. Analyserapporter er vist i Bilag D.

Der er god overensstemmelse mellem analyseresultaterne fra prøverne fra Nandrupsvvej og Bagsværd Stadion udtaget i forbindelse med dette projekt og de tidligere analyseresultater fra de to baner.

Kun koncentrationen af DEHP i prøven fra d.16-17. april 2013 fra banen på Nandrupsvvej på 30 µg/l lå væsentlig over de tidligere målte koncentrationer af DEHP på 0,28-1,1 µg/l i drænvandet. Årsagen til den højere koncentration af DEHP i prøven fra d. 16-17. april 2013 kan ligge i prøvetagningsmetoden. De tidligere prøver af drænvandet fra Nandrupsvvej fra perioden d. 24. september 2010 til d. 26. februar 2013 er udtaget som stikprøver, mens prøven fra d. 16-17. april 2013 er udtaget som flowproportional prøve.

Resultaterne er vurderet i forhold til grænseværdier for afledning til kloak, miljøkvalitetskrav for ferske og marine vandområder samt grundvandskvalitetskriterier i Kapitel 5.

Tabel 4.3 Analyseresultater for prøver af drænvand fra Nandrupsvvej og Bagsværd Stadion. Prøven fra d. 16-17/4/13 på Nandrupsvvej er udtaget flowproportionalt. De øvrige prøver er udtaget som stikprøver. Prøven d. 16-17/4/13 fra Nandrupsvvej og d. 26/5/13 fra Bagsværd Stadion er udtaget i forbindelse med dette projekt. De øvrige prøver er udtaget i forbindelse med banernes egenkontrol.

		Nandrupsvvej					Bagsværd Stadion				
Dato		24/9/10	08/2/11	23/2/12	26/2/13	16-17/4/13	12/3/12	18/9/12	18/9/12	27/2/13	26/5/13
Suspenderet stof	mg/l	4,6	9,5	28	54	6,5					0,8
Sulfat	mg/l					84					22
Chlorid	mg/l	5,2	7.700	4.000	6.600	9.100	2.800	92	88	1.500	1.600
COD	mg/l					20					31
Total-N	mg/l					3,6					3,6
Total-P	mg/l					0,23					0,045
Kobber	µg/l					1,7					12
Kobber filt.	µg/l					<1,0					11
Nikkel	µg/l					2,2					1,7
Nikkel filt.	µg/l					1,3					2,1
Zink	µg/l	7,7	5,2	<5,0	24	<5,0	7,1	<0,5	<0,5	3,9	<5,0
Zink filt.	µg/l					<5,0					<5,0
Bly	µg/l					<0,5					2,1
Bly filt.	µg/l					<0,5					<0,5
Cadmium	µg/l					0,43					<0,05
Cadmium filt.	µg/l					0,39					<0,05
Chrom	µg/l					4,4					57
Chrom III filt.	µg/l					2,8					56
Chrom VI	µg/l					2,0					1,3
Chrom VI filt.	µg/l					<1,0					1,0
Kviksølv	µg/l					0,25					0,57
Kviksølv filt.	µg/l					0,09					<0,05
Cobolt	µg/l					<0,5					0,72
Cobolt filt.	µg/l					<0,5					0,66
Nonylphenoler	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<1,0	<1,0	<1,0	0,15	0,05
NP monoethoxylat	µg/l	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	<0,05					<0,05
NP diethoxylat	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1					<0,1
Octylphenol	µg/l					<0,1					<0,1
OP monoethoxylat	µg/l					<0,1					<0,5
OP diethoxylat	µg/l					<0,1					<0,2
Bisphenol A	µg/l					<0,01					0,03
DEHP	µg/l	0,28	1,1	0,87	0,77	30	<0,1	<0,1	<0,1	0,18	<0,1
DBP	µg/l	<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	<0,5	0,32	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
BBP	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
DNOP	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
DEP	µg/l	0,24	<0,2	<0,2	<0,2	0,31	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2
DEHA	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1					<0,1
Di(isononyl)phthalat	µg/l	<0,3	0,36	<0,1	<0,3	<0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,3
Dicyclohexylphthalat	µg/l					<1,0					<0,05
Cyclohexylamin	µg/l					<20					<50

5 Vurdering af analyseresultater fra kunstgræsbaner i Danmark

I Tabel 5.1-Tabel 5.7 er vist oversigter over de målte koncentrationer af henholdsvis almindelige spildevandsparametre, metaller, PAH, phenoler, phthalater samt kulbrinter og flygtige stoffer i drænvand fra kunstgræsbaner.

Det er valgt at opdele koncentrationerne i tabellerne efter de forskellige typer af infill – henholdsvis sand (intet gummigranulat), kork/kokos, grønt industrigummi (TPE), gråt industrigummi og sort SBR (genanvendte bildæk). Det vurderes, at typen af infill materiale har den største indflydelse på koncentrationerne af miljøskadelige stoffer. Det kan dog ikke afvises, at typen af kunstgræs, drænmåtte og lim også har en indflydelse på koncentrationerne af de miljøskadelige stoffer. Typisk er kunstgræsset lavet af polyethylen (PE), men der kan være tilsat forskellige additiver.

I tabellerne er minimum-, maksimum- og middelværdier for de målte koncentrationer i drænvand fra kunstgræsbanerne angivet sammen med miljøkvalitetskrav for marint og ferskt overfladevand, grænseværdier for afledning til kloak samt grundvandskvalitetskriterier. Værdier under detektionsgrænsen er markeret med <.

Alle analyseresultater er samlet i et elektronisk bilag (MS Excel) vedlagt rapporten.

5.1 Usikkerheder

Udover en enkelt flowproportional prøve udtaget i forbindelse med dette projekt (fra Nandrupsvvej) er alle prøver udtaget som stikprøver, hvilket kun giver et øjebliksbillede af koncentrationen og derfor kan betyde større variationer i koncentrationerne fra de enkelte baner. Der foreligger samtidig ingen oplysninger om de præcise forhold ved prøvetagningerne (fx prøvetagningsmetode og –brønd), hvilket gør det vanskeligt at vurdere usikkerhederne omkring prøvetagning og analyser.

Dog kan der være en fordel i, at en stor del af prøverne er udtaget af samme prøvetager ved Højvang Laboratorium, som har oplyst, at prøverne så vidt muligt er udtaget under fritfaldende vandstråle i forbindelse med nedbør. Analyserne er enten analyseret hos Højvang Laboratorium eller Eurofins.

Der findes kun kontinuerlige prøvetagninger over 2 år eller mere for meget få baner, hvilket giver et spinkelt grundlag for konklusioner i forhold til udviklingen i koncentrationerne over tid.

Der foreligger ikke registreringer af saltning og opfyld med nyt infill inden prøvetagningerne, hvorfor det ikke er muligt at vurdere, hvorvidt dette har en effekt på koncentrationerne målt i drænvandet.

5.2 Vurdering af analyseresultater i forhold til miljøkvalitetskrav og grænseværdier for afledning

Koncentrationerne af miljø- og sundhedsskadelige stoffer i drænvand fra kunstgræsbaner er i nedenstående afsnit kort vurderet i forhold til:

- Afledning til renseanlæg
- Udledning til marine vandområder
- Udledning til ferske vandområder
- Nedsivning

Med hensyn til afledning af drænvandet til renseanlæg er de målte koncentrationer vurderet i forhold til Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier for afledning til kloak i Tilslutningsvejledningen /2/ samt beregnede grænseværdier på baggrund af miljøkvalitetskrav for marine vandområder i Bekendtgørelse nr. 1022 /3/ efter samme princip som angivet i Tilslutningsvejledningen.

I forhold til udledning af drænvand til marine og ferske vandområder er det valgt at sammenholde de målte koncentrationer med miljøkvalitetskrav for marine og ferske vandområder fra Bekendtgørelse nr. 1022 /3/, grænseværdier for udledning fra renseanlæg i Spildevandsbekendtgørelsen samt kvalitetskrav fastsat af kommuner i forskellige udledningstilladelser for de almindelige spildevandsparametre. Der er ikke taget hensyn til fortynding i vurderingerne, da dette vil afhænge af de konkrete forhold i hvert enkelt tilfælde.

Vurdering af risici ved nedsivning af drænvand har ikke været fokus for denne rapport, men det er valgt at medtage en kort vurdering af koncentrationerne af miljø- og sundhedsskadelige stoffer i forhold til grundvandskvalitetskriterier /25/ og drikkevandskvalitetskrav (for de stoffer, hvor der ikke findes grundvandskvalitetskriterier) /4/. Bortskaffelse af drænvand fra kunstgræsbaner ved nedsivning er interessant i forhold til at begrænse tilledningen af regn- og drænvand til renseanlæg og kloaksystemer i situationer med megen regn og risiko for overbelastning af systemet. Mange kommuner har desuden et mål i deres klimatilpasningsstrategier om at få en procentandel af regnvandet væk fra kloakken.

Der er i vurderingerne sammenlignet direkte med grundvandskvalitetskriterierne, og faktorer som fordampning, sedimentation, sorption, nedbrydning, dispersion m.m. er således ikke medtaget i vurderingerne. For yderligere diskussion af risiciene ved nedsivning af overfladeafstrømning kan henvises til /21/.

Det vil altid være nødvendigt med en konkret vurdering i de enkelte tilfælde, og nedenstående vurderinger kan således kun give en indikation af, hvorvidt der kan være miljø- og sundhedsskadelige stoffer i drænvandet fra kunstgræsbaner, som kan give anledning til overskridelse af miljøkvalitetskrav i forbindelse med afledning til renseanlæg, udledning til vandområder og nedsivning.

5.2.1 Almindelige spildevandsparametre

I Tabel 5.1 er vist middel-, minimum- og maksimumværdier af almindelige organiske og uorganiske spildevandsparametre i drænvand fra kunstgræsbaner med henholdsvis kvartssand (intet gummigranulat), gråt industrigummi og sort SBR.

Der er ingen målinger for almindelige spildevandsparametre i drænvand fra kunstgræsbaner med grønt industrigummi (TPE). Temperatur og pH er målt i én enkelt prøve fra en kunstgræsbane med infill af kvartssand (uden gummigranulat) til henholdsvis 11,2 °C og pH 7,9.

Afledning til renseanlæg

Af de almindelige spildevandsparametre er det kun koncentrationen af klorid i drænvandet, som i forhold til afledning til kloak kan give anledning til overskridelser af Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier.

Det ses af Tabel 5.1, at klorid-koncentrationen i drænvandet kan variere fra 1 mg/l til 20.000 mg/l, hvilket er væsentlig mere end kommunernes miljøkvalitetskriterier for ferske vandområder (0,5-40 mg/l) og Miljøstyrelsens grænseværdi for afledning til kloak (1.000 µg/l).

De målte koncentrationer af klorid på mere end 2.800 mg/l er alle målt i drænvand fra kunstgræsbaner på Frederiksberg. Her er der målt mellem 5,2 mg/l og 20.000 mg/l med en middelværdi på 5.560 mg/l. De højere klorid-koncentrationer i drænvandet fra banerne på Frederiksberg skyldes, at der på grund af pladmangel ikke er mulighed for at rydde banerne for

sne mekanisk (ingen oplagsplads til sne) og der derfor udelukkende anvendes salt til sne- og isrydning.

Grænseværdien for afledning til kloak er fastsat af hensyn til forebyggelse af korrosion af kloakken og beskyttelse af renseanlæggets processer. Som tidligere nævnt i Afsnit 2.2.3 kan grænseværdien på 1.000 mg/l afviges, hvis årsagen er velbegrundet.

Grænseværdien for klorid ved afledning til kloak vil sandsynligvis ikke kunne overholdes i tilfælde af, at banerne saltes i vinterhalvåret. Det er dog værd at tage i betragtning, at overfladevand fra kommunale pladser og veje også ledes til kloak i saltningsperioden. Den typiske maksimale klorid-koncentration i vejvand er ifølge Orbicon 2.500 mg/l /21/.

I Miljøstyrelsens Tilslutningsvejledning anbefales det, at der ved større afvigelser fra grænseværdien på fx 4-5.000 mg/l sker jævnlig inspektion af kloakledningens tilstand. Periodevis afledning af drænvand fra kunstgræsbaner med en klorid-koncentration på mindre end 2.500 mg/l vurderes generelt ikke at have betydning for koncentrationen af klorid i tilledningen til renseanlæg afhængigt af de lokale forhold.

Forsøg med saltningspraksis på de enkelte baner må afklare, hvorvidt grænseværdien kan overholdes ved fx våd saltning og begrænsning af den anvendte mængde salt.

Udledning til marine og ferske vandområder

I forhold til udledning af drænvand til marine og ferske vandområder er koncentrationen af COD (990 mg/l) og BOD (640 mg/l) i en enkelt prøve fra en kunstgræsbane med infill af kork/kokos målt over udledningskravene på 75 mg/l COD og 15 mg/l BOD fastsat for renseanlæg i Spildevandsbekendtgørelsen for marine og ferske vandområder, jf. Tabel 5.1.

De høje koncentrationer af COD og BOD er målt i én enkelt prøve fra december efter anvendelse af et organisk tømiddel baseret på kaliumacetat. COD/BOD-forholdet på 1,5 indikerer, at det er et let nedbrydeligt stof. Ud over den enkelte prøve er BOD-koncentrationen ≤ 15 mg/l i alle prøver.

I forhold til udledning af drænvand fra kunstgræsbaner til ferske vandområder viser de eksisterende målinger i Tabel 5.1, at der foruden klorid, COD og til en vis grad BOD vil være risiko for, at koncentrationen af sulfat, total-N og total-P kan overskride udlednings- og vandkvalitetskrav afhængigt af de lokale forhold som vandområdets følsomhed, samlede belastning og fortyndingen.

Nedsivning

Af de almindelige spildevandsparametre er det kun koncentrationen af klorid i drænvandet fra kunstgræsbaner i vinterhalvåret, som umiddelbart kan give anledning til en overkoncentration i forhold til drikkevandskravet på 250 mg/l ved nedsivning af drænvandet. Risikoen for grundvandsmagasinet ved nedsivning af vejvand indeholdende klorid fra vejsalt er beskrevet i /21/ og /22/. Rapporterne konkluderer, at der med den eksisterende saltningspraksis i 2009/2012 er risiko for, at grundvandets kloridindhold på længere sigt vil overskride drikkevandskravet i tætbebyggede områder, hvis nedsivning af vejvand bliver praksis. Nedsivning af drænvand fra kunstgræsbaner med klorid-koncentrationer på op til 20.000 mg/l vil derved kunne forventes at bidrage til grundvandets indhold af salt.

Tabel 5.1 Middel-, minimum- og maksimumværdier af almindelige organiske og uorganiske spildevandsparametre i drænvand fra kunstgræsbaner med infill af kork/kokos, grønt industrigummi (TPE), gråt industrigummi og sort SBR (bildæk) i Danmark. Til sammenligning er angivet miljøkvalitetskrav for marine og ferske vandområder /3/, grænseværdier for afledning til kloak /2/ samt kvalitetskrav til drikkevand ved afgang fra vandværk /4/. I parentes er angivet antal prøver under detektionsgrænsen. Halvdelen af detektionsgrænsen er anvendt i beregning af middelværdier for prøver under detektionsgrænsen.

Parameter	Enheden	Kork/kokos				Gråt industrigummi				Sort SBR				MKK Marin	MKK Fersk	GV Kloak	VKK Grundvand
		Antal prøver	Mid	Min	Max	Antal prøver	Mid	Min	Max	Antal prøver	Mid	Min	Max				
Temperatur	°C					6	7,7	2,6	16	17	12	3,9	16			<50	
pH		3 (0)	8,3	7,4	9,2	21	7,8	6,2	9,2	22	7,5	6,7	8,5		6,5-9,0 ¹⁾	6,5-9,0	7-8,5
SS	mg/l	3 (0)	5,6	4	8	6 (0)	18	4,6	54	17 (0)	26	1,6	250	300 ²⁾	25 ²⁾	500	
Sulfat	mg/l	3 (0)	17	2,5	43	13 (0)	64	27	150	12 (0)	64	7,9	240	500 ²⁾	40 ²⁾	500	250
Klorid	mg/l	3 (0)	24	5,4	58	23 (0)	5.560	5,2	20.000	20 (0)	414	1	2.800		0,5-40 ²⁾	1.000	250
BOD	mg/l	3 (2)	214	<3	640*	1 (1)	<2	<2	<2	12 (5)	4,8	<2	15	15 ⁵⁾	3 ²⁾ / 15 ¹⁾		
COD	mg/l	3 (0)	353	20	990*	2 (0)	39	20	58	16 (2)	77	3 (<30)	270	75 ⁵⁾	30 ²⁾ / 75 ¹⁾		
Total-N	mg/l	3 (0)	0,69	0,38	1,2	2 (0)	3,3	3,0	3,6	6 (0)	3,5	1,4	7,5	8 ⁵⁾	1 / 8 ¹⁾		50 ³⁾
Total-P	mg/l	3 (0)	0,27	0,035	0,63	1 (0)	0,23	0,23	0,23	4 (0)	0,61	0,32	1,5	1,5 ⁵⁾	0,06-0,15 ²⁾ / 1,5 ¹⁾		0,15

¹⁾ Spildevandsbekendtgørelsen. Kravet gælder udledning fra renseanlæg

²⁾ Kravværdi fra tilladelser

³⁾ Vandkvalitetskrav for nitrat (NO₃)

* De høje værdier for BOD og COD i en enkelt prøve skyldes anvendelsen af et tømiddel baseret på kaliumacetat inden prøvetagningen

5.2.2 Metaller

I Tabel 5.3 er vist middel-, minimum- og maksimumværdier af total og opløst metal i drænvand fra kunstgræsbaner med henholdsvis kork/kokos, grønt TPE, gråt industrigummi og sort SBR. Der er ingen målinger for metaller i drænvand fra kunstgræsbaner med kvartssand uden gummi-infill.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at miljøkvalitetskravene for metaller i marine og ferske vandområder er angivet som opløst metal (filtreret), da denne fraktion er biotilgængelig. Koncentrationerne i drænvand er ofte analyseret som totalt metal. Koncentrationerne kan i disse tilfælde ikke sammenlignes direkte. Der er generelt få målinger af opløst metal i drænvand fra kunstgræsbaner.

I Tabel 5.2 er vist resultater fra to prøver af drænvand, hvor både koncentrationen af opløst og totalt metal er analyseret. I tabellen er angivet, hvor stor en procentandel af metallerne, der forekommer som opløst metal. Andelen vil afhænge af de lokale forhold såsom pH og koncentrationen af suspenderet stof i drænvandet. Prøven fra banen på Nandrupsvvej er udtaget efter, at drænvandet har passeret en sandfangsbrønd.

Tabel 5.2 Koncentrationer (µg/l) af opløst og totalt metal i drænvand fra henholdsvis Nandrupsvvej (gråt industrigummi) og Bagsværd Stadion (sort SBR). Procentandelen af opløst metal er angivet for hvert metal.

Metal (µg/l)	Gråt industrigummi - Nandrupsvvej			Sort SBR - Bagsværd Stadion		
	Opløst	Total	Opløst andel (%)	Opløst	Total	Opløst andel (%)
Kobber	<1	1,7	<59	11	12	92
Nikkel	1,3	2,2	59	1,7	2,1	81
Zink	<5	<5	-	<5	<5	-
Bly	<0,5	<0,5	-	<0,5	2,1	<24
Cadmium	0,39	0,43	90	<0,05	<0,05	-
Krom	2,8	4,4	64	56	57	98
Krom III	2,4	2,8	86	56	56	100
Krom VI	<1,0	2,00	<50	1,0	1,3	77
Kviksølv	0,09	0,25	36	<0,05	0,57	<9
Kobolt	<0,5	<0,5	-	0,66	0,72	92

For de fleste metaller viser resultaterne fra de to prøver i Tabel 5.2, at andelen af den opløste fraktion af metallerne er større end 50 %. Kun kviksølv og bly forekommer primært på partikulært bundet form (< 36% på opløst form) i de to prøver. Det giver sig også udslag i prøven fra Nandrupsvvej, hvor koncentrationen af totalt bly er mindre end detektionsgrænsen på 0,5 µg/l, og andelen af opløst kviksølv er større i denne prøve (36%) end i prøven fra Bagsværd Stadion (<9%).

Tabel 5.3 Middel-, minimum- og maksimumværdier af totalt og opløst metal i drænvand fra kunstgræsbaner med infill af kork/kokos, grønt industrigummi (TPE), gråt industrigummi og sort SBR (bildæk) i Danmark. Til sammenligning er angivet miljøkvalitetskrav for marine og ferske vandområder /3/, grænseværdier for afledning til kloak /2/ samt grundvandskvalitetskriterier /25/. I parentes er angivet antal prøver under detektionsgrænsen. Halvdelen af detektionsgrænsen er anvendt i beregning af middelværdier for prøver under detektionsgrænsen.

µg/l	Kork/kokos				Grønt TPE		Gråt industrigummi				Sort SBR				MKK Marin	MKK Fersk	GV Kloak	VKK Grundvand
Parameter	Antal prøver	Mid	Min	Max	Antal prøver	Mid	Antal prøver	Mid	Min	Max	Antal prøver	Mid	Min	Max				
Cu	3 (0)	12	2,5	18			2 (0)	5,1	1,7	8,4	12 (2)	4,5	<0,1	12			100	100
Cu opløst							1 (1)	-	<1,0	<1,0	1 (0)	11	11	11	1 (2,9) ¹⁾	1 (12) ¹⁾		
Ni	3 (1)	4,0	<0,1	6,3			2 (0)	4,4	2,2	6,5	12 (2)	8,5	<0,1	24			250	10
Ni opløst							1 (0)	1,3	1,3	1,3	1 (0)	2,1	2,1	2,1	0,23 (3) ¹⁾	2,3 (3) ¹⁾		
Zn	3 (0)	96	88	109	1 (0)	88	25 (4)	39	<5,0	250	26 (3)	84	<0,5	930			3.000	100
Zn opløst					1 (0)	7,0	1 (1)	-	<5,0	<5,0	2 (0)	12	2,5	22	7,8 ¹⁾	7,8 (3,1) ²⁾		
Pb	3 (1)	0,82	<0,1	1,5	1 (0)	8,8	15 (5)	5,0	<0,5	53	9 (2)	4,4	<0,1	35			100	1
Pb opløst					1 (0)	0,2	1 (1)	-	<0,5	<0,5	2 (1)	-	<0,5	0,3	0,34 ¹⁾	0,34 ¹⁾		
Cd	3 (0)	0,026	0,014	0,044	1 (0)	0,175	3 (0)	0,21	0,086	0,43	7 (1)	0,059	<0,05	0,28			3	0,5
Cd opløst					1 (0)	0,011	1 (0)	0,39	0,39	0,39	2 (1)	0,30	<0,05	0,57	0,2 ¹⁾	0,08-0,25 ³⁾		
Cr	3 (0)	3,0	2,7	3,4	1 (0)	7,0	3 (0)	4,3	1,0	7,5	7 (1)	12	<0,04	57			300	25
Cr III opløst					1 (0)	0,8	1 (0)	2,8	2,8	2,8	2 (1)	28	0,7	56	3,4 ⁴⁾	4,9 ⁴⁾		
Cr VI					1 (1)	<1	1 (0)	2,0	2,0	2,0	3 (2)	0,77	<1,0	1,3				1
Cr VI opløst							1 (1)	-	<1,0	<1,0	1 (0)	1,0	1,0	1,0	3,4 ⁴⁾	3,4 ⁴⁾		
Hg	3 (3)	-	<0,05	<0,05	2 (2)	-	3 (2)	0,15	<0,2	0,25	8 (7)	0,12	<0,05	0,57			3	0,1
Hg opløst							1 (0)	0,09	0,09	0,09	1 (1)	-	<0,05	<0,05	0,05 ¹⁾	0,05 ¹⁾		
Co	3 (2)	0,3	<0,4	0,5			2 (1)	1,4	<0,5	2,6	3 (0)	0,41	0,20	0,72				5 ⁵⁾
Co opløst							1 (1)	-	<0,5	<0,5	1 (0)	0,66	0,66	0,66	0,28 ¹⁾	0,28 ¹⁾		
As	3 (0)	1,4	0,6	1,8			1 (0)	4,3	4,3	4,3	2 (0)	0,35	0,30	0,40	0,11 ¹⁾	4,3 ⁴⁾		8
V	3 (0)	3,7	1,2	6,7			1 (0)	9,1	9,1	9,1	2 (0)	2,7	0,80	4,6	4,1 ¹⁾	4,1 ¹⁾		
Se	3 (3)	-	<0,1	<0,1			1 (0)	0,30	0,30	0,30	2 (1)	0,33	<0,30	0,50				10 ⁵⁾
Tin	3 (3)	-	<2	<2			1 (1)	-	<10	<10	2 (2)	-	<10	<10				10 ⁵⁾

1) Opløst, tilføjet baggrundsværdi. Øvre værdi i parentes

2) Opløst, tilføjet baggrundskoncentration. Værdi i parentes gælder for blødt vand

3) Opløst, tilføjet baggrundsværdi. Afhængig af vandets hårdhedsgrad

4) Opløst

5) Drikkevandskvalitetskrav fra Drikkevandsbekendtgørelsen /4/

Afledning til renseanlæg

De målte koncentrationer af totalt og opløst metal i drænvand fra kunstgræsbaner giver ikke anledning til overskridelser af Miljøstyrelsens grænseværdier for afledning til offentlige renseanlæg i Tilslutningsvejledningen uafhængigt af typen af infill.

Udledning til marine og ferske vandområder

I forhold til udledning af drænvand til marine og ferske recipienter er der uden hensyntagen til fortynding i vandområdet observeret koncentrationer over vandkvalitetskravet for følgende metaller:

- **Zink:** Koncentrationen af opløst zink er analyseret i fire prøver. I en enkelt prøve er koncentrationen målt over kvalitetskravet for både marine (7,8 µg/l) og ferske (7,8 µg/l) vandområder i drænvand fra en bane med sort SBR (22 µg/l). Derudover er der målt koncentrationer af totalt zink over kvalitetskravet i prøver af drænvand fra kunstgræsbaner med infill af kork/kokos (109 µg/l), grønt TPE (88 µg/l), gråt industrigummi (250 µg/l) og sort SBR (930 µg/l).
- **Bly:** De målte koncentrationer af totalt og opløst bly indikerer, at bly primært er bundet til partikler. Koncentrationen af opløst bly er således i fire prøver fra baner med infill af grønt TPE, gråt industrigummi og sort SBR målt til under kvalitetskravet for marine (0,34 µg/l) og ferske (0,34 µg/l) vandområder. Dog er den maksimale koncentration af totalt bly i drænvand fra alle fire typer infill målt til over kvalitetskravet. De højeste koncentrationer af totalt bly er målt i drænvand fra baner med infill af gråt industrigummi (53 µg/l) og sort SBR (35 µg/l), og koncentrationerne er således ca. en faktor 155 og en faktor 100 over kvalitetskravene.
- **Kobber:** Koncentrationen af opløst kobber er analyseret i to prøver. I en enkelt prøve af drænvand fra en bane med sort SBR infill blev koncentrationen målt til 11 µg/l, hvilket ligger over kvalitetskravet for marine (1-2,9 µg/l) og ferske vandområder (1-12 µg/l), afhængigt af baggrundskoncentrationen i vandområdet. I prøven fra gråt industrigummi infill blev koncentrationen af opløst kobber ikke målt over detektionsgrænsen på 1,0 µg/l. Totalt kobber er i prøver af drænvand fra baner med infill af kork/kokos, gråt industrigummi og sort SBR målt i koncentrationer op til henholdsvis 18 µg/l, 8,4 µg/l og 12 µg/l, hvilket ligger over kvalitetskravet for både marine og ferske vandområder.
- **Cadmium:** I forhold til udledning af drænvand fra kunstgræsbaner til ferske vandområder er der målt koncentrationer af opløst cadmium på op til 0,39 µg/l i drænvand fra gråt industrigummi og op til 0,57 i drænvand fra sort SBR, hvilket overstiger kvalitetskravet på 0,08-0,25 µg/l.
- **Nikkel:** To prøver af drænvand fra henholdsvis en bane med gråt industrigummi og sort SBR infill er analyseret for opløst nikkel, og koncentrationerne på henholdsvis 1,3 µg/l og 2,1 µg/l lå i begge prøver over kvalitetskravet på 0,23 µg/l for marine vandområder. Andelen af den opløste fraktion var i begge prøver ca. 60-80 %. Hvis dette antages at være generelt for drænvand fra kunstgræsbaner, vil den opløste koncentration af nikkel ligge over kvalitetskravet for både marine og ferske vandområder i flere af de prøver, hvor der kun er analyseret totalt nikkel.
- **Kobolt:** Koncentrationen af opløst kobolt er analyseret i to prøver fra baner med henholdsvis gråt industrigummi (<0,5 µg/l) og sort SBR infill (0,66 µg/l). Kvalitetskravet for ferske og marine vandområder er 0,28 µg/l opløst kobolt. Otte prøver er analyseret for totalt kobber (0,2-2,6 µg/l). Den højeste koncentration af total kobolt er ca. ti gange over kvalitetskravet på 0,28 µg/l, mens de øvrige målte totale koncentrationer er mindre end en faktor 2,5 over kvalitetskravene.
- **Arsen:** Der er ikke analyseret opløst arsen i drænvand fra kunstgræsbaner. Koncentrationen af totalt arsen er analyseret i seks prøver fra kunstgræsbaner med infill af kork/kokos (0,6-1,8 µg/l), gråt industrigummi (4,3 µg/l) og sort SBR (0,3-0,4 µg/l), hvilket er mellem en faktor 3 og en faktor 40 over kvalitetskravet for marine vandområder (0,11 µg/l opløst arsen). Dog skal der tages hensyn til, at kravet er fastsat som opløst arsen, hvor baggrundskoncentrationen i vandområdet skal tilføjes. De målte koncentrationer ligger alle under kvalitetskravet for ferske vandområder (4,3 µg/l).

- **Krom:** I en enkelt prøve fra Bagsværd Stadion er der målt en koncentration af opløst krom på 56 µg/l, hvilket er en faktor 16 over vandkvalitetskravet for marine og ferske vandområder (3,4 µg/l). Der er dog ingen af de øvrige målte koncentrationer af totalt og opløst krom, som ligger over kvalitetskravet.

De målte koncentrationer af kviksølv, vanadium, selen og tin vurderes ikke at udgøre et problem i forhold til udledning til marine og ferske vandområder.

Datagrundlaget på de opløste fraktioner af metallerne er meget spinkelt og gør det vanskeligt at drage konklusioner på, hvor stor en del af metallerne der er biotilgængelig og dermed toksisk i vandområderne.

Resultaterne har vist, at de målte koncentrationer af både opløst og totalt metal kan variere meget mellem baner med det samme infill, men også mellem de enkelte prøver fra samme bane. Koncentrationerne vil formentlig afhænge af prøvetagningen og prøvetagningstidspunktet, den forudgående tørvejrperiode, regnintensiteten og saltning af banen.

Afhængigt af fortyndingen og de øvrige kilder til vandområdet vil drænvand fra kunstgræsbaner kunne forventes at bidrage til belastningen med især zink og bly og til dels også kobber, nikkel, cadmium, krom, kobolt og arsen.

Nedsivning

Sammenlignes de målte koncentrationer af metaller direkte med grundvandskvalitetskriterierne ligger de maksimale koncentrationer af nikkel (24 µg/l), zink (930 µg/l), bly (53 µg/l), krom (57 µg/l) og kviksølv (0,57 µg/l) over drikkevandskvalitetskravene, jf. Tabel 5.3.

Middelværdierne for nikkel, zink og krom ligger dog alle under kvalitetskravene, mens middelværdien for bly i drænvand fra en bane med grønt TPE (en enkelt prøve) og fra baner med gråt industrigummi (to ud af 15 prøver) ligger over kvalitetskravet. Middelværdien for kviksølv ligger desuden over grundvandskvalitetskriteriet på grund af koncentrationen i en enkelt prøve (ud af tre prøver) i drænvand fra en bane med gråt industrigummi og i en enkelt prøve (ud af otte prøver) i baner med sort SBR infill.

I /21/ konkluderes det i forbindelse med en vurdering af risikoen ved nedsivning af separatkloakeret regnvand, at metaller forventes enten at kunne fjernes direkte i filtermateriale og/eller i de allerøverste jordlag. Dog kan høje koncentrationer af Na⁺ fra saltning risikere at fordrive metaller fra lerminerale og derved øge deres mobilitet /21/.

Udvikling i koncentrationer over tid

For zink og bly foreligger der analyseresultater på koncentrationer i drænvand over flere år, der giver mulighed for at se på udviklingen i koncentrationen af metallerne i drænvand.

I Frederiksberg Kommune er koncentrationen af zink målt i drænvand fra to baner med gråt industrigummi infill i perioden april 2007-februar 2013. Begge baner er anlagt i slutningen af 2006. Udviklingen i koncentrationerne over tid er afbilledet i Figur 5.1.

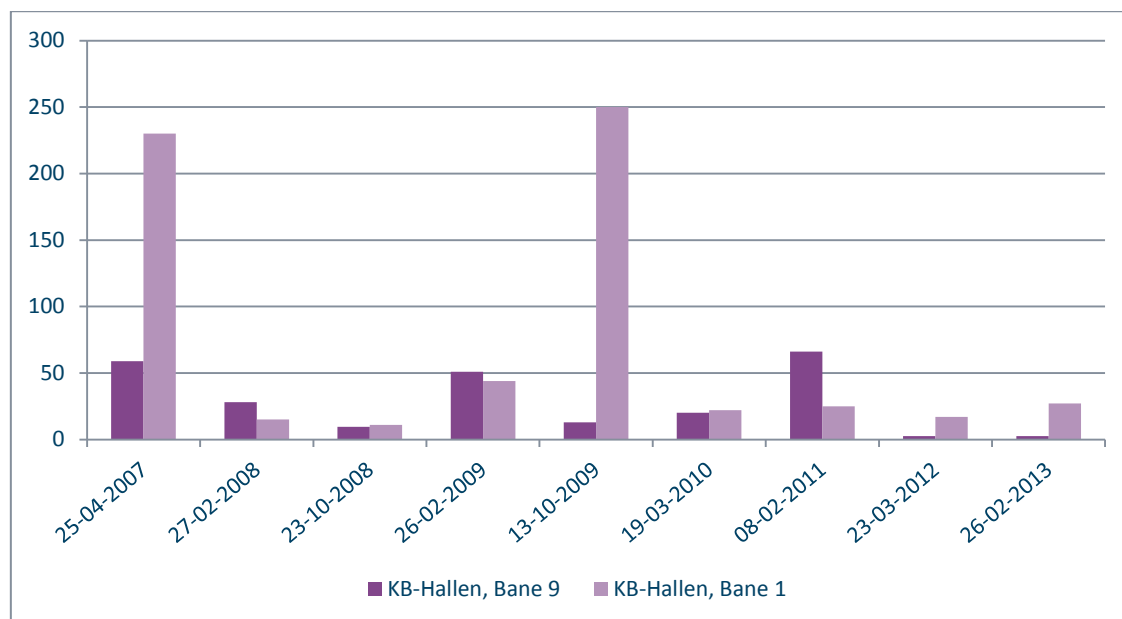
I Figur 5.2 er vist koncentrationen af zink målt i drænvand fra to baner med sort SBR infill i Skibby (august 2011-januar 2013) og Frederikssund (august 2011-januar 2013). Begge baner er anlagt i 2010.

Af Figur 5.1 fremgår, at koncentrationen af zink varierer fra år til år mellem 11-250 µg/l i drænvand fra bane 1 og <5-66 µg/l i drænvand fra Bane 9 ved KB-Hallen. Det samme gør sig gældende for banerne i Skibby og Frederikssund, hvor koncentrationerne varierer mellem henholdsvis 4-20 µg/l og 16-930 µg/l, jf. Figur 5.2.

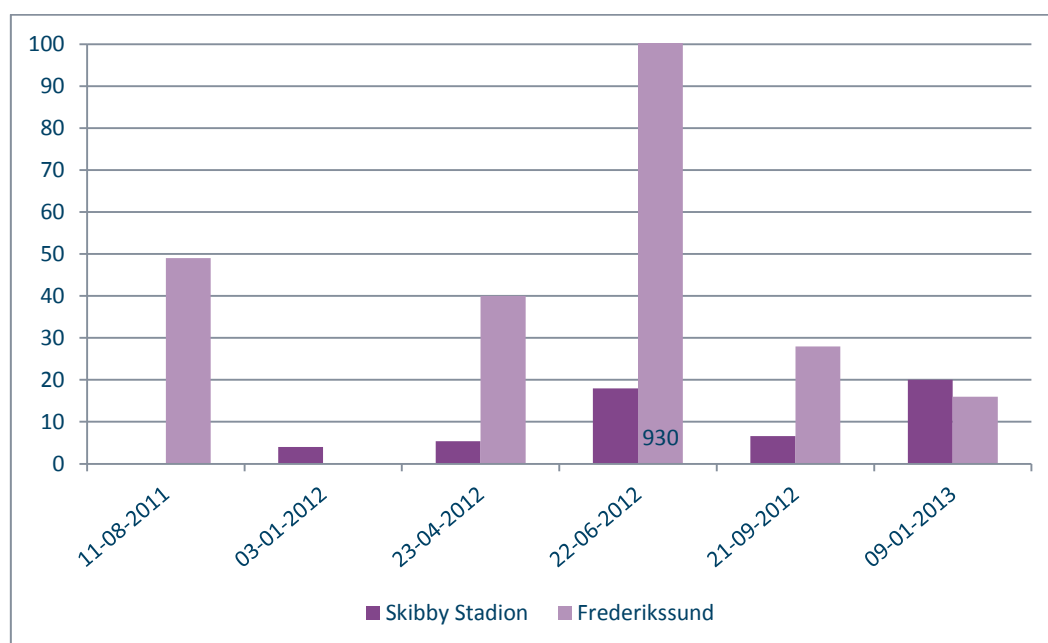
Der er ingen tydelig sammenhæng mellem banernes alder og koncentrationen af zink i drænvandet. Miljøstyrelsens kortlægningsrapport /1/ beskriver, at et hollandsk studie har peget

på, at der kan ske en forøget udvaskning af zink fra gummi infill som følge af ældning af gummiet, hvilket skulle gøre zink lettere tilgængeligt for udvaskning.

I Miljøstyrelsens kortlægningsrapport konkluderes det, at de hollandske resultater m.h.t. zinkudvaskning ikke kan genfindes i Miljøstyrelsens undersøgelse eller i de franske og schweiziske undersøgelser, som der refereres til i rapporten. Udvasningstest har endvidere vist det samme niveau af zink i kontaktvand i såvel nyt infill som det samme infill efter ca. 2 års drift. Dog er der tale om korttidsundersøgelser, hvor effekten af ældning af gummigranulat m.m. ikke kendes /1/.

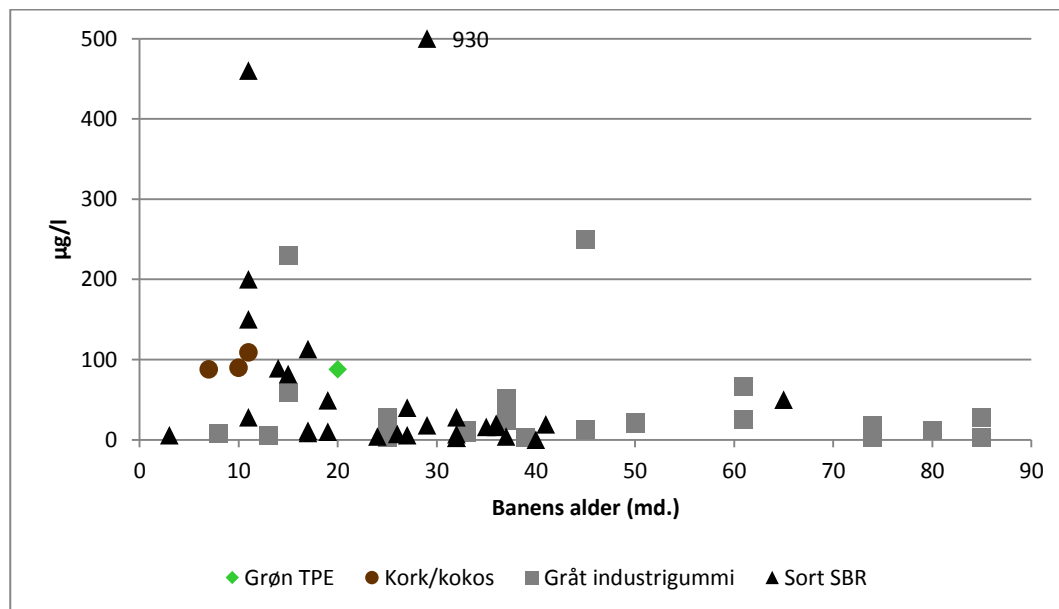


Figur 5.1 Koncentrationen (µg/l) af zink i drænvand fra to baner ved KB-Hallen på Frederiksberg med gråt industrigummi infill i perioden april 2007-februar 2013.



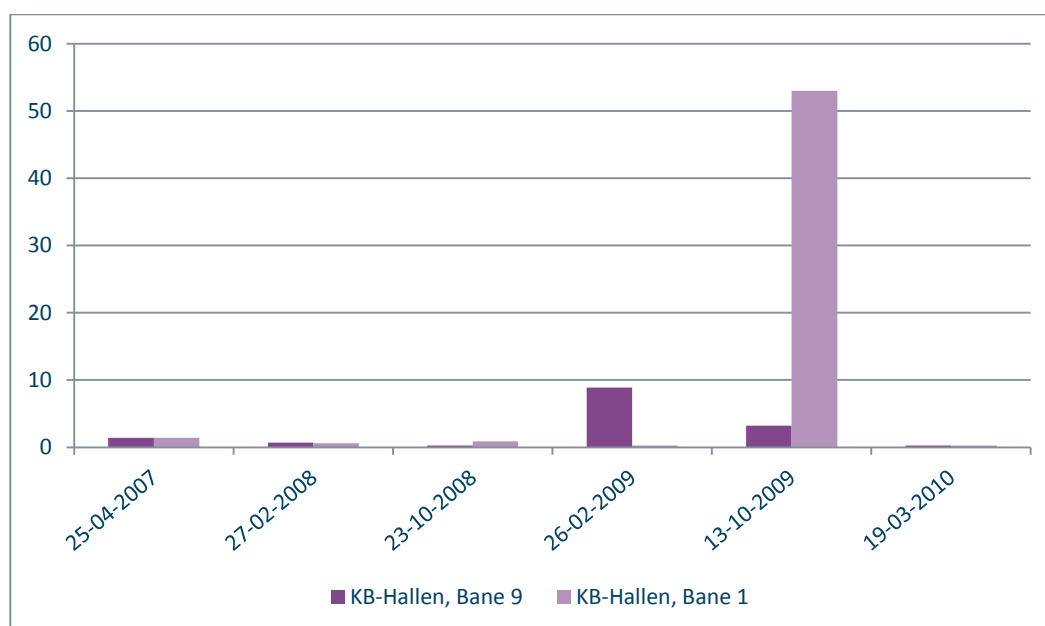
Figur 5.2 Koncentrationen (µg/l) af zink i drænvand fra to baner ved henholdsvis Skibby Stadion og Frederikssund med sort SBR infill i perioden august 2011 til januar 2013.

I Figur 5.3 er sammenhængen mellem banernes alder og koncentrationen af zink i drænvandet angivet for de enkelte typer af infill. Der kan ikke umiddelbart påvises en stigning i koncentrationen af zink ved øget alder af banerne. Tværtimod kan dataene indikere, at koncentrationen af zink er lavere i drænvand fra baner med en alder på 2-3 år eller mere end fra nyere baner.



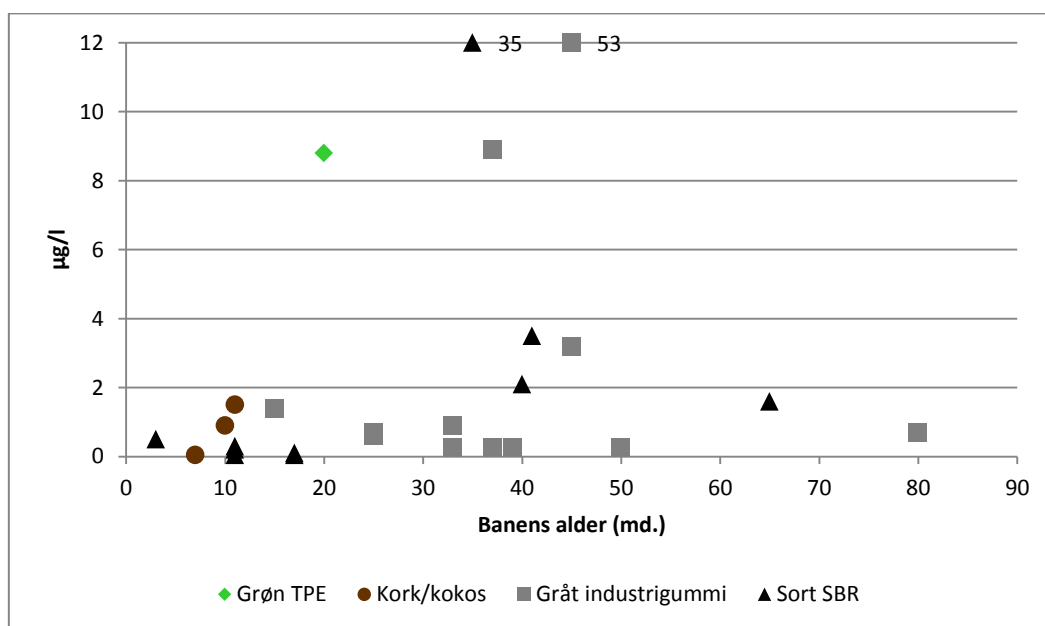
Figur 5.3 Sammenhæng mellem koncentrationen af zink (µg/l) i drænvand og banens alder (måneder). Der er nogen usikkerhed forbundet ved banernes alder, da den præcise anlægsmåned ikke er kendt og derfor er sat til januar det pågældende år for alle baner. Banernes alder kan derved fremstå som højere end reelt.

Koncentrationen af bly i drænvand fra to baner med infill af gråt industrigummi er målt i perioden april 2007-marts 2010, jf. Figur 5.4. Datagrundlaget er spinkelt i forhold til at kunne vurdere udviklingen i koncentrationen. Men i drænvandet fra de to baner med gråt industrigummi er der målt højere koncentrationer af bly efter tre års drift. Det efterfølgende år i 2010 er koncentrationen dog igen under detektionsgrænsen på 0,5 µg/l.



Figur 5.4 Koncentrationen ($\mu\text{g/l}$) af bly i drænvand fra to baner ved KB-Hallen på Frederiksberg med gråt industrigummi infill i perioden april 2007-marts 2010.

I Figur 5.5 er sammenhængen mellem banernes alder og koncentrationen af bly i drænvandet angivet for de enkelte typer af infill. For baner med gråt gummi infill og sort SBR infill er de højeste koncentrationer af bly ($> 2 \mu\text{g/l}$) målt i drænvand fra baner med en alder på 2,5-4 år. Datagrundlaget er dog spinkelt i forhold til at konkludere på en generel sammenhæng mellem bly-koncentrationen i drænvandet og alderen af banerne.



Figur 5.5 Sammenhæng mellem koncentrationen af bly ($\mu\text{g/l}$) i drænvand og banens alder (måneder). Der er nogen usikkerhed forbundet ved banernes alder, da den præcise anlægsmåned ikke er kendt og derfor er sat til januar det pågældende år for alle baner. Banernes alder kan derved fremstå som højere end reelt.

5.2.3 PAH

I Tabel 5.4 er vist middel-, minimum- og maksimumværdier for PAH i drænvand fra kunstgræsbaner med henholdsvis gråt industrigummi og sort SBR infill. To prøver fra en kunstgræsbane med grønt TPE er desuden analyseret for benzo(a)pyren til $<0,01 \mu\text{g/l}$ og $0,012 \mu\text{g/l}$. Der er ingen målinger for PAH i drænvand fra kunstgræsbaner med kvartssand uden gummi-infill og med kork/kokos infill.

I to prøver fra kunstgræsbaner med sort SBR infill er der målt en koncentration af acenapthen på $0,01 \mu\text{g/l}$. Ved koncentrationer målt lige omkring detektionsgrænsen er resultatet dog meget usikkert. For de øvrige PAH'er er der ikke målt koncentrationer af de enkelte PAH'er over detektionsgrænsen på $0,01 \mu\text{g/l}$.

I tre prøver af drænvand fra kunstgræsbaner med gråt industrigummi infill er der dog målt en sum af PAH på $0,012$ - $0,072 \mu\text{g/l}$.

For pyren og indeno(1,2,3-cd)pyren er kvalitetskravet for marine ($0,0017 \mu\text{g/l}$) og ferske ($0,0046 \mu\text{g/l}$) vandområder lavere end detektionsgrænsen på $0,01 \mu\text{g/l}$, hvilket betyder, at det ikke kan udelukkes, at der kan være koncentrationer af disse PAH'er i drænvandet fra kunstgræsbaner, som kan ligge over kvalitetskravet. Dog indikerer resultaterne fra de analyserede prøver, at der ved en fortyndingsfaktor på seks eller mere ikke vil ske overskridelser af kvalitetskravet for pyren og indeno(1,2,3-cd)pyren for marine og ferske vandområder.

De målte koncentrationer af PAH i drænvand fra kunstgræsbaner vurderes ikke at udgøre et problem ved afledning til renseanlæg, nedsivning eller udledning til marine og ferske vandområder.

Tabel 5.4 Middel-, minimum- og maksimumværdier af PAH i drænvand fra kunstgræsbaner med infill af gråt industrigummi og sort SBR (bildæk) i Danmark. Til sammenligning er angivet miljøkvalitetskrav for marine og ferske vandområder /3/, grænseværdier for afledning til kloak /2/ samt grundvandskvalitetskriterier /25/. I parentes er angivet antal prøver under detektionsgrænsen. Halvdelen af detektionsgrænsen er anvendt i beregning af middelværdier for prøver under detektionsgrænsen.

µg/l	Gråt industrigummi				Sort SBR				MKK Marin	MKK Fersk	GV Kloak	VKK Grund- vand
Parameter	Antal prøver	Mid	Min	Max	Antal prøver	Mid	Min	Max				
Acenaphthen	1 (1)	-	<0,01	<0,01	4 (2)	0,0075	<0,01	0,01	0,38	3,8	7,6	
Fluoren	1 (1)	-	<0,01	<0,01	4 (4)	-	<0,01	<0,01	0,23	2,3	4,6	
Phenanthren	1 (1)	-	<0,01	<0,01	4 (4)	-	<0,01	<0,01	1,3	1,3	26	
Fluoranthren	1 (1)	-	<0,01	<0,01	4 (4)	-	<0,01	<0,01	0,1	0,1	2	0,1
Pyren	1 (1)	-	<0,01	<0,01	4 (4)	-	<0,01	<0,01	0,0017	0,0046	0,034	
Benzo(b)k)fluoranthren	1 (1)	-	<0,01	<0,01	4 (4)	-	<0,01	<0,01	0,03	0,03	0,6	0,1 ¹⁾
Benzo(a)pyren	2 (2)	-	<0,01	<0,01	9 (9)	-	<0,01	<0,01	0,05	0,05	1	0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1 (1)	-	<0,01	<0,01	4 (4)	-	<0,01	<0,01	0,002	0,002	0,04	
Benzo(ghi)perylene	1 (1)	-	<0,01	<0,01	4 (4)	-	<0,01	<0,01				
Sum PAH	12 (9)	<*	<*	0,072	4 (2)	0,0075	<0,01	0,01				

* Detektionsgrænse ikke oplyst

¹⁾ Sum af benzo(bk)fluoranthren, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren

5.2.4 Phenoler

I Tabel 5.5 er vist middel-, minimum- og maksimumværdier af phenoler i drænvand fra kunstgræsbaner med henholdsvis kork/kokos, grønt TPE, gråt industrigummi og sort SBR. Der er ingen målinger for phenoler i drænvand fra kunstgræsbaner med kvartssand uden gummi-infill.

Der er analyseret for nonylphenol+ethoxylater, octylphenol+ethoxylater, bisphenol A og phenolindex i drænvand fra kunstgræsbaner.

Derudover er der i enkelte prøver analyseret phenol, methylphenoler og dimethylphenoler, men disse er ikke målt over detektionsgrænsen på 0,05 µg/l.

Afledning til kloak

Af phenolerne er det kun koncentrationen af octylphenol, som er målt over grænseværdien for afledning til kloak.

Koncentrationen af octylphenol er analyseret i 10 prøver. Kun i to prøver fra en bane med sort SBR infill og drænmåtte lå koncentrationen over detektionsgrænsen på 0,1 µg/l. Koncentrationen blev målt til 1,2 µg/l og 0,96 µg/l i to prøver fra december måned umiddelbart efter anlæggelse af banen i 2012. De målte koncentrationer af octylphenol fra denne bane ligger over grænseværdien for afledning til kloak (0,2 µg/l) samt over kvalitetskravene for marine (0,01 µg/l) og ferske (0,1 µg/l) vandområder.

De målte koncentrationer af octylphenol kan tyde på, at de specifikke materialer anvendt til denne bane, indeholder og afgiver octylphenol til drænvandet.

Udledning til marine og ferske vandområder

I drænvand fra kunstgræsbaner med infill af kork/kokos og sort SBR er der målt koncentrationer af nonylphenol på henholdsvis 0,23-0,82 µg/l og <0,1-0,5 µg/l, hvilket er over kvalitetskravene for marine (0,3 µg/l) og ferske (0,3 µg/l) vandområder. Koncentrationen af nonylphenol lå under detektionsgrænsen i to prøver fra en bane med grønt TPE og i 8 prøver fra baner med gråt industrigummi.

Koncentrationen af octylphenol blev i to prøver (0,96 µg/l og 1,2 µg/l) fra en bane med sort SBR infill og drænmåtte målt over kvalitetskravene for marine (0,01 µg/l) og ferske (0,1 µg/l) vandområder, se også ovenstående afsnit om afledning til kloak.

Koncentrationen af bisphenol A er desuden målt til 0,03 µg/l i en enkelt prøve fra en bane med sort SBR infill, hvilket er ca. en faktor tre over kvalitetskravet for marine vandområder (0,01 µg/l).

Ved en faktor 10 fortynding vil koncentrationen af nonylphenoler og bisphenol A dog ligge under kvalitetskravene for marine og ferske vandområder. Kun koncentrationen af octylphenol i drænvandet fra den ene bane med sort SBR og drænmåtte vil fortsat ligge over kvalitetskravet for marine og ferske vandområder.

Nedsivning

De målte koncentrationer af phenoler ligger alle under grundvandskvalitetskriterierne. Dog er der i prøver af drænvand fra to baner med gråt industrigummi infill målt koncentrationer af sumparameteren phenolindex på 41 og 45 µg/l kort tid efter anlæggelsen af banerne. Der er fastsat et grundvandskvalitetskriterium for total phenol på 0,5 µg/l. Phenolindex kan ikke sammenlignes direkte med en total koncentration af phenoler. Dog kan det høje phenolindeks på 41-45 µg/l indikere, at der kan være et problem i forhold til overholdelse af grundvandskvalitetskriteriet for total phenol. Koncentrationen af phenolindexet falder dog inden for det første år til under 10 µg/l og til under detektionsgrænsen på 1 µg/l efter halvandet år, jf. Figur 5.6.

Tabel 5.5 Middel-, minimum- og maksimumværdier af phenoler i drænvand fra kunstgræsbaner med infill af kork/kokos, grønt TPE, gråt industrigummi og sort SBR (bildæk) i Danmark. Til sammenligning er angivet miljøkvalitetskrav for marine og ferske vandområder /3/, grænseværdier for afledning til kloak /2/ samt grundvandskvalitetskriterier /25/. I parentes er angivet antal prøver under detektionsgrænsen. Halvdelen af detektionsgrænsen er anvendt i beregning af middelværdier for prøver under detektionsgrænsen.

µg/l	Kork/kokos				Grønt TPE				Gråt industrigummi				Sort SBR				MKK	MKK	GV	VKK
Parameter	Antal prøver	Mid	Min	Max	Antal prøver	Mid	Min	Max	Antal prøver	Mid	Min	Max	Antal prøver	Mid	Min	Max	Marin	Fersk	Kloak	Grundvand
Nonylphenoler	3	0,53	0,23	0,82	2 (2)	-	<0,1	<0,1	8 (8)	-	<0,05	<0,05	12 (7)	0,23	<0,1 ¹⁾	0,50	0,3	0,3	6	20 ³⁾
NP monoethoxylat									8 (7)	0,028	<0,05	0,11	7 (7)	-	<0,1	<0,1				
NP diethoxylat									8 (8)	-	<0,1	<0,1	7 (5)	0,12	<0,1	0,35				
Sum NPE									18 (15)	0,20	<0,1	1,5	15 (14)	-	<0,1 ²⁾	0,35				
Octylphenol					2 (2)	-	<0,1	<0,1	2 (2)	-	<0,1	<0,1	6 (4)	0,39	<0,1	1,2	0,01	0,1	0,2	20 ³⁾
OP monoethoxylat									0				1 (1)	-	<0,5	<0,5				
OP diethoxylat									0				1 (1)	-	<0,2	<0,2				
Bisphenol A									1 (1)	-	<0,01	<0,01	1 (0)	0,03	0,03	0,03	0,01	0,1	0,2	
Phenolindex									12 (6)	9,1	<1,0	45	1 (1)	-	<1,0	<1,0				0,5

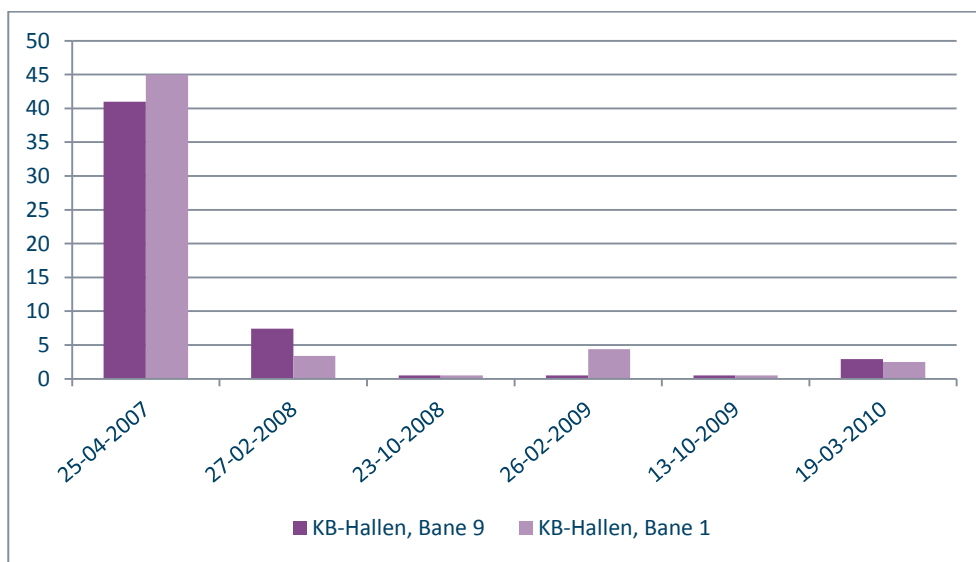
¹⁾ Detektionsgrænsen forhøjet til 1,0 µg/l i tre prøver

²⁾ Detektionsgrænse forhøjet til 4 µg/l i 10 prøver

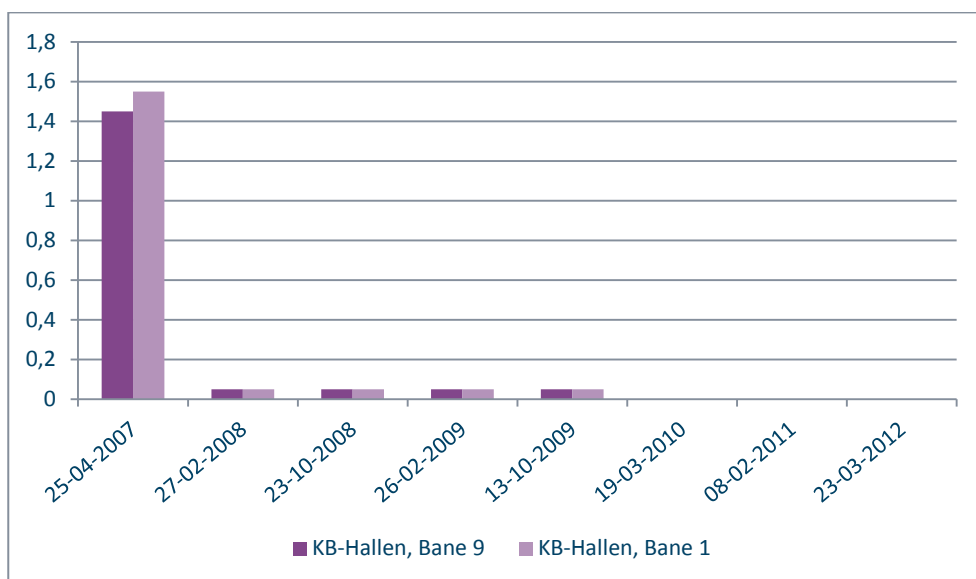
³⁾ Sum af nonylphenol og octylphenol

Udvikling i koncentrationer over tid

Phenolindex og summen af NPE (nonylphenol og nonylphenol med 1-2 ethoxylatgrupper) er analyseret i drænvand fra to baner med gråt industrigummi infill i perioden april 2007-marts 2010. Begge baner er anlagt i slutningen af 2006. Resultaterne er afbilledet i Figur 5.6 og Figur 5.7. Resultaterne fra de to baner viser, at phenolindekset falder fra 41-45 µg/l til under 10 µg/l efter det første år og til under detektionsgrænsen på 1 µg/l efter halvandet år. Summen af NPE falder tilsvarende fra 1,45-1,55 µg/l til under detektionsgrænsen på 0,1 µg/l efter det første år.



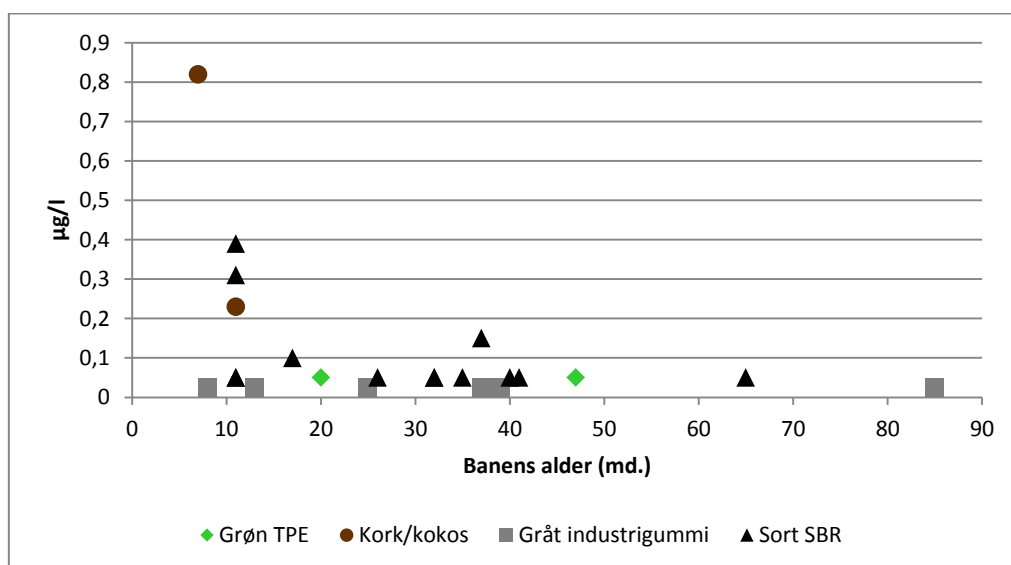
Figur 5.6 Koncentrationen (µg/l) af phenolindex i drænvand fra to baner ved KB-Hallen på Frederiksberg med gråt industrigummi infill i perioden april 2007-marts 2010.



Figur 5.7 Koncentrationen (µg/l) af NPE (summen af nonylphenol og nonylphenol med 1-2 ethoxylatgrupper) i drænvand fra to baner ved KB-Hallen på Frederiksberg med gråt industrigummi infill i perioden april 2007-marts 2010.

I Figur 5.8 er sammenhængen mellem koncentrationen af nonylphenol i drænvand for de enkelte typer af infill og banernes alder i måneder afbilledet. Koncentrationer på $\leq 0,05$ µg/l i figuren er koncentrationer under detektionsgrænsen. Resultaterne kan indikere, at koncentrationen af nonylphenol er lavere i drænvand fra baner med en alder på 1-2 år eller

mere end fra nyere baner. De højeste koncentrationer af nonylphenol på 0,23-0,82 µg/l er målt i drænvand fra baner inden for det første år efter anlæggelse.



Figur 5.8 Sammenhæng mellem koncentrationen af nonylphenol (µg/l) i drænvand og banens alder (måneder). Der er nogen usikkerhed forbundet ved banernes alder, da den præcise anlægsmåned ikke er kendt og derfor er sat til januar det pågældende anlægsår for alle baner. Banernes alder kan derved fremstå som højere end reelt.

5.2.5 Phthalater

I Tabel 5.6 er vist middel-, minimum- og maksimumværdier af phthalater i drænvand fra kunstgræsbaner med henholdsvis kork/kokos, grønt TPE, gråt industrigummi og sort SBR infill. Der er ingen målinger for phthalater i drænvand fra kunstgræsbaner med kvartssand uden gummi-infill.

Afledning til kloak

Ingen af de målte koncentrationer af phthalater ligger over grænseværdierne for afledning til kloak.

Grænseværdien for DEHP er beregnet på baggrund af EU Kommissionens gældende miljøkvalitetskrav for DEHP i overfladevand på 1,3 µg/l /3/. Dette krav kan omregnes til en grænseværdi for afledning til kloak på 87 µg/l (årsmiddel) ved samme fjernelsesgrad (85%) og fortynding, som er anvendt i Miljøstyrelsens Tilslutningsvejledning /2/.

Udledning til marine og ferske vandområder

Koncentrationen af DEHP ligger i 17 ud af de 57 analyserede prøver over kvalitetskravet på 1,3 µg/l for marine og ferske vandområder. I tre prøver er koncentrationen på 16-30 µg/l mere end en faktor 10 over kvalitetskravet.

For de øvrige phthalater ligger kun koncentrationen af di-n-butylphthalat på 0,32 µg/l (én ud af 23 prøver) og koncentrationen af di-(2-ethylhexyl)adipat på 0,64 µg/l (én ud af fire prøver) over kvalitetskravet for marine vandområder på henholdsvis 0,23 µg/l og 0,07 µg/l. Koncentrationen i de øvrige prøver er alle under detektionsgrænsen.

Af de øvrige phthalater er følgende målt i koncentrationer over detektionsgrænsen i én eller flere prøver:

- Diethylphthalat (2 ud af 15 prøver)
- Di(isononyl)phthalat (2 ud af 14 prøver)

- Dimethylphthalat (2 ud af 4 prøver)

Nedsivning

Koncentrationen af DEHP ligger i 18 ud af 57 analyserede prøver over grundvandskvalitetskriteriet på 1 µg/l /25/.

Desuden er fastsat et kvalitetskrav for summen af øvrige phthalater på 1,0 µg/l. I ingen af de analyserede prøver ligger summen af de øvrige analyserede phthalater over dette kvalitetskrav.

Tabel 5.6 Middel-, minimum- og maksimumværdier af phthalater i drænvand fra kunstgræsbaner med infill af gråt industrigummi og sort SBR (bildæk) i Danmark. Til sammenligning er angivet miljøkvalitetskrav for marine og ferske vandområder /3/, grænseværdier for afledning til kloak /2/ samt grundvandskvalitetskriterier /25/. I parentes er angivet antal prøver under detektionsgrænsen. Halvdelen af detektionsgrænsen er anvendt i beregning af middelværdier for prøver under detektionsgrænsen.

µg/l	Kork/kokos				Grønt TPE				Gråt industrigummi				Sort SBR				MKK	MKK	GV	VKK
Parameter	Antal prøver	Mid	Min	Max	Antal prøver	Mid	Min	Max	Antal prøver	Mid	Min	Max	Antal prøver	Mid	Min	Max	Marin	Fersk	Kloak	Grundvand
DEHP	3 (2)	0,14	<0,1	0,32	2 (1)	0,19	<0,1	0,33	25 (3)	3,2	<0,1	30	27 (18)	2,2 ¹⁾	<0,1 ¹⁾	28	1,3	1,3	87 ⁵⁾	1
DBP (di-n-butylphthalat)					2 (2)	-	<0,1	<0,1	8 (8)	-	<0,1	<0,5	13 (12)	0,17	<0,1	0,32	0,23	2,3	4,6	1 ³⁾
BBP (butylbenzylphthalat)					2 (2)	-	<0,1	<0,1	8 (8)	-	<0,1	<0,1	13 (13)	-	<0,1	<1,0	0,75	7,5	15	
DNOP (di-n-oktylphthalat)									7 (7)	-	<0,1	<0,1	8 (8)	-	<0,1	<1,0				
DEP (diethylphthalat)									7 (5)	0,15	<0,2	0,31	8 (8)	-	<0,1	<1,0	10 ⁴⁾	10 ⁴⁾		
Di-(2-ethylhexyl)adipat									7 (7)	-	<0,1	<0,1	4 (3)	0,20	<0,1	0,64	0,07	0,7	1,4	
Di(isononyl)phthalat									6 (5)	0,17	<0,1	0,36	8 (8)	-	<0,1	<1,0				
DMP (Dimethylphthalat)													4 (2)	0,15	<0,1	0,27				
Di-cyclohexylphthalat									1 (1)	-	<1,0	<1,0	1 (1)	-	<0,05	<0,05				

¹⁾ Detektionsgrænse forhøjet til 4 µg/l i seks prøver

²⁾ Detektionsgrænsen forhøjet til 1,0 µg/l i tre prøver

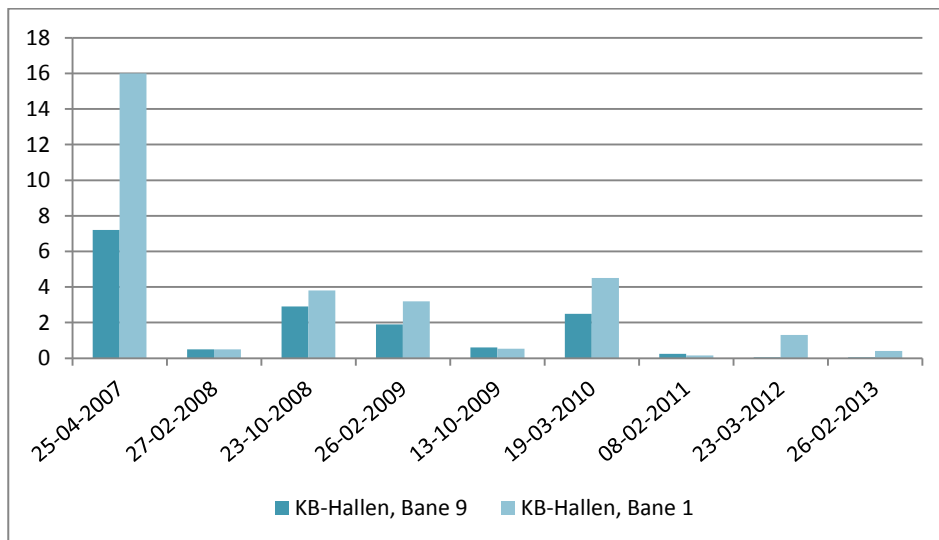
³⁾ Sum af øvrige phthalater

⁴⁾ Foreslået PNEC i MST Miljøprojekt nr. 412, 1998

⁵⁾ Beregnet grænseværdi på baggrund af EU's miljøkvalitetskrav på 1,3 µg/l efter samme metode som angivet i /2/

Udvikling i koncentrationer over tid

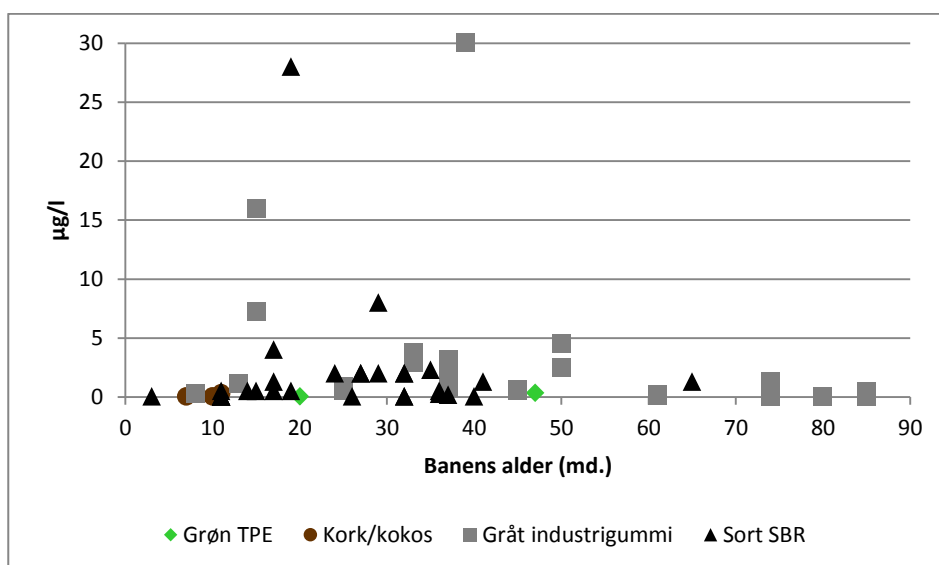
For DEHP foreligger der analyseresultater på koncentrationer i drænvand over flere år, der giver mulighed for at se på udviklingen over tid. I Frederiksberg Kommune er koncentrationen af DEHP målt i drænvand fra to baner med gråt industrigummi infill i perioden april 2007-februar 2013. Begge baner er anlagt i slutningen af 2006. Udviklingen i koncentrationerne over tid er afbilledet i Figur 5.9.



Figur 5.9 Koncentrationen (µg/l) af DEHP i drænvand fra to baner ved KB-Hallen på Frederiksberg med gråt industrigummi infill i perioden april 2007-februar 2013

De målte koncentrationer af DEHP i drænvand fra de to baner med gråt industrigummi infill falder fra 7,2 µg/l og 16 µg/l til mindre end 3 µg/l og 4,2 µg/l allerede efter det første år. Efter fire års drift er koncentrationen af DEHP i drænvandet fra de to baner faldet til under kvalitetskravet på 1,3 µg/l for marine og ferske vandområder.

Samme tendens ses i Figur 5.10, hvor sammenhængen mellem de målte koncentrationer af DEHP i 57 prøver og banernes alder i måneder er angivet.



Figur 5.10 Sammenhæng mellem koncentrationen af DEHP (µg/l) i drænvand og banens alder (måneder). Der er nogen usikkerhed forbundet ved banernes alder, da den præcise anlægsmåned ikke er kendt og derfor er sat til januar det pågældende anlægsår for alle baner. Banernes alder kan derved fremstå som højere end reelt.

5.2.6 Kulbrinter og flygtige stoffer

I Tabel 5.6 er vist middel-, minimum- og maksimumværdier af kulbrinter og flygtige stoffer i drænvand fra kunstgræsbaner med henholdsvis gråt industrigummi og sort SBR infill. Der er ingen målinger for phthalater i drænvand fra kunstgræsbaner med kvartssand uden gummi infill, kork/kokos og grønt TPE.

Total kulbrinter er analyseret i 12 prøver fra baner med sort SBR infill, mens EOX, TEX og benzen er analyseret i 12 prøver fra baner med gråt industrigummi infill. De øvrige kulbrinter og flygtige stoffer i Tabel 5.6 er kun analyseret i en enkelt prøve med gråt industrigummi infill.

Ingen af de målte koncentrationer af kulbrinter og flygtige stoffer gav anledning til overskridelser af grænseværdier for afledning til kloak eller kvalitetskrav for marine og ferske vandområder.

Tabel 5.7 Middel-, minimum- og maksimumværdier af kulbrinter og flygtige stoffer i drænvand fra kunstgræsbaner med infill af gråt industrigummi og sort SBR (bildæk) i Danmark. Til sammenligning er angivet miljøkvalitetskrav for marine og ferske vandområder /3/, grænseværdier for afledning til kloak /2/ samt grundvandskvalitetskriterier /25/. I parentes er angivet antal prøver under detektionsgrænsen. Halvdelen af detektionsgrænsen er anvendt i beregning af middelværdier for prøver under detektionsgrænsen.

µg/l	Gråt industrigummi				Sort SBR				MKK Marin	MKK Fersk	GV Kloak	VKK Grundvand
Parameter	Antal prøver	Mid	Min	Max	Antal prøver	Mid	Min	Max				
Total kulbrinter	1 (0)	26	26	26	12 (0)	36	6,8	82			10.000-20.000	5 ¹⁾
Toluen	1 (0)	0,19	0,19	0,19								5
Ethylbenzen	1 (1)	-	<0,02	<0,02								5
m+p-Xylen	1 (0)	0,023	0,023	0,023								
o-Xylen	1 (1)	-	<0,02	<0,02								
Benzen-C10	1 (1)	-	<2	<2								1 ²⁾
C10-C25	1 (0)	52	52	52								
C25-C35	1 (0)	30	30	30								
Sum (Benzen-C35)	1 (0)	82	82	82								
EOX	12 (12)	-	<1,0	<1,0								
TEX	12 (12)	-	<0,05	<1,0							20.000	
Benzen	13 (11)	0,034	<0,05	0,12					8	10	160	

¹⁾ Total olie

²⁾ Gælder koncentrationen af benzen

5.3 Atmosfærisk deposition

Den atmosfæriske deposition er transport af stof fra atmosfæren til overflader som vegetation, jord, bygninger og vandoverflader. I bynære områder vil depositionen både være påvirket af lokale kilder og af langtransporterede forureninger. Den atmosfæriske deposition af miljøskadelige stoffer på kunstgræsbanerne må forventes at påvirke koncentrationerne målt i drænvandet, når regnvandet siver ned gennem overfladen.

Den atmosfæriske deposition af metaller og andre sporstoffer i Storkøbenhavn siden 1970'erne er beskrevet i /23/. I Tabel 5.8 er middelkoncentrationen af den atmosfæriske deposition af metaller i nedbør i det centrale København og Nordsjælland vist for perioden 2003-2007 /23/. Koncentrationen omfatter både våd-depositionen (stof opløst/opslæmmet i nedbør) og støv-fald af større partikler ($>10\text{ }\mu\text{m}$), men ikke afsætningen af små partikler ($<10\text{ }\mu\text{m}$) og aerosoler.

Tabel 5.8 Middelkoncentrationer ($\mu\text{g/l}$) af den atmosfæriske deposition af metaller i nedbør for perioden 2003-2007 i det centrale København og Nordsjælland /23/ samt middelkoncentrationer og koncentrationsintervaller målt i drænvand fra kunstgræsbaner. Den procentvise andel, som koncentrationen af de enkelte metaller i nedbør udgør af henholdsvis middelkoncentrationen og den maksimale målte koncentration i drænvand, er angivet.

$\mu\text{g/l}$	Atmosfærisk deposition 2003-2007 /23/	Drænvand fra kunstgræsbaner		%andel af middelkonc.	%andel af maks.konc.
		Middel	Min-Max		
Kobber	11	5,8	$<0,1\text{-}12^*$	190	92
Nikkel	0,91	7,2	$<0,1\text{-}24^*$	13	4
Zink	29	65	$<0,5\text{-}930^*$	45	3
Bly	4,5	4,7	$<0,1\text{-}53^*$	96	8
Cadmium	0,076	0,094	$<0,05\text{-}0,43^*$	81	18
Krom	1,1	8,1	$<0,04\text{-}57^*$	14	2
Kobolt	0,20	0,62	0,2-2,6	32	8
Arsen	0,0003	1,5	0,3-4,3	$<0,5$	$<0,5$
Tin	0,26	<10	<10	-	-
Vanadium	1,2	4,3	0,8-9,1	28	13

* Koncentrationer under detektionsgrænsen er sat til halvdelen af detektionsgrænsen i beregningen af middelværdien.

Det fremgår af Tabel 5.8, at den atmosfæriske deposition af kobber er ca. dobbelt så høj som middelkoncentrationen af kobber målt i drænvand fra kunstgræsbaner. Det må derfor forventes, at den atmosfæriske deposition i bynære områder er den primære kilde til koncentrationen af kobber i drænvandet fra kunstgræsbaner. Også den atmosfæriske deposition af bly og cadmium ser ud til at udgøre en væsentlig del (op til henholdsvis 96% og 81%) af middelkoncentrationen målt i drænvand fra kunstgræsbaner.

For de øvrige metaller er andelen af den atmosfæriske deposition mellem 13% og 45% af middelkoncentrationen målt i drænvand, bortset fra den atmosfæriske deposition af arsen, som kun udgør $<0,5\%$ af middelkoncentrationen målt i drænvand.

6 Konklusion

Formålet med denne rapport har været at karakterisere drænvand fra kunstgræsbaner for miljøskadelige stoffer samt vurdere drænvandets indhold af miljøskadelige stoffer i forhold til afledning til kloak og udledning til ferske og marine vandområder. Vurdering af risici ved nedsivning af drænvandet har ikke været i fokus for dette projekt, men det er valgt at medtage en kort vurdering i forhold til grundvandskvalitetskriterierne /25/, idet bortskaffelse af drænvand ved nedsivning er relevant i situationer med megen regn og overbelastning af kloaksystemet samt i forbindelse med kommunernes klimatilpasningsstrategier.

Karakteriseringen og vurderingen har været gennemført på baggrund af eksisterende analyseresultater fra sjællandske kommuner (59 prøver fra 19 baner) samt to prøver udtaget i forbindelse med dette projekt.

Generelt er de målte koncentrationer af metaller og miljø- og sundhedsskadelige stoffer under grænseværdierne for afledning til kloak og miljøkvalitetskrav for vandområder, men der er også målt enkelte høje koncentrationer af nogle få stoffer over vandkvalitetskravene for ferske og marine vandområder, som sammenholdt med resultaterne fra blandt andet Miljøstyrelsens udvaskningstest /1/ viser, at der kan være en risiko ved direkte udledning til vandområder.

I nedenstående afsnit er betydningen af infill/gummipad-materialer, atmosfærisk deposition, banernes alder og anvendelsen af tømidler på drænvandets sammensætning diskuteret sammen med en vurdering af risikoen for afledning af drænvand til kloak, udledning til marine og ferske vandområder samt nedsivning.

6.1 Drænvandmængder

Erfaringerne fra prøvetagningen i dette projekt har vist, at der i forbindelse med flere nedbørshændelser ikke har været genereret drænvand fra kunstgræsbanerne. Årsagerne til det manglende drænvand skal formentlig findes i:

- Et meget tørt forår, som har bevirket, at den tørre jord under og omkring kunstgræsbanerne har fungeret som oplagringsmagasin
- Jordens beskaffenhed og grundvandsstanden, som enkelte steder kan bevirke, at der meget sjældent kommer drænvand fra banerne
- Baneopbygningen og drænsystemet, som i nogle tilfælde kan være konstrueret forkert, så vandet ikke løber af banen til drænet.

Vandet forventes derfor i stedet at fordampe og nedsive. Nedsivningen er selvfølgelig afhængig af de lokale forhold ved de enkelte kunstgræsbaner.

6.2 Betydning af infill og gummipad på drænvandets sammensætning

Datagrundlaget er størst for kunstgræsbaner med sort SBR infill, hvor der er analyseret prøver fra 11 baner. Koncentrationerne af miljøskadelige stoffer i prøver fra disse baner varierer samtidig mest. Man skal i den forbindelse holde sig for øje, at granulerede bildæk dækker over en uhomogen blanding, da infill materialet kan stamme fra mange forskellige typer bildæk /1/.

Der er ikke en tydelig forskel i de målte koncentrationer af miljøskadelige stoffer i drænvand fra baner med henholdsvis gråt industrigummi infill og sort SBR infill. I løbet af projektperioden blev det klart, at flere baner med gråt industrigummi infill er anlagt med en gummipad af sort SBR uden, at det har fremgået af tilladelserne. Det kan derfor ikke udelukkes, at afgivelsen af miljøskadelige stoffer fra gummipad'en af sort SBR kan være årsagen til, at koncentrationerne i drænvandet har været på niveau med banerne med sort SBR infill.

Det har kun været muligt at finde analyseresultater fra én prøve fra en kunstgræsbane med kvartssand som infill (uden gummigranulat) samt to prøver fra en kunstgræsbane med XPE-foam og grønt TPE. Datagrundlaget er således ikke tilstrækkeligt i forhold til at kunne drage konklusioner omkring indholdet af miljø- og sundhedsskadelige stoffer i drænvandet fra disse typer af baneopbygninger. De målte koncentrationer af metaller, phthalater, nonyl- og octylphenol i prøverne fra banen med grønt TPE ligger dog under grænseværdierne for afledning til kloak samt kvalitetskravene for ferske og marine vandområder. Grønt TPE er ikke vulkaniseret gummi som SBR, og i Miljøstyrelsens kortlægningsrapport forventes afgivelsen af kemiske stoffer derfor at være begrænset /1/. En bekræftelse af de lavere koncentrationer af miljøskadelige stoffer i drænvand fra baner med infill af grønt TPE vil kræve yderligere målinger.

Valg af kork/kokos som infill sker ud fra en forventning om, at det afgiver lavere koncentrationer af miljøskadelige stoffer til drænvandet, idet infillet er organisk materiale fremfor vulkaniseret gummi. Koncentrationen af miljøskadelige stoffer i tre prøver fra en kunstgræsbane med kork/kokos infill viser ikke markant lavere niveauer af metaller, nonylphenol og DEHP i forhold til de øvrige typer af infill. Der er dog ikke analyseret opløst metal i nogle af prøverne fra banen med kork/kokos infill. De højeste koncentrationer af kobber (18 µg/l) og nonylphenol (0,82 µg/l) i de 59 analyserede stikprøver fra 19 baner med forskelligt infill er målt i drænvandet fra banen med kork/kokos infill. Det kan ikke udelukkes, at koncentrationerne af metaller, nonylphenol og phthalater stammer fra kunstgræs-materialet (og ikke infill-materialet) og atmosfærisk deposition.

6.3 Atmosfærisk deposition

Den atmosfæriske deposition af især kobber, bly og cadmium i nedbør i det centrale København og Nordsjælland vurderes at have betydning for koncentrationen af disse metaller i drænvand fra kunstgræsbaner. Middelkoncentrationen i nedbør af kobber, bly og cadmium udgør således mellem 81% og 190% af middelkoncentrationen målt i drænvand fra kunstgræsbaner. Også den atmosfæriske deposition af de øvrige metaller (på nær arsen) udgør mellem 13% og 45% af middelkoncentrationen målt i drænvand fra kunstgræsbaner.

6.4 Udviklingen i koncentrationer

For enkelte parametre foreligger der analyseresultater over flere år, som kan give en indikation af sammenhængen mellem koncentrationerne af miljøskadelige stoffer og banernes (samt infill-materialets) alder:

- Der er ingen tydelig sammenhæng mellem banernes alder og koncentrationen af zink i drænvandet. Der kan ikke umiddelbart påvises en stigning i koncentrationen af zink ved øget alder af banerne, som foreslået i et Hollandsk studie /1/. Tværtimod kan dataene indikere, at koncentrationen af zink er lavere i drænvand fra baner med en alder på mere end 2-3 år end fra nyere baner.
- For baner med gråt gummi infill og sort SBR infill er de højeste koncentrationer af bly (> 2 µg/l) målt i drænvand fra baner med en alder på 2,5-4 år. Datagrundlaget er dog spinkelt i forhold til at konkludere på en generel sammenhæng mellem bly-koncentrationen i drænvandet og alderen af banerne.
- Resultaterne fra to baner på Frederiksberg med gråt industrigummi infill og sort SBR gummipad viser, at phenolindekset falder fra 41-45 µg/l til under 10 µg/l efter det første år og til under detektionsgrænsen på 1 µg/l efter halvandet år. Summen af NPE falder tilsvarende fra 1,45-1,55 µg/l til under detektionsgrænsen på 0,1 µg/l efter det første år. De samlede resultater fra 25 prøver kan indikere, at koncentrationen af nonylphenol er lavere i drænvand fra baner med en alder på mere end 1-2 år end fra nyere baner. De højeste koncentrationer af nonylphenol på 0,23-0,82 µg/l er målt i drænvand fra baner inden for det første år efter anlæggelse.

- De målte koncentrationer af DEHP i drænvand fra to baner med gråt industrigummi infill og sort SBR gummipad falder fra henholdsvis 7,2 µg/l og 16 µg/l til mindre end 3 µg/l og 4,2 µg/l allerede efter det første år. Efter fire års drift er koncentrationen af DEHP i drænvand fra de to baner faldet til under kvalitetskravet på 1,3 µg/l for marine og ferske vandområder. Samme tendens ses i de samlede resultater fra 57 prøver.

Generelt tyder resultaterne på, at der sker et fald i koncentrationerne af blandt andet zink, DEHP og phenoler efter et par års drift.

6.5 Anvendelse af tømidler

NaCl er det hyppigst anvendte tømiddel på kunstgræsbaner og kan give anledning til høje klorid-koncentrationer i drænvand på op til 20.000 mg/l. Klorid kan have en negativ effekt på ferske recipienter samt virke korroderende på kloaknettet. I forbindelse med nedsivning af drænvand har NaCl samtidig den effekt, at det reducerer pH i det nedsivende vand, hvilket øger mobiliteten af metaller.

Grænseværdien for klorid ved afledning til kloak vil sandsynligvis ikke kunne overholdes i tilfælde af, at banerne saltes intensivt i vinterhalvåret. Det er dog værd at tage i betragtning, at overfladevand fra kommunale pladser og veje også ledes til kloak i saltningsperioden. Den typiske maksimale klorid-koncentration i vejvand er ifølge Orbicon på 2.500 mg/l /21/. Periodevis afledning af drænvand fra kunstgræsbaner med en klorid-koncentration på mindre end 2.500 mg/l vurderes generelt ikke at have betydning for koncentrationen af klorid i tilledningen til renseanlæg, afhængigt af de lokale forhold. Forsøg med saltningspraksis på de enkelte baner må afklare, hvorvidt grænseværdien kan overholdes ved fx mekanisk fjernelse af sne suppleret med våd saltning eller spredning af saltlage.

Anvendelse af svanemærkede tømidler baseret på acetat og formiat vurderes ikke at udgøre et problem ved afledning af drænvand til renseanlæg, eftersom tømidlerne er letnedbrydelige. Svanemærkede tømidler baseret på organiske letnedbrydelige acetater eller formiater kan derimod give anledning til høje koncentrationer af BOD og COD i drænvand, som ved udledning til marine og ferske vandområder kan give risiko for forhøjet iltforbrug i vandområdet.

Det anbefales, at der ved nyanlæg af kunstgræsbaner indrettes en opsamlingsplads til sne, som giver mulighed for at fjerne sne mekanisk og oplagre det. Derved reduceres behovet for anvendelsen af tømidler. Det anbefales desuden, at så meget af sneen som muligt fjernes mekanisk inden brug af eventuelle tømidler.

6.6 Vurdering af risici ved afledning til kloak

På baggrund af de målte koncentrationer af organiske og uorganiske spildevandsparametre, metaller og organiske miljøskadelige stoffer vurderes følgende parametre at kunne udgøre et problem i forhold til afledning af drænvand fra kunstgræsbaner til kloak:

- Klorid ved saltning
- Octylphenol

I alt er der analyseret octylphenol i 10 prøver fra syv forskellige baner. Octylphenol er kun målt over detektionsgrænsen i to prøver (0,96 og 1,2 µg/l) af drænvand fra en enkelt bane med PE græs, sort SBR infill og drænmåtte. Koncentrationen lå i begge prøver over den beregnede grænseværdi for afledning til kloak (0,2 µg/l). Det er ikke muligt at afgøre, hvorvidt octylphenol stammer fra græsmaterialet, infill'et eller drænmåtten.

De øvrige analyserede parametre er målt i koncentrationer under grænseværdier for afledning til kloak.

6.7 Vurdering af risici ved udledning til marine og ferske vandområder

På baggrund af de målte koncentrationer af organiske og uorganiske spildevandsparametre, metaller og organiske miljøskadelige stoffer vurderes følgende parametre at kunne udgøre et potentielt problem i forhold til udledning af drænvand fra kunstgræsbaner til henholdsvis ferske og marine vandområder:

Udledning til ferskt vandområde	Udledning til marint vandområde
Sulfat	
Klorid ved saltning	
COD	COD
BOD	
DEHP	DEHP
Zn, Pb (muligvis Cu, Ni, Cd, Cr, Co)	Zn, Pb (muligvis Cu, Ni, Cd, Cr, Co, As)
Phenoler, inkl. nonylphenoler og octylphenoler	Phenoler, inkl. nonylphenoler og octylphenoler

For metallernes vedkommende er det relevant at være opmærksom på, at miljøkvalitetskravene for ferske og marine vandområder er opgivet som opløst metal i Bekendtgørelse nr. 1022 af 25/8/2010 /3/. En stor del af analyserne for metal i drænvand fra kunstgræsbaner er foretaget som totalt metal, hvilket gør det vanskeligt at foretage en direkte sammenligning af analyseresultaterne med miljøkvalitetskravene, idet den opløste fraktion ikke er kendt. Ved fremtidige analyser af drænvand vil det være en fordel i forbindelse med vurderingen af risici ved udledning til vandområder, at metallerne analyseres som opløst metal.

De målte koncentrationer af metaller og miljø- og sundhedsskadelige stoffer i de analyserede stikprøver varierer inden for så stort et spænd, at det er vanskeligt entydigt at konkludere, hvorvidt der vil ske overskridelser af kvalitetskrav for ferske og marine vandområder eller ej.

Der er i vurderingen desuden sammenlignet direkte mellem de målte koncentrationer i drænvandet og gældende kvalitetskrav for ferske og marine vandområder. Det er nødvendigt at foretage en konkret vurdering i forhold til det enkelte vandområde, hvor forhold som følsomhed, øvrig belastning og fortynding i vandområdet tages i betragtning, inden der gives tilladelse til udledning af drænvandet.

6.8 Nedsivning

På baggrund af de målte koncentrationer af organiske og uorganiske spildevandsparametre, metaller og organiske miljøskadelige stoffer kan det ikke udelukkes, at følgende parametre kan udgøre et problem i forhold til nedsivning af drænvandet:

- Klorid
- Zink
- Bly
- Nikkel (for sort SBR infill)
- DEHP
- Phenoler

Der er desuden målt maksimale koncentrationer af krom og kviksølv i drænvand fra baner med sort SBR på henholdsvis en faktor 2 og en faktor 6 over grundvandskvalitetskriterierne i en enkelt prøve.

Der er i vurderingerne ikke taget højde for faktorer som sedimentation, sorption, nedbrydning og dispersion af stofferne, som vil kunne minimere risikoen for grundvandsmagasinerne.

De målte koncentrationer af zink, DEHP og phenoler indikerer, at der sker en væsentlig reduktion af koncentrationerne i drænvand efter 1-2 års drift af kunstgræsbanerne. Der er dog stadig målt koncentrationer af zink og DEHP over grundvandskvalitetskriterierne i enkelte prøver efter tre års drift.

I forbindelse med nedsivning af drænvandet er det vigtigt at være opmærksom på, at kunstgræsbanernes drænsystem er konstrueret for at undgå vand på banerne og ikke for at undgå nedsivning til grundvandet. Det kan i den forbindelse overvejes at etablere kunstgræsbaner med en drænmåtte/membran, som forhindrer nedsivning i områder med særlige drikkevandsinteresser.

6.9 Anbefalinger i forhold til udledning til vandområder og nedsivning

Bortskaffelse af drænvand fra kunstgræsbaner ved udledning til vandområder eller nedsivning er interessant i forhold til at begrænse tilledningen af regn- og drænvand til renseanlæg og kloaksystemer i situationer med megen regn og risiko for overbelastning af systemet.

Projektet har vist, at koncentrationerne af miljø- og sundhedsskadelige stoffer i drænvand fra kunstgræsbaner kan variere meget, og at koncentrationen af blandt andet zink, DEHP og nonyl- og octylphenoler kan ligge over kvalitetskravene for både marine og ferske vandområder samt grundvandskvalitetskriteriet i drænvandet fra baner med kork/kokos, gråt industrigummi og sort SBR.

De indsamlede data fra drænvand fra vist, at koncentrationerne af miljø- og sundhedsskadelige stoffer kan variere meget uanset, at der er anvendt den samme type infill-materiale på banerne. Det tyder således på, at de øvrige materialer (græs, gummipad, drænmåtte) også kan have betydning for koncentrationen af miljø- og sundhedsskadelige stoffer i drænvandet. De mange forskellige kombinationer af materialer fra forskellige leverandører, men også fra samme leverandør gør det vanskeligt på baggrund af det nuværende datagrundlag at konkludere, hvilke typer af materialer der er anbefalelsesværdige. Samtidig er datagrundlaget for andre typer af infill end sort SBR og gråt industrigummi på nuværende tidspunkt svagt i forhold til at kunne anbefale disse typer fremfor andre.

I forhold til udledning af drænvandet til vandområder og nedsivning anbefales det derfor, at:

- Lede drænvandet til renseanlæg, indtil analyser af drænvandet har vist, at kvalitetskravene til vandområdet og drikkevand kan overholdes. I tilfælde, hvor der eksisterer erfaringer på baggrund af kontinuerlige analyseresultater (fra anlæggestidspunkt og frem) fra andre baner med samme opbygning, materialer og leverandører som de påtænkte baner, kan disse resultater anvendes i vurderingen af risikoen for vandområder eller grundvand, inden der gives tilladelse til udledning/nedsivning.
- Kommunerne fortsat registrerer og indsamler analysedata for drænvand fra kunstgræsbaner, så datagrundlaget for de forskellige kombinationer af materialer øges. Det er i den forbindelse vigtigt også at registrere oplysninger om leverandører, fabrikat og type af plast/gummi for kunstgræs, infill, gummipad og eventuel drænmåtte samt tidspunkt for anlæggelse af banen. Eftersom koncentrationerne af miljø- og sundhedsskadelige stoffer typisk er højest umiddelbart efter anlæggelse af banerne, bør analyserne foretages allerede i umiddelbar forlængelse af anlæggelsen. En fælles kommunal platform/database for registrering af data om drænvand fra kunstgræsbaner kan være et redskab til indsamling af data.
- Der udvikles en standardmetode, inkl. en række faste testscenarier for udvaskningstest af materialer til kunstgræsbaner (græs, infill, gummipad, drænmåtte), som produkterne kan testes op i mod. Samtidig bør der udarbejdes et vejledende sammenligningsgrundlag for

vurderingen af resultaterne. Det er vanskeligt i dag at anvende resultater af udvaskningstest fra leverandørerne i vurderingen af risikoen for vandområde eller grundvand, idet produkterne ofte er testet under forskellige forudsætninger og metoder, som vanskeliggør en sammenligning mellem flere typer af produkter.

Denne rapport kan sammen med den samlede oversigt over analyseresultater fra drænvand fra kunstgræsbaner (Bilag F) og de publicerede tilladelser på videncentret www.spildevandsinfo.dk anvendes som inspiration i forbindelse med kommunernes udarbejdelse af tilladelser til afledning til kloak, udledning til vandområder eller nedsivning af drænvand fra kunstgræsbaner.

7 Referencer

- /1/ Miljøstyrelsen: *Kortlægning, emissioner samt miljø- og sundhedsmæssig vurdering af kemiske stoffer i kunstgræs*, Kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter Nr. 100, 2008
- /2/ Miljøstyrelsen: *Tilslutning af industrispildevand til offentlige spildevandsanlæg*, Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 2, 2006
- /3/ Miljøministeriet: *Bekendtgørelse om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet*, Bek. nr. 1022 af 25/08 2010
- /4/ Miljøministeriet: *Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg*, BEK nr. 1024 af 31/10/2011
- /5/ Københavns Kommune, Teknik- og miljøforvaltningen: *Status for spildevandstilladelser for drænvand fra kunstgræsbaner*, Sagsnr. 2008-132971
- /6/ Klima- og Forurensningsdirektoratet: *Innhold og spredning av miljøgifter fra produkter framstilt av gummigranulat*, Delrapport 2 udarbejdet af COWI, april 2012
- /7/ Hofstra, U: *Zinc in drainage water under artificial turf fields with SBR. Measurements from 2008*. Summary INTRON report. Udført for RecyBEM & VACO, 2009
- /8/ New York State Department of Environmental Conservation: *An Assessment of Chemical Leaching, Releases to Air and Temperature at Crumb-Rubber infilled Synthetic Turf Fields*, 2009
- /9/ Milone & Macbroom: *Evaluation of the Environmental Effects of Synthetic Turf Athletic Fields*, 2008
- /10/ Vidair, C., Haas, R. & Schlag, R.: *Evaluation of Health Effects of Recycled Waste Tires in Playground and Track Products*. California Integrated Waste Management Board. Office of Health Hazard Assessment, 2007
- /11/ DBUs hjemmeside (www.dbu.dk), d. 1. maj 2013
- /12/ Samtale med Lars Raahauge, Director of Business Development, Genan Business & Development A/S, april 2013
- /13/ Projekthjemmeside for projektet PERSUADE (<http://persuade.fehrl.org/>) d. 17. juni 2013
- /14/ Klima- og Forurensningsdirektoratet, *Omfanget av bruken, bruksområder og framtidig bruk av gummigranulat basert på bildekk og ny gummigranulat*, Delrapport 1, Rapport udarbejdet af COWI, april 2012
- /15/ DBU: *Gode råd om vedligehold af 3. generations kunstgræs-fodboldbaner*, februar 2009
- /16/ Polytan, *Vedligeholdelsesmanual for 3. generations kunstgræs leveret af Polytan*
- /17/ Sport & Performance, *Vedligeholdelsesmanual - Kunstgræs til fodbold anlæg*, februar 2012
- /18/ Vejregelrådet, Vejdirektoratet: *VEJDRIFT - Tømidler, sand og grus til glatførebekæmpelse*, november 2006

- /19/ Gladsaxe Kommune, By- og Miljøforvaltningen, Miljøafdelingen: *Tilladelse til tilslutning af drænvand fra kunstgræsbaner ved Bagsværd Stadion, Bagsværd Hovedgade 90, 2880 Bagsværd - matr.nr. 10f, Bagsværd til offentlig kloak*, 26. august 2010
- /20/ Frederiksberg Kommune, By- og Miljøområdet, Bygge, Plan og Miljø: *Tilladelse til tilslutning af drænvand fra kunstgræsbane til offentlig kloak, jf. Miljøbeskyttelseslovens § 28 stk. 3. Matr.nr. 10gd og 10gs, Nandrupvej Idrætsanlæg*, 23. juni 2010
- /21/ Aalborg Universitet, DTU, Teknologisk Institut og Orbicon: *Risiko ved nedsivning og udledning af separatkloakeret regnvand*, Baggrundsrapport, udkast oktober 2012
- /22/ GEUS: *Vurdering af danske grundvandsmagasiners sårbarhed overfor vejsalt*, 2009
- /23/ M.F. Hovmand: *Atmosfærisk deposition af tungmetaller og andre sporelementer i Storkøbenhavn*, Rapport til Københavns Kommune, Teknik og Miljøforvaltning omfatter målinger fra perioden 1972-2007, december 2009
- /24/ Aalborg Universitet, Danmarks Tekniske Universitet, Teknologisk institut & Orbicon A/S: *BAT - Lokale nedsivnings- og renseløsninger*, Baggrundsrapport, Udkast oktober 2012
- /25/ Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, *Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord og kvalitetskriterier for drikkevand*, opdateret juni og juli 2010

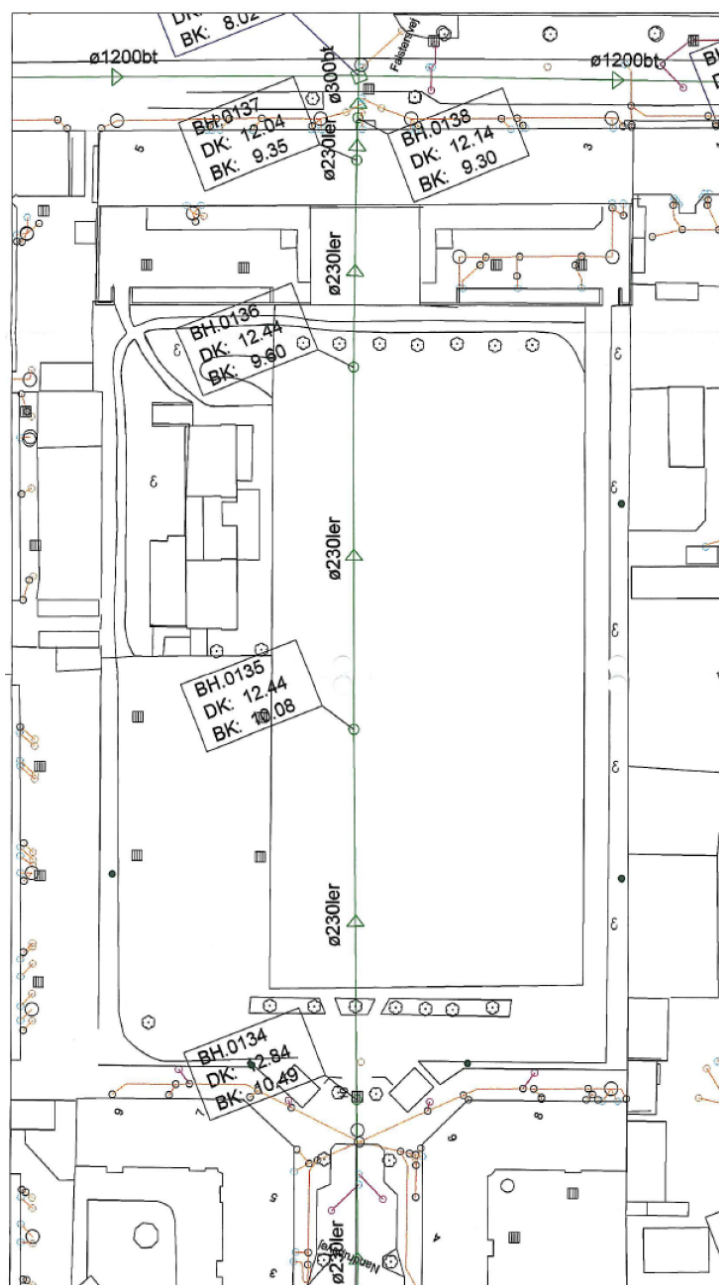
BILAG

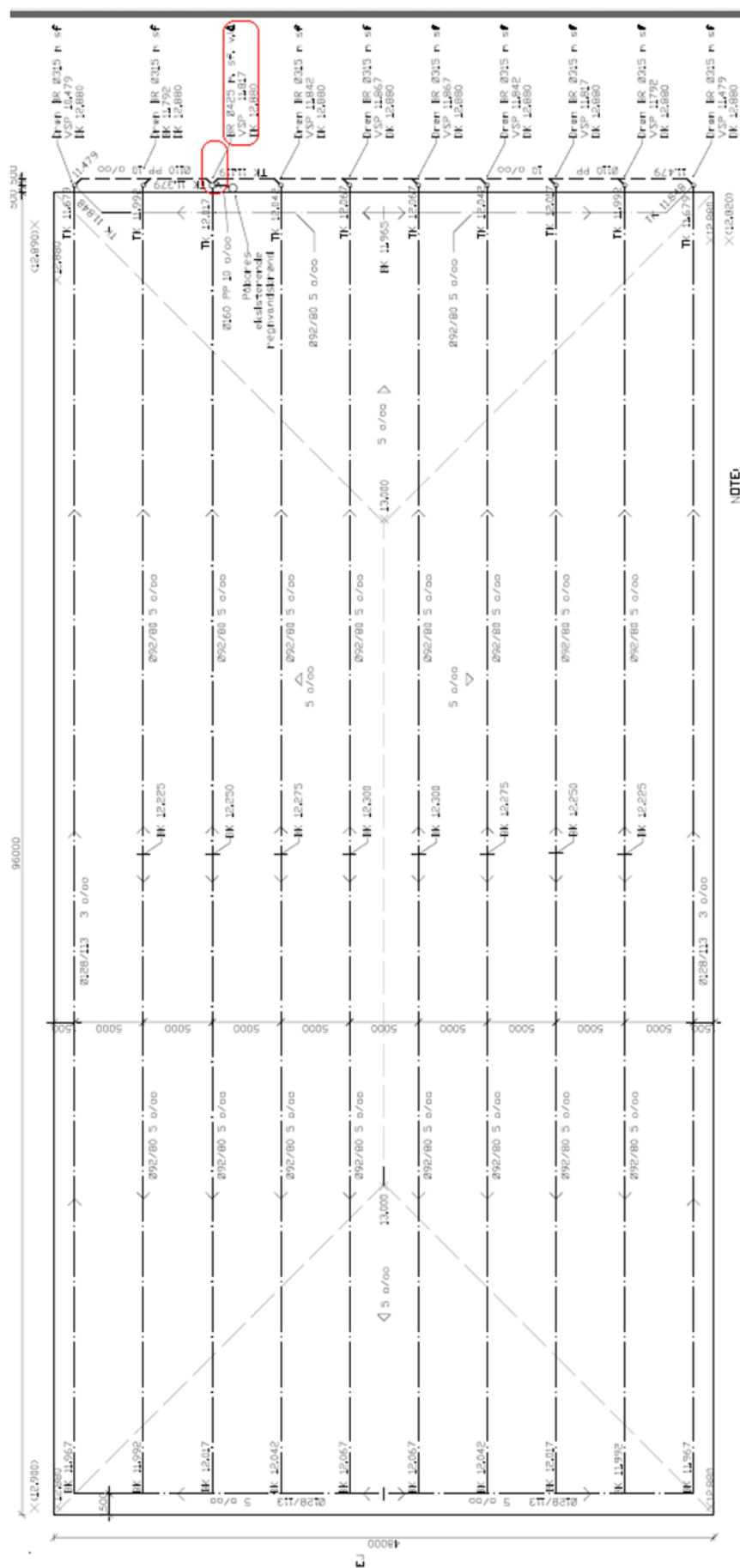
BILAG A

Dræntegninger for prøvetagningssteder

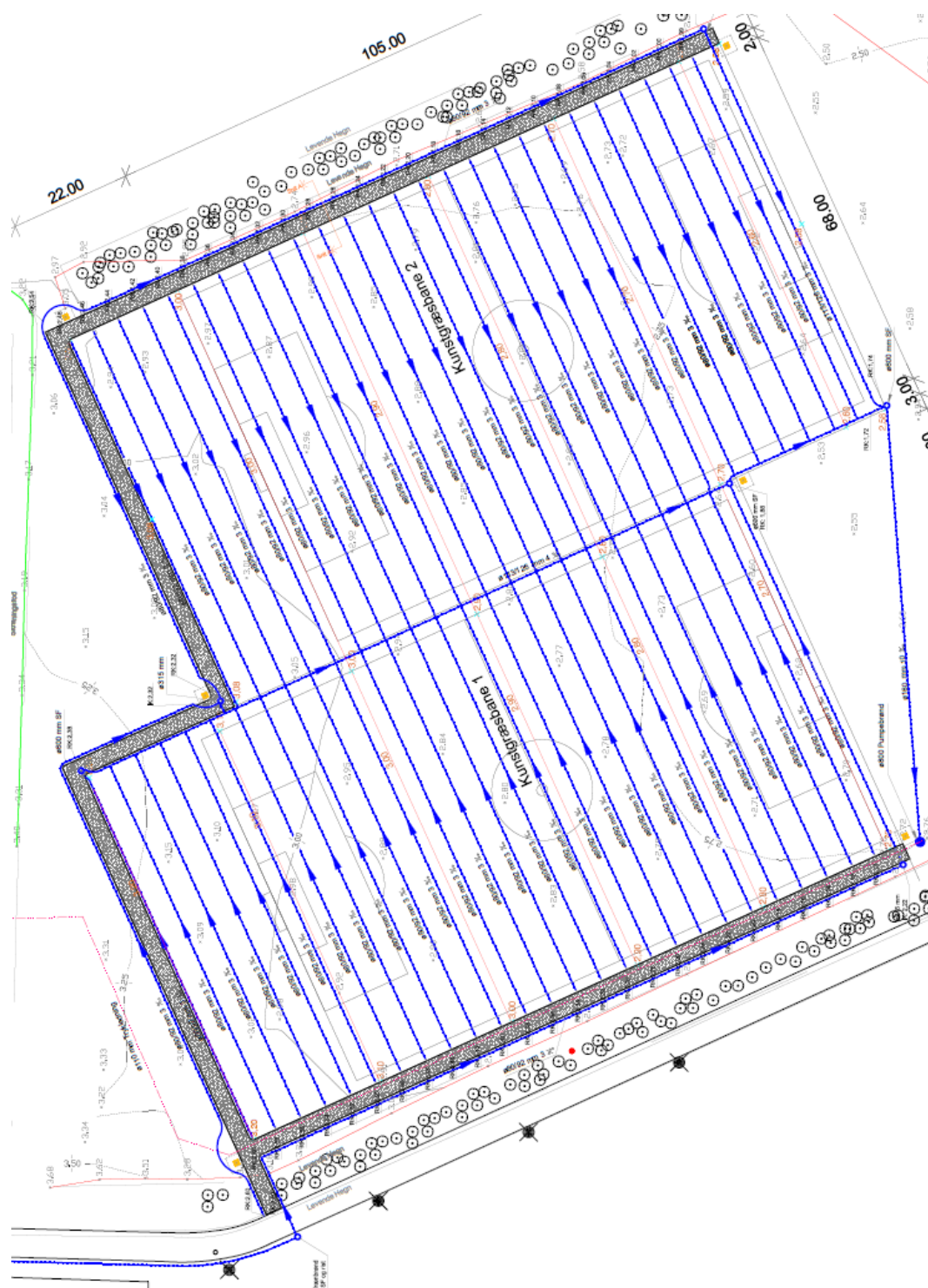
A Dræntegninger for prøvetagningssteder

A.1 Nandrupvej Idrætsanlæg

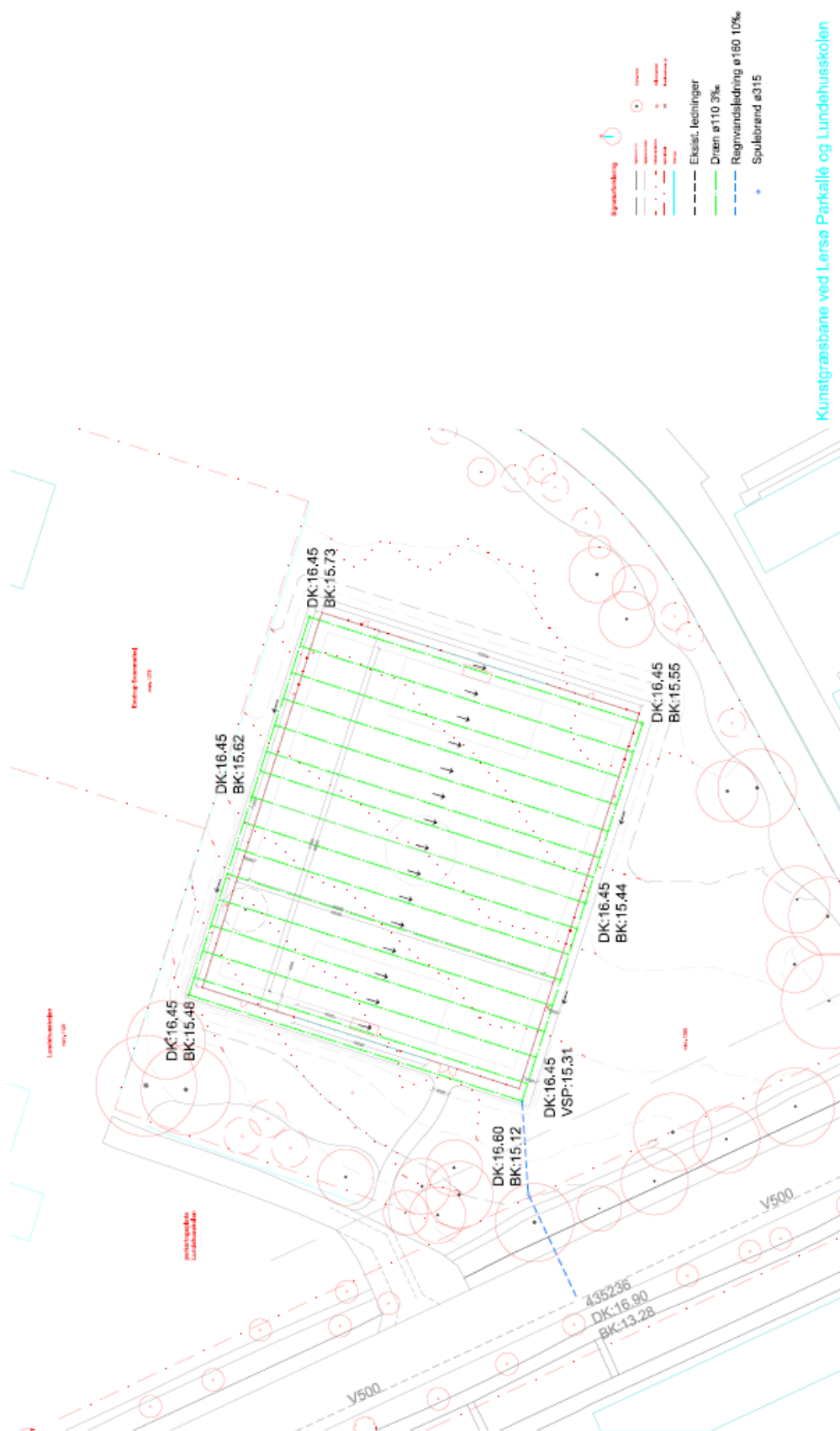




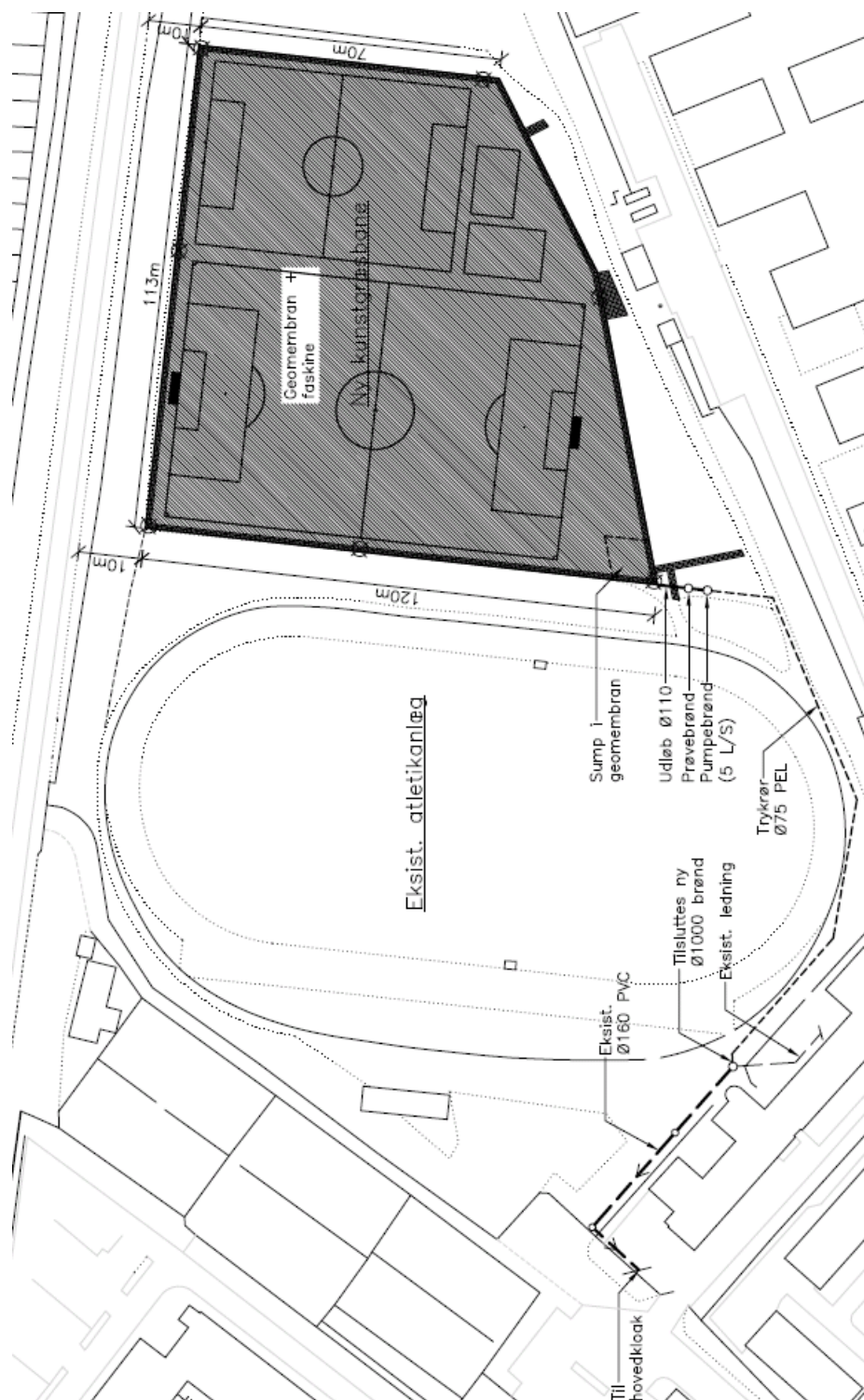
A.2 Valby Idrætspark



A.3 Lundehusskolen



A.4 Bagsværd Stadion



BILAG B

Analyseresultater for to prøver udtaget fra Nandrupsvvej og
Bagsværd Stadion

B.1 Analyseresultater Bagsværd Stadion



Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 65
6600 Vejen
Danmark
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

DHI-Institut For Vand og Miljø
Agern Alle 5
2970 Hørsholm
Att.: Kristina Buus Madsen

Rapportnr.: AR-13-CA-00079549-04
Batchnr.: EUDKVE-00079549
Kunde nr.: CA0000088
Modt. dato: 28.05.2013

Analyserapport

Prøvetype:	Spildevand				
Prøvetager:	Rekvirenten				
Prøveudtagning:					
Analyseperiode:	28.05.2013 - 05.09.2013				
Prøvemærke:					
Lab prøvenr:	07954901	Enhed	DL	Metode	^{*)} Um (%)
Suspenderede stoffer	0.8	mg/l	0.5	DS/EN 872	20
Uorganiske forbindelser					
Total-N	3.6	mg/l	0.05	DS/EN ISO 11905 auto mod Skalar	10
Total-P	0.045	mg/l	0.005	DS/EN ISO 6878 Skalar	10
Chlorid, filtreret	1800	mg/l	1	SM 17. udg. 4500-Cl (E)	10
Sulfat, filtreret	22	mg/l	0.5	SM 17. udg. 4500-SO4 (E)	10
Metaller					
Bly (Pb)	2.1	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Bly (Pb) filtreret	< 0.5	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Cadmium (Cd)	< 0.05	µg/l	0.05	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Cadmium (Cd) filtreret	< 0.05	µg/l	0.05	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Chrom (Cr)	57	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Chrom (Cr) filtreret	56	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Chrom-3	56	µg/l	1	* Beregning	40
Chrom 3, filtreret	56	µg/l	1	* Beregning	40
Chrom (Chrom-6)	1.30	µg/l		* IC/PCR/VIS	
Chrom(VI), opløselig del	1	µg/l	1	* HPLC-PCR-VIS	20
Cobolt (Co)	0.72	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Cobalt (Co) filtreret	0.66	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kobber (Cu)	12	µg/l	1	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kobber (Cu) filtreret	11	µg/l	1	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kviksølv (Hg)	0.57	µg/l	0.05	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kviksølv (Hg) filtreret	< 0.05	µg/l	0.05	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Nikkel (Ni)	1.7	µg/l	1	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Nikkel (Ni) filtreret	2.1	µg/l	1	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Zink (Zn)	< 5	µg/l	5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Zink (Zn) filtreret	< 5	µg/l	5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Organiske samleparametre					
COD, kemisk iltforbrug	31	mg/l	15	DIN 38409-H41	28
Aminer					
Cyclohexylamin	<50	µg/l	20	* Internal Method HPLC/MS/MS	A
Blødgørere					
Di-n-butylphthalat (DBP)	< 0.5	µg/l	0.5	M 0250 GC/MS	24
Benzylbutylphthalat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylhexylphthalat (DEHP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-(2-ethylhexyl)adipat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-n-octylphthalat (DNOP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24

Tegnforklaring:

<: mindre end
>: større end
#: Ingen parametre er påvist
DL: Detektionsgrænse
Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.
Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 1 af 2

DHI-Institut For Vand og Miljø
Agern Alle 5
2970 Hørsholm
Att.: Kristina Buus Madsen

Rapportnr.: AR-13-CA-00079549-04
Batchnr.: EUDKVE-00079549
Kunde nr.: CA0000088
Modt. dato: 28.05.2013

Analyserapport

Prøvetype: Spildevand
Prøvetager: Rekvirenten
Prøveudtagning:
Analyseperiode: 28.05.2013 - 05.09.2013

Prøvemærke:

Lab prøvenr:	07954901	Enhed	DL	Metode	*) Um (%)
Diethylphthalat	< 0.2	µg/l	0.2	M 0250 GC/MS	24
Diisononylphthalat	< 0.3	µg/l	0.3	M 0250 GC/MS	24
Di-n-butylphthalat (DBP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-cyclohexylphthalat	< 0.05	µg/l	0.05	* Own method (GCMS) GC/MS	B
Alkylphenoler og -ethoxylater					
4-n-octylphenol	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	40
4-t-octylphenol	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	40
4-tert-octylphenol monoethoxylat	< 0.5	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	40
4-tert-octylphenol diethoxylat	< 0.2	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	40
Nonylphenoler	0.05	µg/l	0.05	M 0250 GC/MS	30
Nonylphenolmonoethoxylater	< 0.05	µg/l	0.05	M 0250 GC/MS	30
Nonylphenoldiethoxylater	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	30
Phenoler					
Bisphenol A	0.03	µg/l	0.01	M 2233 GC/MS	30

Underleverandør:

A: Eurofins IPL Nord (Lille)
B: Eurofins Environment Testing Belgium (Nazareth)

07954901 Prøvekommentar:

Detekteringsgrænsen er hævet for 4-tert-octylphenolmonoethoxylater og 4-tert-octylphenoldiethoxylater pga. interferens.

Batchkommentar:

Revideret analyserapport erstatter tidligere fremsendte: Resultat for Cr3 er ændret. Vi beklager fejlen.

05.09.2013

Kundecenter
Tel 70224266


Lars Møller Jensen
Senior Kunderådgiver

Tegnforklaring:

<: mindre end
>: større end
#: Ingen parametre er påvist
DL: Detektionsgrænse

*) Ikke omfattet af akkrediteringen
l.p.: Ikke påvist
l.m.: Ikke målelig
a): udført af underleverandør

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 2 af 2

B.2 Analyseresultater Nandrupsvvej



Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 85
6600 Vejen
Danmark
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

Dhi-Institut For Vand Og Miljø
Agern Alle 5
2970 Hørsholm
Att.: Kristina Buus Madsen

Rapportnr.: AR-13-CA-00067986-01
Batchnr.: EUDKVE-00067986
Kunde nr.: CA0000088
Modt. dato: 17.04.2013

Analyserapport

Prøvetype:	Spildevand				
Prøvetager:	Rekvirenten	RBE			
Prøveudtagning:	16.04.2013				
Analyseperiode:	17.04.2013 - 11.06.2013				
Prøvemærke:	Nandrupsvvej				
Lab prøvenr:	06798601	Enhed	DL	Metode	^{*)} Um (%)
Suspenderede stoffer	6.5	mg/l	0.5	DS/EN 872	20
Uorganiske forbindelser					
Total-N	3.6	mg/l	0.05	DS/EN ISO 11905 auto mod Skalar	20
Total-P	0.23	mg/l	0.005	DS/EN ISO 6878 Skalar	10
Chlorid, filtreret	9100	mg/l	1	SM 17. udg. 4500-Cl (E)	10
Sulfat, filtreret	84	mg/l	0.5	SM 17. udg. 4500-SO4 (E)	10
Metaller					
Bly (Pb)	< 0.5	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Bly (Pb) filtreret	< 0.5	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Cadmium (Cd)	0.43	µg/l	0.05	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Cadmium (Cd) filtreret	0.39	µg/l	0.05	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Chrom (Cr)	4.4	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Chrom (Cr) filtreret	2.8	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Chrom-3	2.4	µg/l	1	* Beregning	40
Chrom 3, filtreret	2.8	µg/l	1	* Beregning	40
Chrom (Chrom-6)	2.00	µg/l		* IC/PCR/VIS	
Chrom(VI), opløselig del	<1.0	µg/l	1	* HPLC-PCR-VIS	20
Cobolt (Co)	< 0.5	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Cobalt (Co) filtreret	< 0.5	µg/l	0.5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kobber (Cu)	1.7	µg/l	1	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kobber (Cu) filtreret	< 1	µg/l	1	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kviksølv (Hg)	0.25	µg/l	0.05	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Kviksølv (Hg) filtreret	0.090	µg/l	0.05	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Nikkel (Ni)	2.2	µg/l	1	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Nikkel (Ni) filtreret	1.3	µg/l	1	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Zink (Zn)	< 5	µg/l	5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Zink (Zn) filtreret	< 5	µg/l	5	DS/EN ISO 17294m:2005 ICP/MS	30
Organiske samleparametre					
COD, kemisk iltforbrug	20	mg/l	15	DIN 38409-H41	28
Aminer					
Cyclohexylamin	<20	µg/l	20	* Internal Method HPLC/MS/MS	A
Aromatiske kulbrinter					
Benzen	< 0.02	µg/l	0.02	ISO 11423-2 GC/MS	20
Toluen	0.19	µg/l	0.02	ISO 11423-2 GC/MS	20
Ethylbenzen	< 0.02	µg/l	0.02	ISO 11423-2 GC/MS	20
m+p-Xylen	0.023	µg/l	0.02	ISO 11423-2 GC/MS	20
o-Xylen	< 0.02	µg/l	0.02	ISO 11423-2 GC/MS	20
Kulbrinter (pentan-ekstraherbare)					

Teckenforklaring:

<: mindre end
>: større end
#: Ingen parametre er påvist
DL: Detektionsgrænse
Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

*) Ikke omfattet af akkrediteringen
i.p.: Ikke påvist
l.m.: Ikke målelig
e): Udført af underleverandør

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 1 af 3

DHI-Institut For Vand Og Miljø
Agern Alle 5
2970 Hørsholm
Att.: Kristina Buus Madsen

Rapportnr.: AR-13-CA-00067986-01
Batchnr.: EUDKVE-00067986
Kunde nr.: CA0000088
Modt. dato: 17.04.2013

Analyserapport

Prøvetype:	Spildevand				
Prøvetager:	Rekvirenten	RBE			
Prøveudtagning:	16.04.2013				
Analyseperiode:	17.04.2013 - 11.06.2013				
Prøvemærke:	Nandrupsvej				
Lab prøvenr:	06798601	Enhed	DL	Metode	Um (%)
Benzen-C10	< 2	µg/l	2	ISO 9377-2 mod. GC/FID	40
C10-C25	52	µg/l	8	ISO 9377-2 mod. GC/FID	50
C25-C35	30	µg/l	10	ISO 9377-2 mod. GC/FID	70
Sum (Benzen-C35)	82	µg/l		ISO 9377-2 mod. GC/FID	
Blødgørere					
Di-n-butylphthalat (DBP)	< 0.5	µg/l	0.5	M 0250 GC/MS	24
Benzylbutylphthalat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylhexylphthalat (DEHP)	30	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-(2-ethylhexyl)adipat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Di-n-octylphthalat (DNOP)	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	24
Diethylphthalat	0.31	µg/l	0.2	M 0250 GC/MS	24
Diisononylphthalat	< 0.3	µg/l	0.3	M 0250 GC/MS	24
Di-cyclohexylphthalat	< 1	µg/l	0.05	* Own method (GCMS) GC/MS	24
Alkylphenoler og -ethoxylater					
4-n-octylphenol	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	40
4-t-octylphenol	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	40
4-tert-octylphenol monoethoxylat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	40
4-tert-octylphenol diethoxylat	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	40
Octylphenol	< 0.1	µg/l	0.1	* M 0250 GC/MS	30
Nonylphenoler	< 0.05	µg/l	0.05	M 0250 GC/MS	30
Nonylphenolmonoethoxylater	< 0.05	µg/l	0.05	M 0250 GC/MS	30
Nonylphenoldiethoxylater	< 0.1	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	30
Sum af Nonylphenol+ethoxylater	#	µg/l	0.1	M 0250 GC/MS	
Phenoler					
Bisphenol A	< 0.01	µg/l	0.01	M 2233 GC/MS	30

Underleverander:

A: Eurofins IPL Nord (Lille)
B: Eurofins Environment Testing Belgium (Nazareth)

06798601 Prøvekommentar:

Kromatogrammet viser indhold af uidentificerede komponenter med et kogepunktsinterval mellem 210°C og 410°C.

Batchkommentar:

Resultater fra underleverandør eftersendes.

Tegnforklaring:

<: mindre end
>: større end
#: Ingen parametre er påvist
DL: Detektionsgrænse
Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se i øvrigt www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.
*): Ikke omfattet af akkrediteringen
I.p.: Ikke påvist
Um.: Ikke målelig
e): Udført af underleverandør

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).
Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

Side 2 af 3



Eurofins Miljø A/S
Ladelundvej 65
6600 Vejen
Danmark
Telefon: 7022 4266
CVR/VAT: DK-2884 8196

Dhi-Institut For Vand Og Miljø
Agern Alle 5
2970 Hørsholm
Att.: Kristina Buus Madsen

Rapportnr.: AR-13-CA-00067986-01
Batchnr.: EUDKVE-00067986
Kunde nr.: CA0000088
Modt. dato: 17.04.2013

Analyserapport

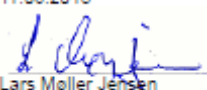
Prøvetype: Spildevand
Prøvetager: Rekvirenten RBE
Prøveudtagning: 16.04.2013
Analyseperiode: 17.04.2013 - 11.06.2013

Prøvemærke: Nandrupsvvej

Lab prøvenr:	06798601	Enhed	DL	Metode	*) Um (%)
--------------	----------	-------	----	--------	-----------

11.06.2013

Kundecenter
Tel 70224266


Lars Møller Jensen
Senior Kunderådgiver

Tegnforklaring:

<: mindre end

>: større end

#: Ingen parametre er påvist

DL: Detektionsgrænse

Um (%): Den ekspanderede måleusikkerhed Um er lig 2 x RSD%, se 1 ovenfor www.eurofins.dk, søgeord: Måleusikkerhed.

Prøvningsresultaterne gælder udelukkende for de(n) undersøgte prøve(r).

Rapporten må ikke gengives, undtagen i sin helhed, uden prøvningslaboratoriets skriftlige godkendelse.

*) Ikke omfattet af akkrediteringen

Ip.: Ikke påvist

Lm.: Ikke målelig

uj: udført af underleverandør

Side 3 af 3

BILAG C

Feltskemaer og flowgraf

Feltskema

Prøvested: Nandrupsgade, Frederiksberg

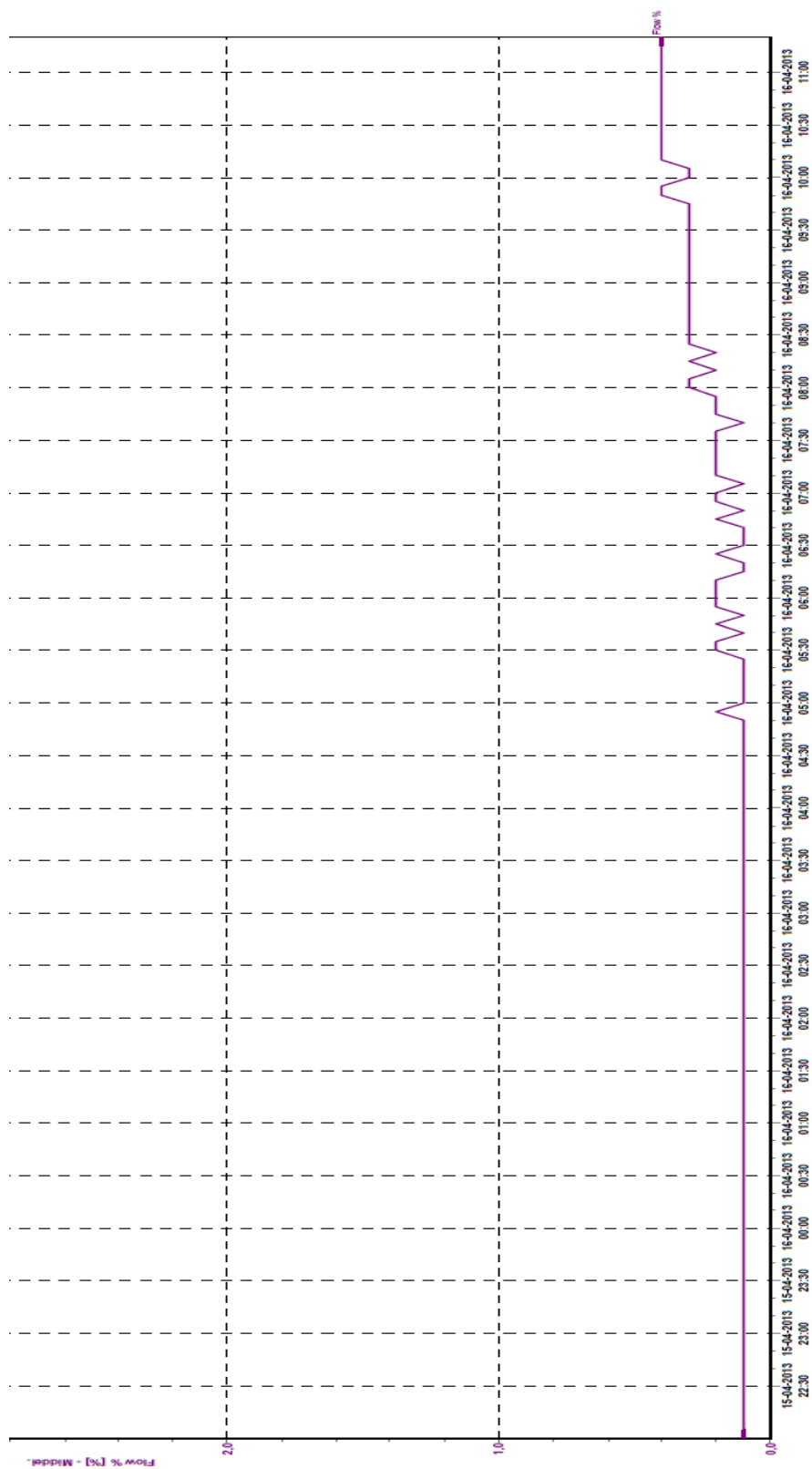
Projekt nr.:

Brønd nr: Dræn fodboldbane1

Initialer: RDE

Dato	Klokken	Prøvetid timer/min	Tæller aflæst	Dif. tæller	Korr. Flow m ³	Regnmængde mm	Råvandstæller m ³	Dif. råvandstæller m ³
15-04-2013	22:00		35131					
16-04-2013	11:20	13:20	35171	40	2	5		0
I alt:								

Prøvetagning:			Bemærkninger:	
Stikprøve:	Flowproportional: X	Tidsproportional:	Ved opsætning løber der lidt vand fra drænet.	
Parametre:			Ved nedtagning løber der mere vand, trods tørvejlr.	
Flow:	X	pH:	Temperatur:	
Konservering:		Nedkøling: X	Svovlsyre:	
Udstyr:				
Flowmåler:	Siemens	Måleområde:		250
Flaktør:	0 05	Forvaldstæller:	1	



Feltskema

Prøvested: Valbyparken, København	Brønd nr: Dræn fodboldbaner
Projekt nr.:	Initialer: RDE

Dato	Klokken	Prøvetid timer/min	Tæller aflæst	Dif. tæller	Korr. Flow m ³	Regnmængde mm	Råvandstæller m ³	Dif. råvandstæller m ³
15-04-2013	21:30		595947					
16-04-2013	10:50	13:20	595947	0	0	7		0
22-04-2013	14:00		595947					
23-04-2013	14:00	24	595947	0	0	2		
25-04-2013	12:00		595947					
26-04-2013	12:00	24	595947	0	0	5		
I alt								

Prøvetagning:				Bemærkninger:			
Stikprøve:		Flowproportional:	X	Tidsproportional:			
Parametre:				Der er ikke løbet vand til brønden ved regnvejs-			
Flow:	X	pH:		hændelser.			
Konservering:		Nedkøling:	X	Temperatur:			
Udstyr:				Svovlsyre:			
Flowmåler:	Siemens	Måleområde:					
Faktor:	0,05	Forvalgstæller:	1	Delprøvestørrelse			
				250			

BILAG D

Karakteristik af målepunkter

D Karakteristik af målepunkter

Kunstgræsbane	Nandrupsvej	Valby Idrætspark	Lundehusskolen	Bagsværd Stadion
Generation	3.	3.	3	3.
Underlag	35 mm gummipad	Gummipad	Grus	Grus
Infill	Kvartssand og gråt industrigummi	Sand og sort SBR (bildæk)	Sand og sort SBR (bildæk)	Ca. 161 ton sandfyld og 173 ton sort SBR
Græs	40mm Ligaturf 265 RS+ (Polyethylen)	Sports Turf - PrestigeXM 40 (Polyethylen)	Greenfields Slide Max 50-12 OG/FG (500 mm) (Polyethylen)	EDEL "Soccer Future DS"
Størrelse	4.608 m ²	2 x 9.490 m ²	4.260 m ²	11.500 m ²
Anlægsår	Maj 2010	Nov 2011	Efterår 2012	Efterår 2010
Afledning	Til Renseanlæg Lynetten	Til Renseanlæg Damhusåen	Til Renseanlæg Lynetten	Til Lundtofte Renseanlæg
Prøvetagningsbrønd	Ø1000 mm betonbrønd på eksisterende regnvandsledning. Der måles på tilledningen fra kunstgræsbanen. Drænvandet har passeret en sandfangsbrønd inden prøvetagning.	Ø600 mm brønd i hjørnet mellem de to baner. Afleder alt drænvand fra de to baner, undtagen ca. 1/5 af den østlige bane. Der måles på den nordlige tilledning (Ø113/126 mm ledning).	Ø315 spulebrønd i hjørnet ud mod Lersø Parkallé. Brønden afleder drænvand fra hele banen.	Tilledning til pumpebrønd.
Opbygning af drænsystem	Dræn-strengene er etableret med ca. 5 meters afstand i filtergrus under råjordsplanum.	Dræn-strengene er etableret med ca. 5 meters afstand.	Dræn-strengene er etableret med ca. 5 meters afstand.	1 mm geomembran GSE HDPE er udlagt på 5 cm tyk pude i sandfyld. Membranen er sammenlimet og istøbt et udløb i 110 mm pvc rør, der forbindes til pumpebrønd.

BILAG E

Registreret nedbør i prøvetagningsperioden (SVK-målere)

E Registreret nedbør i prøvetagningsperioden (SVK-målere)

Stationsnavn (SVK-måler nr)	Dato	Start	Varighed (min)	Nedbør (mm)
Landbohøjskolen (5730)	15/04/2013	19:51	6	0,4
(<i><1 km fra Nandrupvej</i>)	15/04/2013	21:20	50	3,8
	15/04/2013	23:36	20	0,4
	16/04/2013	01:54	14	0,4
				5,0
Kgs. Enghave (5765)	15/04/2013	19:18	48	0,8
(<i>ca. 1 km fra Valby Idrætspark</i>)	15/04/2013	21:17	48	5,6
	15/04/2013	23:25	11	0,4
	16/04/2013	01:19	34	0,4
				7,2
	17/04/2013	22:49	193	3
	23/04/2013	05:31	57	0,6
	25/04/2013	19:01	119	3,6
Bispebjerg Hospital (5715)	19/05/2013	07:47	232	10,2
(<i>ca. 250 m fra Lundehusskolen</i>)				
	21/05/2013	16:17	189	4,8
	21/05/2013	21:10	43	0,4
				5,2
	22/05/2013	03:01	122	3,6
	22/05/2013	06:19	121	1,6
	22/05/2013	11:52	114	4,8
	22/05/2013	15:10	338	5,2
				15,2
Gladsaxe Søvej (5641)	25/05/2013	01:30	302	3,6
(<i>ca. 500 m fra Bagsværd Stadion</i>)				
	26/05/2013	10:25	15	0,8
	26/05/2013	14:09	355	6,6
				7,4

