Fakulteten en för samhälls- och livsvetenskaper

Margareta Wallsten

Växters förmåga att ackumulera metaller

- Vass, bredkaveldun och gäddnate i Bergviks dagvattendamm

Plants ability to accumulate metals.

- Reed, reed mace and broad-leafed pondweeds in Bergviks surface-water ponds

Biologi
C-uppsats

Datum/Termin: 2008-05-28
Handledare: Johanne- Sophie Selmer
Examinator: Eva Bergman
Löpnummer: 08:28

Karlstads universitet 651 88
Karlstad, Tfn 054-700 10 00

Sammanfattning

Dagvatten innehåller olika föroreningar ifrån trafik och vägar. För att dessa föroreningar inte ska nå ut till sjöar och påverka flora och fauna kan man anlägga dagvattendammar vid områden med mycket trafik. Bergviks köpcentrum i Karlstad har byggt två dagvattendammar för att minska belastningen när det gäller föroreningar till recipienten Kattfjorden. Tungmetaller är föroreningar som kan vara essentiella för flora och fauna i små mängder men när de förekommer i större mängd blir de toxiska. I Bergviks dagvattendamm finns en reningsdamm där tungmetaller kan sedimentera till botten så att de inte direkt tillförs till Kattfjorden. I denna damm finns växter som gäddnate, vass och bredkaveldun. Flera undersökningar visar att växter har en förmåga att ackumulera metaller och lagra dem. Gäddnate, vass och bredkaveldun i Bergviks dagvattendamm innehåller alla metallerna arsenik, bly, kadmium, krom, kobolt, koppar, nickel, vanadin och zink. Resultatet i denna undersökning visar att det finns en signifikant skillnad mellan dessa tre växter när det gäller olika metallhalter. Gäddnate innehöll signifikant högre halter av krom, kobolt, koppar, nickel, vanadin och zink än vass och bredkaveldun. Kadmium, koppar och zink förekom i större halt i gäddnate än i sedimenten i dagvattendammen. Detta kan bero på att gäddnate kan ackumulera metaller direkt ifrån vattnet medan vass och bredkaveldun är rotackumulerare. Gäddnate är en väldigt effektiv växt att ha i dagvattendammar då den har denna förmåga till ackumulering av föroreningar i vattnet. Regelbunden skörd av gäddnate i Bergviks dagvattendamm tillsammans med rensning av sedimenten kan minska metallernas påverkan på recipienten Kattfjorden.

Abstract

Surface-water includes different kinds of pollutants from traffic and roads. To prevent these pollutants to reach nearby lakes one can construct surface-water ponds on locations with heavy traffic. At Bergviks shopping centre in Karlstad, two ponds, one smaller and one bigger has been constructed in order to decrease the pollutant pressure from the receiving waters of Kattfjorden. Several heavy metals are essential for plants and animals in low concentration but when they occur in higher concentrations, they become toxic to the organism. The larger pond at Bergviks shopping centre has a sedimentation function so the heavy metals sink to the bottom thereby not releasing directly in to Kattfjorden. In this specific pond, plants such as reed, reed mace and broad-leafed pondweeds are the most common plants. Several studies show that plants have the ability to accumulate and store heavy metals. Reed, reed mace and broad-leafed pondweeds in the surface-water pond at Bergviks shopping centre all contains arsenic, lead, cadmium, chrome, cobalt, copper, nickel and zinc. The results in this study show a significant difference between these three plants in their heavy metals concentration. Broad-leafed pondweed had significantly higher concentrations of chrome, cobalt, copper, nickel, vanadium and zinc than reed and reed mace. Cadmium, copper and zinc also occurred in higher concentrations in broad-leafed pondweeds than in the sediment of the pond. Broad-leafed pondweed has the ability to accumulate heavy metals directly from the water while reed and reed mace only accumulate heavy metals with their roots. This could help explain the higher concentration in broad-leafed pondweed, in comparison to reed and reed mace. Due to the high metal concentration in the broad-leafed pondweed, it is appropriate to put this plant in surface-water ponds, in order to elute the water from heavy metals. Regular harvesting of the broad-leafed pondweed from the surface-water pond, together with regular cleaning of the sediment may reduce the occurrence of heavy metals in the recipient of Kattfjorden.

Inledning

När man 1990 byggde ut Bergviks köpcentrum i Karlstad ökade behovet av att rena det utgående dagvattnet till recipienten Kattfjorden. Dagvatten från parkeringsplatser och andra trafikytor innehåller ofta betydande mängder metaller som bör avlägsnas innan de släpps ut till recipienten. Till följd av detta anlades två dagvattendammar i anslutning till köpcentret. Dammarna har som funktion att förlänga uppehållstiden för de ämnen som dagvatten innehåller genom att fördröja vattenflödet. Bergviks dagvattendammsystem består av två dammar, en mindre utjämningsdamm som följs av en större reningsdamm. Denna behandlingsmetod är baserad på en ekologisk princip som sker naturligt i miljön i form av våtmarker. I utjämningsdammen samlas allt dagvatten för att sedan föras vidare till den andra, större reningsdammen (Färm, 2003). I ett exploateringsavtal med Karlstad kommun ska Bergviks köpcentrum följa upp dagvattnets kvalitet. Genom att analysera växternas funktion i reningsdammen gällande metallackumulation får man en bild av vilken kvalitet dagvattnet har gällande metallföroreningar (Willhelmsson, 2007).

I reningsdammen filtreras dagvattnet genom sedimenten innan det når recipienten. Under denna process kan metaller binda till substratet och rena vattnet från föroreningar. Växterna som finns i dammarna stabiliserar även metallerna i sedimenten. Detta genom att de ackumulerar metaller i rötternas vävnad och därmed hindrar erosion, samt ger ökad yta för metallföroreningarna att bindas till. Vissa växter minskar även vattenflödet så metallerna sedimenterar lättare. Om växterna dessutom har hög metallackumulation i sina skott kan man skörda dessa växter och kontinuerligt få bort metaller från systemet (Fritioff, 2005).

Vegetationen i dagvattendammar skapar gynnsamma förhållanden till de mikroorganismer som finns i dammen. De bidrar till att de lättare kan bryta ner och omvandla föroreningarna som tillförs. Undervattensväxter som gäddnate producerar syre i vattnet vilket gynnar nedbrytning av olika föreningar. Även bladvass och bredkaveldun syresätter sedimenten då de har ihåliga strån och syreläckage från rötterna (Runeson, 2002).

Den metod där man använder sig av växter för att minska föroreningar i miljön eller för att minska dess påverkan på omgivningen kallas *bioremediering* (Cunningham & Berti, 1993). De växter som finns i en damm har olika förmåga till bioremediering. Vissa växtarter är effektivare än andra på att ackumulera och fördela metaller i sedimenten. Det är därmed viktigt att man väljer ut rätt arter i dagvattendammar (Fritioff & Greger, 2003).

Gäddnate är till skillnad från vass och bredkaveldun en flytbladsväxt. Flytbladsväxter ackumulerar höga halter av metaller i både skott och rötter. Vass och bredkaveldun växer på grundare vatten och ackumulerar mest metaller i rötterna. Studier på gäddnate visar på att metallackumulationen i skotten kommer från ett direktupptag av metaller från vattenkolumnen (Fritioff, 2005). Gäddnate växer ofta snabbt och kan behöva skördas regelbundet för att inte beståndet ska bli för stort. Gäddnate passar att användas till bioremediering då de ofta förekommer i hög abundans och det går snabbt att göra kulturer av gäddnate till en låg kostnad (Schneider et al, 1999). Tidigare studier visar på att direktupptag av zink, koppar, kadmium och kvicksilver hos gäddnate sker både via blad och stam. Gäddnate bidrar inte till spridning av metaller från sedimenten till vattnet då det inte sker någon omfördelning av metaller mellan rötter och skott (Fritioff & Greger, 2003).

Även om vass och kaveldun växer på samma område i dammen och båda är höga vattenväxter finns det skillnader mellan dessa när det gäller metallupptag. I en undersökning blev dessa växtarter utsatta för höga halter av kadmium i sedimenten. Kaveldun ackumulerade då mer kadmium i sitt skott än vad vass gjorde. Detta beror på att växterna har olika strategier när de blir utsatta för höga halter av kadmium (Fediuc & Erdei, 2002). I en annan undersökning ackumulerade bredkaveldun signifikant mycket högre halter av bly, zink och koppar i sin vävnad än vass (Deng et al, 2004). Bredkaveldun kan innehålla höga halter av kadmium och bly även när det är låga koncentrationer i sedimenten. Detta visar att bredkaveldun är väldigt effektiv att ackumulera dessa tungmetaller (Fritioff, 2005). Vass har däremot ackumulerat högre halter av nickel i en tidigare studie (Cardwell et al. 2002). När man tidigare undersökt vass har det visat sig att denna växtart ackumulerat höga halter av koppar och zink, men lägre koncentrationer av krom (Weis & Weis, 2004).

Att bredkaveldun, gäddnate och bladvass växer så bra i Bergviks reningsdamm beror på att de har hög toleransnivå mot tungmetaller. Även om en växt är tolerant mot tungmetaller behöver den inte vara effektiv på att ackumulera metaller (Fritioff, 2003).

I dagvatten förekommer en rad olika tungmetaller. Flera av dessa metaller, såsom krom, koppar och zink är essentiella för organismer, men endast i små koncentrationer. Andra metaller är giftiga oavsett koncentration, till exempel bly och kadmium. Dessa metaller kan vara toxiska för organismer om de förekommer i höga koncentrationer. Metallers löslighet i vatten är vid naturliga pH- värden relativt låg. Det innebär att metallerna sedimenterar och metallhalten i sedimenten är därmed oftast signifikant högre än den i överliggande vatten (Salomons & Förstner, 1995).

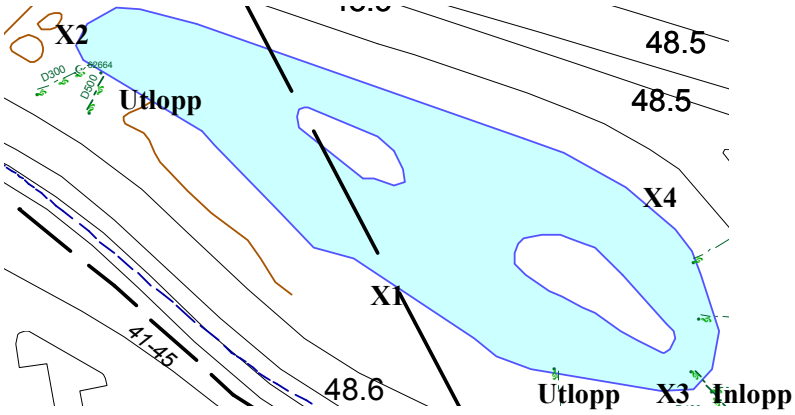
Växternas tolerans mot metaller skiljer sig något från andra organismer. Kadmium kan tas upp i låga koncentrationer av växter utan att vara giftigt. Kadmium transporteras ofta i växten och man kan hitta höga koncentrationer i skottet hos vass och bredkaveldun som annars främst ackumulerar metaller i rötterna. Även zink är rörlig i växten, men höga zinkkoncentrationer anses vara giftigt för växter (Ahmet Aksoy, 2005).

Syftet med denna uppsats är att ta reda på om olika växter i en dagvattendamm innehåller olika halter av tung-metaller. Min hypotes är att bredkaveldun, vass och gäddnate har olika förmåga att ta upp och ackumulera metaller. Tidigare undersökningar (Fritiof, 2005) tyder på att bredkaveldun är något effektivare än vass på att ackumulera metaller. Bredkaveldun och vass kan endast ackumulera metaller genom rötterna. Gäddnate kan ackumulera metaller direkt ifrån vattenytan vilket kan ge högre metallhalter i gäddnate än i bredkaveldun och vass.

Metod och material

Bergviks dagvattendamm består av en mindre utjämningsdamm som följs av en större sedimenteringsdamm. I sedimenteringsdammen finns det två öar, dessa har som funktion att sprida vattnet i dammen så att det inte blir stillastående.

En inventering av Bergviks sedimenteringsdamm har utförts. Då vegetation i dammen är tät räckte det med att gå runt dammen för att se vilka växter som var dominerade. Eftersom dammen är grumlig och djup gjordes ingen inventering av undervattensväxter. Inventeringen visade att dammen till största del består av tre olika växtarter, gäddnate, bredkaveldun och vass. Vass och bredkaveldun växte längst kanterna på dammen samt de inre öarnas kanter. Gäddnate förekom på djupare vatten och täckte större delar av vattnets yta.



Figur 1: Bergviks sedimentationsdamm med de fyra provställena X1-X4 utmarkerade, samt ut- och inlopp.

Provtagningen och det övriga fältarbetet utfördes under augusti månad, 2007. Fyra provställen valdes ut, två vid inloppet, en mellan de två utloppen och det fjärde efter utloppen (figur 1). Vid varje provställe plockades ett antal växter av de tre utvalda växtarterna. Växtproverna togs för hand och inkluderade både skott och rötter. Växtproverna placerades i plastpåsar och lämnades sedan in till ALControl i Karlstad för metallanalys. Totalt togs 12 växtprover, fyra av vardera växt.

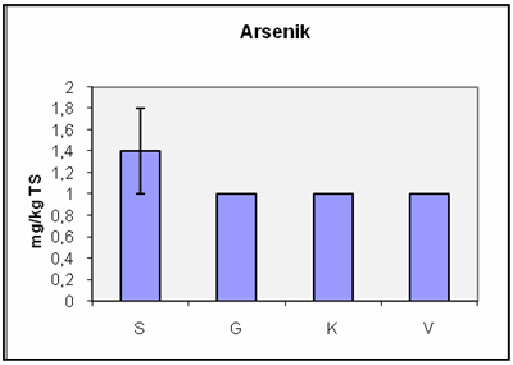
Sedimentprover togs med en rörhämtare, typ Willnerhämtare. Ett sedimentprov togs per provställe och uppskattningsvis togs sedimentproverna till ett djup av cirka 8 cm. Det noterades att sedimenten i vissa prov till viss del bestod av detritus (förmultnande växtdelar), dessa plockades bort i så stor mån som möjligt. I vissa provställen var det svårt att få med sig sediment då ytan var hård och bestod av mindre stenar. Analysmaterialet placerades i plastburkar och lämnades sedan till ALControl i Karlstad för metallanalys.

Alla proverna analyserades av ALControl i Linköping. Analysmetod för tungmetaller i sediment var enligt (Svensk Standard) – SS-EN ISO 11885. Det innebär att man bestämmer metallhalten genom atomemissionsspektroskopi med induktivt kopplad plasma. Proverna analyserades m a p innehåll av metallerna; arsenik, bly, kadmium, kobolt, krom, koppar, nickel, vanadin och zink. Även provets torrsubstans (TS), dvs. den mängd av provet som återstår efter torkning vid 105°C mättes.

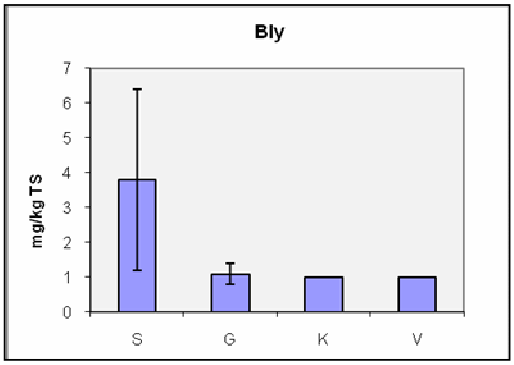
Analysresultaten har bearbetats i Excel, där har medelvärden, standardavvikelser och diagram genomförts. För att räkna ut eventuell signifikans mellan de olika växterna har jag använt mig av Kruskal-Wallis**.**

Resultat

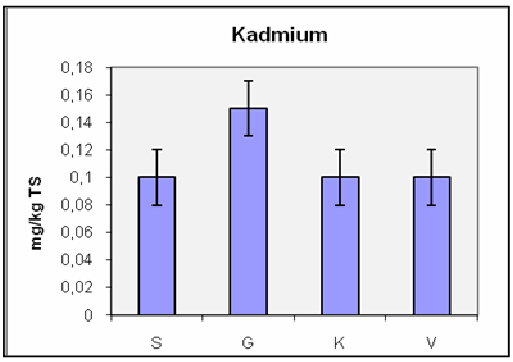
För att testa om växterna hade ackumulerat olika mycket av de undersökta metallerna genomfördes ett Kruskal- Wallis test för gäddnate, vass och bredkaveldun. Testet visade att signifikanta skillnader i växterna fanns för metallerna kobolt, koppar, krom, nickel, vanadium och zink (Kruskal- Wallis, df=2, H= 7,38- 7,73, P= 0,021-0,025). Den växt som hade ackumulerat högst halter av dessa metaller var gäddnate. Metallerna arsenik, kadmium och bly hade ingen signifikant skillnad i haltförekomst i bredkaveldun, vass och gäddnate (Kruskal- Wallis, df=2, H= 0- 1.85, P= 0,40-1). Vid analyserna av kadmium, koppar och zink fanns det högre halter av metallerna i gäddnate än i sedimenten (se figur 2c, e, i). Högst metallhalter i sedimenten än i någon av växterna fanns av metallerna arsenik, bly, kobolt, krom, nickel och vanadium (se figur 2a ,b, d, f, g, h). Gäddnate hade högre metallhalter av bly och kadmium än bredkaveldun och vass men denna skillnad var inte signifikant (se figur 2b, c).



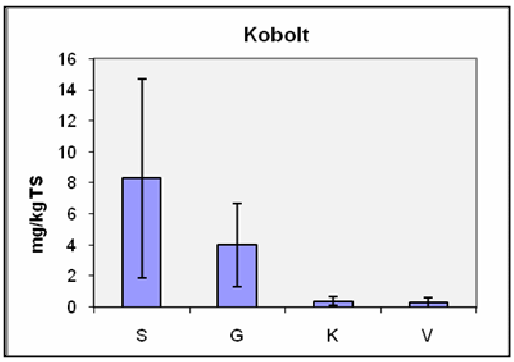
Figur 2a.



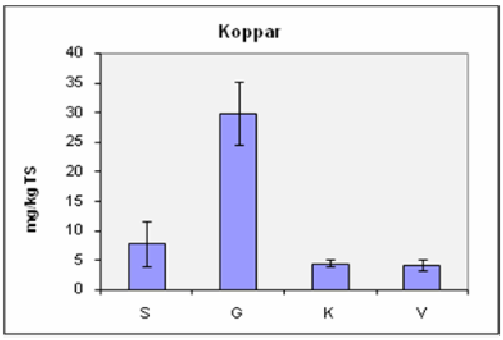
Figur 2b.



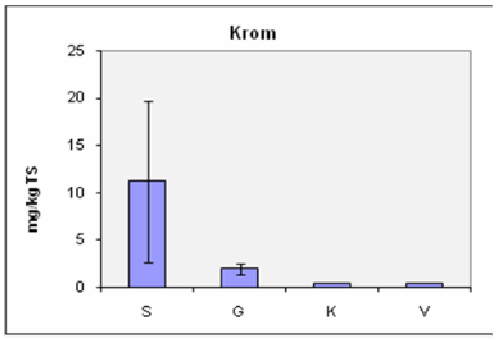
Figur 2 c.



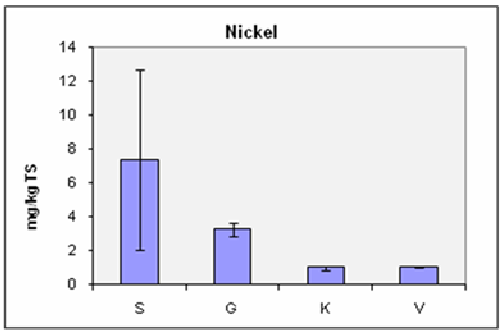
Figur 2 d.



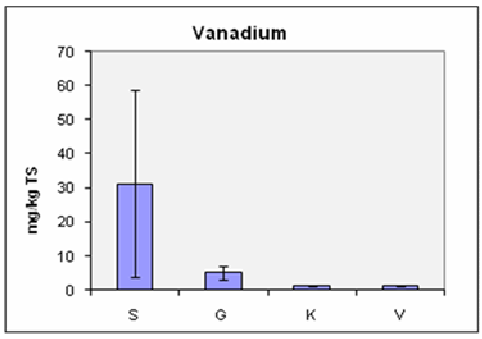
Figur 2 e.



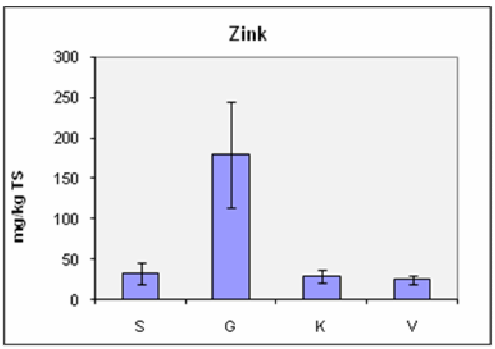
Figur 2 f.



Figur 2 g.



Figur 2 h.



Figur 2 i.

Figuren 2a-i visar medelhalten av a) arsenik, b) bly, c) kadmium, d) kobolt, e) koppar, f) krom, g) nickel, h) vanadium och i) zink i sediment, gäddnate och vass. Standardavvikelser finns markerade i form av staplar, staplar utan spridningsmått har sd= 0. I diagrammen är S= sediment, G= gäddnate, K= kaveldun och V= vass. Observera att y-axlarna har olika skala för de olika analyserade ämnena.

Diskussion

Resultaten vid denna undersökning tyder på att det finns skillnader i hur höga metallhalter olika växter kan ta upp och lagra. Gäddnate var den växt som hade högst metallhalter gällande nästan alla de undersökta metallerna. Vid analyserna av kadmium, koppar och zink fanns det högre halter av metallerna i gäddnate än i sedimenten, vilket kan tyda på att gäddnate är väldigt effektiv på att ta upp metaller även vid låga koncentrationer. Det kan bero på att gäddnate även har förmågan att ta upp metaller direkt från vattenytan medan bredkaveldun och vass endast tar upp metaller från sedimenten via sitt rotsystem. Tidigare undersökningar av Fritioff & Greger, (2003) har visat att gäddnate är effektiv på att ta upp tungmetaller såsom koppar, kadmium, kvicksilver och zink både genom blad och stam. I denna undersökning var halten av koppar och zink väldigt hög i gäddnate vilket styrker tidigare studier.

Bredkaveldun och vass hade liknande ackumuleringshalter av metallerna, bredkaveldun hade dock något högre värden av zink vilket stödjer tidigare undersökningar (Deng et al, 2004). Att både bredkaveldun och vass är rotackumulerare kan bidra till att det fanns lägre halter i dessa än i gäddnate då proverna togs på hela växter. Att bredkaveldun skulle vara effektivare än vass på att ackumulera kadmium, bly, zink och koppar visades inte lika tydligt i den här studien som i andra(Deng et al, 2004). Bredkaveldun hade ackumulerat högre halter av koppar och zink men när det gällde ackumulering av kadmium och bly hade både växterna ackumulerat samma halter.

Alla tungmetaller, även de metallerna blir skadliga för djur och växter när de förekommer i höga halter. Vad som anses som en hög halt av en metall skiljer sig stort mellan olika metaller (Naturvårdsverket, 2006). Naturvårdsverket har tagit fram riktlinjer genom att dela in metallhalter i olika klasser, dessa värden är riktlinjer för sediment i sjöar. Alla metaller utan zink, nickel, krom och koppar hade klass ett (mycket låg halt) i alla växter och i sedimenten. Koppar hade låg halt i vass, bredkaveldun och sediment, men klass tre (måttligt hög halt) i gäddnate. Krom och nickel hade mycket låg halt i alla växter men klass två i sedimenten vilket betyder låg halt (bilaga 2). Halterna av zink var mycket låga i vass, bredkaveldun, sedimenten och låg halt i gäddnate.

Att växter kan ackumulera metaller ifrån sediment och vatten kan utnyttjas vid områden där man har förorenat dagvatten. Bioremediering är en viktig funktion i dagvattendammar då växterna kan skördas så man blir av med vissa av de föroreningar som tillförs dammarna. Att det kan finnas skillnader i olika växters förmåga till bioremediering är viktigt att känna till när man planerar en sedimentationsdamm. Har man en djup damm så kan det vara bra med flytbladsväxter som når ner till sedimenten. Växter som vas och bredkavledun kan ha fler funktioner i en dagvattendamm än bioremediering, de hindrar erosion och metallerna får en ökad yta att bindas till. Olika växter i en dagvattendamm kan komplettera varandra och innebär även att man får ett upptag av metaller över hela dammen, då de växer på olika ställen (Fritioff, 2005). De hade även varit intressant att undersöka de andra växterna som fanns i sedimentationsdammen. Att gäddnate, bredkaveldun och vass var dominerande i dammen innebär inte automatiskt att de är effektivast på att ackumulera tillgängliga metaller än andra förekommande arter. Det kan t.o.m. vara så att de klarar sig bra i miljöer med höga föroreningar på grund av att de inte ackumulerar så höga metallhalter och därmed inte får någon toxisk påverkan av de giftiga metallerna som bly och kadmium (Ahmet Aksoy, 2005)

Förslag till skötselplan

- Det är viktigt att regelbundet rensa dagvattendammar då det kan uppstå kanalbildning på grund av att vegetationen blivit för tät (Hagerberg et al, 2002). I Bergviks dagvattendamm är i dagsläget vegetationen ganska tät och rensning kan behöva genomföras inom en snar framtid. Reningsfunktionen blir nedsatt efter ca 8-15 år beroende på lokala förutsättningar. Vid rensning avlägsnas vegetationens rotsystem, helt eller delvis, vilket bidrar till att föroreningar avlägsnas från dagvattendammen.

- Då växtbiomassan bryts ner varje höst, innebär det att de ackumulerade metallerna som finns i växterna återigen frigörs till vattnet eller sedimenten. Vass och bredkaveldun behöver inte skördas så ofta då deras skottbiomassa innehåller mindre betydande metallhalter vid jämförelse med gäddnate. Gäddnate som visade sig vara en effektiv metallackumulerare kommer däremot att bidra till ökade metallhalter i vattnet när de bryts ner. Man bör därför fundera ut ett bra sätt att skörda gäddnaten på under sensommaren så att man får bort de ackumulerade metallerna från dammen.

- Då flera metaller fanns rikligt i sedimenten bör man komplettera skördningen av gäddnate med regelbundna sedimentrensningar. Det sedimenterade materialet kan annars komma upp igen och på nytt förorena vattnet (Wedding, 2007). Man kan sedan rensa sedimenten med jämna intervaller, kanske vart tionde år.

- Att skörda båda dammarna inom en snar framtid kan orsaka en upprörning av metallerna i vattenmassan, detta kan leda till en ökning av metaller till mottagande recipient. Däremot så lönar det sig längre fram för att nya plantor ska få möjligheten att växa och kunna ackumulera de nya föroreningarna som ständigt tillförs dammen från dagvattnet. Då man genomfört rensningen bör man plantera in ny vegetation i dammen och då gäddnate har visat sig vara en effektiv metallackumulerare rekommenderas den (Wedding, 2007).

- Tidigare undersökningar visar på att dessa tre arter (vass, bredkaveldun och gäddnate) är bra på att ackumulera metaller. Då de ackumulerar olika halter av de tillgängliga metallerna kan de möjligtvis komplettera varandra i reningsdammen (Fritioff, 2003).

- Efter eventuell rensning eller skördning av vegetationen i Bergviks dagvattendamm behöver avfallet omhändertas. Då vegetationen innehåller tungmetaller bör man inte röta vegetationen och sedan använda den till gödning på odlingar. Istället kan man lämna vegetationen till förbränning där man med hjälp av filter kan bli av med den största delen av föroreningar (Wedding, 2007).

Informationen som denna studie ger kan sedan eventuellt användas till att utarbeta en framtida skötselplan för Bergviks reningsdamm.

Tack:

Jag vill tacka följande personer som har hjälpt mig att genomföra detta arbete:

Jan Willhelmsson, teknik- och fastighetsförvaltningen, Karlstad kommun.

Kenneth Lööf, Konsum Värmland, Karlstad.

Johanne- Sophie Selmer, universitetslärare biologi, Karlstad universitet.

Björn Arvidsson, universitetslärare biologi, Karlstad universitet.

Eva Bergman, examinator biologi, Karlstad universitet.

Andreas Papp, student på SMO, Räddningsverket i Skövde.

Referenser

Aksoy A., Duman F., Sezen G (2005). Heavy Metal Accumulation and Distribution in Narrow-Leaved Cattail (Typha angustifolia) and Common Reed (Phragmites australis). Journal of Freshwater Ecology 20, s 783-785.

Cardwell A.J., Hawker D.W, Greenway M (2002). Metal accumulation in aquatic macrophytes from southeastQueensland, Australia. Chemosphere 48, s 653-663.

Cunningham, S.D and W.R. Berti (1993). The remediation of contaminated soils with green plants: An overview. Assoc. 29:207-212

Deng H., Ye Z.H., Wong M.H (2004). Accumulation of lead, copper and cadmium by 12 wetland plant species triving in metal-contaminated sites in China. Environmental Pollution 132, s 29-40.

Fediuc, E and László, E (2002). Physiological and biochemical aspects of cadmium toxicity and protective mechanisms induced in Phragmites australis and Typha latifolia. Journal of Plant Physiology, Volume 159, Issue 3, Pages 265-271

Fritioff Å (2005). Metal accumulation by plants, evaluation of the use of plants in stormwater treatment.Doctoral Thesis in Plant Physiology, Department of Botany. Stockholm University. ISBN 91-7155-111-5, s 1-56

Fritioff, Å. & Greger, M (2003). Aquatic and Terrestrial Plant Species with Potential to Remove Heavy Metals from Stormwater. Dept. of Botany, Stockholm University. International Journal of Phytoremediation. p 221-224.

Färm, C, (2003). Rening av dagvatten genom filtrering och sedimentation. VA-fors rapport, nr 16 mars.

Hagerberg, D and Wallander, H, (2002). The impact of forest residue removal and wood ash amendment on the growth of the ectomycorrhizal external mycelium. FEMS Microbiology Ecology, Volume 39, Issue 2, Pages 139-146.

Naturvårdsverket (2006). Bedömningsgrunder för Miljökvalitet. Sjöar och vattendrag. Rapport 4913.

Runeson, M, (2002). Vegetationens betydelse i dammar och våtmarker. Veg Tech AB.

Salomons, W., Förstner, U, (1995). Metal pollution in the aquatic environment. Springer Verlag, Berlin, 453 pp.

Schneider, I. A. H, Smith, R. W. and Rubio, J, (1999). Effect of mining chemicals on biosorption of Cu(II) by the non-living biomass of the macrophyte Potamogeton lucens. Minerals Engineering, Volume 12, Issue 3, Pages 255-260.

Wedding, Rolf, Finspångs kommun, Dagvattendammar vid Viberga i Finspångs kommun. http://www.finspong.se/kommunen/naturvard/dammar.pdf, 2007-09-10.

Weis J.S. och Weis P, (2004). Metal uptake and release by wetland plants: implications for phytoremediation and restoration (review). Environmental International 30, s 685-700.

Bilaga 1.
Provresultatens medelvärden ifrån metallanalyserna uttryckt / kg TS.

Arsenik	Gäddnate	Kaveldun	Vass	Sediment
Provställe X1	1.0	1.0	1.0	1,9
Provställe X2	1.0	1.0	1.0	1,3
Provställe X3	1.0	1.0	1.0	1,1
Provställe X4	1.0	1.0	1.0	1,2
Medelvärde	1.0	1.0	1.0	1,4

Bly	Gäddnate	Kaveldun	Vass	Sediment
Provställe X1	1.0	1.0	1.0	7,3
Provställe X2	1.0	1.0	1.0	4.0
Provställe X3	1.0	1.0	1.0	2,5
Provställe X4	1,5	1.0	1.0	1,2
Medelvärde	1.1	1.0	1.0	3,8

Kadmium	Gäddnate	Kaveldun	Vass	Sediment
Provställe X1	0,1	0,1	0,1	0,1
Provställe X2	0,1	0,1	0,1	0,1
Provställe X3	0,1	0,1	0,1	0,07
Provställe X4	0,3	0,1	0,1	0,09
Medelvärde	0,2	0,1	0,1	0,1
Kobolt	**Gäddnate**	**Kaveldun**	**Vass**	**Sediment**
Provställe X1	3,4	0,9	0,3	8,7
Provställe X2	1,7	0,3	0,3	3,4
Provställe X3	3.0	0,3	0,3	3,9
Provställe X4	7,8	0,3	0,3	17.0
Medelvärde	4.0	0,4	0,3	8,3

Koppar	Gäddnate	Kaveldun	Vass	Sediment
Provställe X1	32.0	4,3	5,3	11.0
Provställe X2	22.0	3,9	3.0	5,4
Provställe X3	31.0	4,4	4,7	3,7
Provställe X4	34.0	5,2	3,9	11.0
Medelvärde	29,8	4,5	4,2	7,8

Krom	Gäddnate	Kaveldun	Vass	Sediment
Provställe X1	1,5	0,5	0,5	14.0
Provställe X2	2,1	0,5	0,5	3,7
Provställe X3	1,4	0,5	0,5	5,2
Provställe X4	2,7	0,5	0,5	22.0
Medelvärde	2.0	0,5	0,5	11,2

Nickel	Gäddnate	Kaveldun	Vass	Sediment
Provställe X1	3,8	1,2	1.0	9,4
Provställe X2	2,9	1.0	1.0	2,4
Provställe X3	3,2	1.0	1.0	3,9
Provställe X4	3,4	1.0	1.0	14.0
Medelvärde	3,3	1,1	1.0	7,4

Vanadin	Gäddnate	Kaveldun	Vass	Sediment
Provställe X1	3,8	1.0	1.0	31.0
Provställe X2	4,3	1.0	1.0	9,7
Provställe X3	4,3	1.0	1.0	14.0
Provställe X4	8.0	1.0	1.0	70.0
Medelvärde	5,1	1.0	1.0	31,2

Zink	Gäddnate	Kaveldun	Vass	Sediment
Provställe X1	190.0	32.0	23.0	49.0
Provställe X2	86.0	32.0	21.0	33.0
Provställe X3	200.0	16.0	32.0	18.0
Provställe X4	240.0	34.0	21.0	27.0
Medelvärde	179.0	28,5	24,3	31,8

Bilaga 2.

Klassindelning av metallhalter i sediment bygger på haltfördelning (mg/ kg TS) i ytsediment (0-1 cm) i svenska sjöar. Klassindelning 1-3 innefattar 95 % av haltvärdena i underlagsmaterialet. Från Naturvårdsverket (2006).

Metall	**Klass 1** Mycket låg halt	**Klass 2** Låg halt	**Klass 3** Måttligt hög halt	**Klass 4** Hög halt	**Klass 5** Mycket hög halt
As	< 5	5-10	10-30	30-150	> 150
Cd	< 0,8	0,8-2	2-7	7-35	> 35
Cr	< 10	10-20	20-100	100-500	> 500
Cu	< 15	15-25	25-100	100-500	> 500
Hg	< 0,15	0,15-0,3	0,3-1	1-5	> 5
Ni	< 5	5-15	15-50	50-250	> 250
Pb	< 50	50-150	150-400	400-2000	> 2000
Zn	< 150	150-300	300-1000	1000-5000	> 5000