



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för mark och miljö

Kvicksilver, kadmium och zink i avfall som förbränns i Kiruna kraftvärmeverk

Mercury, cadmium and zinc in waste combusted in the Kiruna municipal solid waste incineration plant

Elin Andersson

Kandidatuppsats i miljövetenskap
Kandidatprogrammet – Biologi och miljövetenskap

Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU
2016:12

Uppsala 2016

Kvicksilver, kadmium och zink i avfall som förbränns i Kiruna kraftvärmeverk

Mercury, cadmium and zinc in waste combusted in the Kiruna municipal solid waste incineration plant

Elin Andersson

Handledare: Jon-Petter Gustafsson, institutionen för mark och miljö, SLU
Biträdande handledare: Maja Nilsson, Tekniska verken i Kiruna AB
Examinator: Dan Berggren Kleja, institutionen för mark och miljö, SLU

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i miljövetenskap - kandidatarbete

Kurskod: EX0688

Program/utbildning: Kandidatprogrammet Biologi och miljövetenskap 180 hp

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2016

Serietitel: Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU

Delnummer i serien: 2016:12

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: tungmetaller, avfallsförbränning, hushållsavfall, avfallsanläggning, värmeverk

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för mark och miljö

Sammanfattning

Kiruna Kraft AB är ansvarig verksamhetsutövare för Kiruna kraftvärmeverk och Kiruna avfallsanläggning. Bolaget ansvarar för produktion och distribution av fjärrvärme och el från värmeverket i Kiruna centralort och värme från värmeverket i Vittangi. Utöver det hanteras kommunmedborgarnas avfall. Bolaget har tillstånd att förbränna högst 98 000 ton avfall per kalenderår varav högst 2500 ton farligt avfall.

Kontinuerliga provtagningar på det utgående avloppsvattnet från avfallsförbränning i Panna 3 till recipienten Luossajoki har visat förhöjda halter av tungmetallerna kvicksilver, kadmium och zink. Syftet med denna litteraturstudie är att ta reda på var i samhället kvicksilver, kadmium och zink finns samt att undersöka i vilken typ av avfall som kommer till Kiruna kraftvärmeverk som innehåller störst koncentration av dessa metaller. En sammanställning av data från utförda provtagningar har genomförts och plockanalyser på hushållsavfallet i Kiruna kommun har studerats för att få en bild av vad som förbränns i Panna 3.

Resultatet från utförda provtagningar under 2014 och 2015 visar att Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2002:28) för utsläpp av kvicksilver, kadmium och zink till recipienten överskreds under vissa kvartal trots att skrubberstegens och vattenreningens reningsgrad är mycket hög. Orsaken bakom de förhöjda metallhalterna till recipienten beror troligen på ökad mängd metaller i det inkommande avfallet som förbränns i Panna 3. Genomförda plockanalyser visar att andelen icke brännbart avfall i hushållsavfallet minskade mellan 2005 och 2006 men att det därefter succesivt har ökat fram till 2014. Efter 2014 har andelen metallförpackningar, glasförpackningar och farligt avfall (farligt avfall samt el- och elektronikprodukter) minskat medan andelen metallskrot och deponi (inert material och övrigt glas) har ökat.

Åtgärder gällande de förhöjda metallvärdena till recipienten har vidtagits och bolaget arbetar fortlöpande med att minimera verksamhetens miljöpåverkan. I och med att verksamhetens reningsgrad är mycket hög och motsvarar den bästa möjliga teknik som finns inom branschen måste åtgärder för att minska halterna av framförallt kvicksilver och kadmium, men även zink, i det utgående avloppsvattnet riktas mot det inkommande avfallet som utgör bränslet vid förbränning i Panna 3. Orsaken bakom varför kommunmedborgarna slänger icke brännbart avfall i hushållsavfallet måste undersökas.

Abstract

Kiruna Kraft AB is the responsible operator of the Kiruna power and heating plant and the Kiruna waste disposal plant. The company is responsible for the production and distribution of heating and electricity in Kiruna and for heat from the heating plant in Vittangi. In addition, the company takes care of household waste from municipality citizens. The company is authorized to incinerate more than 98 000 tons of waste per calendar year with a maximum of 2,500 tons of hazardous waste.

Continuous sampling of the outgoing wastewater from waste incineration in boiler 3 to the recipient Luossajoki has shown elevated levels of the heavy metals mercury, cadmium and zinc. The purpose of this study is to identify where in society mercury, cadmium and zinc are found and to examine the type of waste going to Kiruna power and heating plant which contains the greatest concentration of these heavy metals. A compilation of data from samplings have been made and randomly selected samples of household waste in the municipality of Kiruna have been studied to get a picture of the waste incinerated in boiler 3.

The results of tests conducted in 2014 and 2015 show that the Environmental Protection Agency regulations (NFS 2002:28) for the emission of mercury, cadmium and zinc to the receiving water were exceeded in certain quarters in 2014 and 2015 despite high treatment efficiency. The reason behind the elevated metal concentrations to the recipient is likely an increased amount of metals in the incoming waste that is incinerated in boiler 3. The randomly selected samples show that the proportion of non-combustible waste decreased between 2005 and 2006, but that it then gradually increased until 2014. After 2014, the proportion of metal packaging, glass packaging and hazardous waste (hazardous waste, electrical and electronic products) decreased, while the percentage of metal scrap and waste (inert material and other glass) increased.

Measures concerning the elevated metal emissions to the recipient have been taken and the company continuously works to minimize the environmental impact. As the operation's treatment efficiency is very high and represents the best technology available in the industry, measures to reduce the levels of particularly mercury and cadmium, but also zinc, in the outgoing wastewater must be directed towards the incoming waste in boiler 3. The reason why the municipality citizens put non-combustible waste in household waste needs to be examined.

Innehållsförteckning

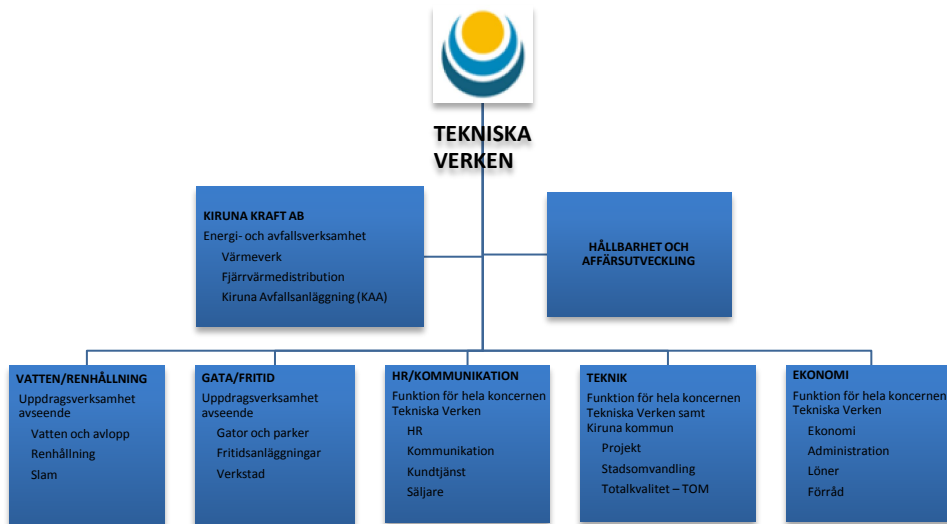
1. Inledning	s.6
1.1 Bakgrund	s.6
1.2 Syfte	s.6
1.3 Genomförande	s.7
1.4 Avgränsningar	s.7
2. Verksamhetsbeskrivning	s.7
3. Litteraturstudie	s.8
3.1 Metaller	s.8
3.2 Kvicksilver (Hg)	s.9
3.2.1 Utsläpp och spridning	s.9
3.2.2 Förbud	s.10
3.2.3 Användning	s.10
3.3 Kadmium (Cd)	s.10
3.3.1 Utsläpp och spridning	s.11
3.3.2 Användning	s.11
3.4 Zink (Zn)	s.12
3.4.1 Utsläpp och spridning	s.12
3.4.2 Användning	s.13
4. Metod	s.13
5. Sammanställning av analysresultat	s.14
5.1 Utsläpp till vatten från avfallsförbränning i Panna 3	s.14
5.2 Utsläpp till luft från avfallsförbränning i Panna 3	s.19
5.3 Periodiska emissionsmätningar från Panna 3 enligt SFS 2013:253	s.21
5.4 Analysresultat från bottenslagg, filterkaka och flygaska	s.21
6. Sammanställning av plockanalyser	s.22
6.1 Resultat från plockanalyser i Kiruna kommun 2014 och 2015	s.22
6.2 Farligt avfall till förbränning i Panna 3	s.24
7. Diskussion	s.25
8. Referenser	s.29
Bilaga 1	s.32
Bilaga 2	s.33
Bilaga 3	s.34
Bilaga 4	s.35

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Kiruna Kraft AB, dotterbolag till Tekniska Verken AB i Kiruna, är ansvarig verksamhetsutövare för Kiruna kraftvärmeverk och Kiruna avfallsanläggning och sedan 2015 är all energiverksamhet samlad inom Kiruna Kraft AB. Bolaget ansvarar för produktion och distribution av fjärrvärme och el från värmeverket i Kiruna centralort och värme från värmeverket i Vittangi. Utöver det hanteras kommunmedborgarnas avfall. (Tekniska Verken i Kiruna AB 2015)

Verksamheten klassas som miljöfarlig verksamhet enligt 9:e kapitlet i miljöbalken och måste därför följa de villkor och föreskrifter som utfärdats för verksamheten. Ett av villkoren gäller utsläpp av tungmetallerna kvicksilver, kadmium och zink till luft och vatten. Villkoret för utsläpp av kvicksilver och kadmium till luft ligger på $0,05 \text{ mg m}^{-3}$ enligt Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2002:28). Det utgående avloppsvattnet till recipienten Luossajoki får inte innehålla mer än $1,0 \text{ } \mu\text{g}$ kvicksilver respektive kadmium per liter som kvartalsmedelvärde och zinkkoncentrationen får inte överstiga $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ enligt Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2002:28). Kontinuerliga provtagningar visar att utsläppen av kvicksilver och kadmium till vatten överskred gränsvärdet för vissa kvartal under 2014 och 2015 och orsaken är troligen höga inkommande metallhalter med avfallet. (Tekniska Verken i Kiruna AB 2015)



Figur 1 Verksamhetsbeskrivning av Tekniska verken AB i Kiruna (Tekniska Verken i Kiruna AB 2015).

1.2 Syfte

Syftet med litteraturstudien är att ta reda på var i samhället kvicksilver, kadmium och zink finns samt att undersöka i vilken typ av avfall som kommer till Kiruna kraftvärmeverk som innehåller störst koncentration av dessa tungmetaller. Syftet är också att få en bild av var metallerna hamnar (vatten, rökgas, bottenslagg, flygaska, filterkaka).

1.3 Genomförande

Studien började med ett studiebesök på Tekniska Verken AB i Kiruna för att få en bild av verksamheten. Därefter genomfördes en litteraturstudie av rapporter, analyser och vetenskapliga artiklar relaterade till studiens syfte. Resultat från plockanalyser studerades för att få en bild av vilken typ av avfall som kommer till Kiruna kraftvärmeverk. En sammanställning av data från utförda provtagningar genomfördes också för att få en bild av var metallerna kvicksilver, kadmium och zink hamnar (vatten, rökgas, bottenlagg, flygaska, filterkaka).

1.4 Avgränsningar

Studien baseras på analysresultat från provtagningar från 2014 och 2015 och på plockanalyser från Kiruna kommun från 2014 och 2015. Plockanalyser från Norge och andra kommuner i Norrbotten har inte studerats.

2. Verksamhetsbeskrivning

Kraftvärmeverket ligger intill sjön Ala Lombolo i centrala Kiruna och recipienten för det utgående avloppsvattnet är Luossajoki. (Tekniska Verken i Kiruna AB 2015)

Enligt Miljöprövningsdelegationens beslut gällande tillstånd enligt miljöbalken för fortsatt och utökad verksamhet vid Tekniska Verken i Kiruna AB:s kraftvärmeverk har verksamheten tre fastbränslepannor, två biobränslepannor (Panna 1 och 2) där biobränslen, träavfall, returfibrer och torv förbränns och en avfallsförbränningspanna (Panna 3) där det huvudsakliga bränslet består av hushållsavfall. Avfallet som förbränns i Panna 3 kommer dels från kommunmedborgarna men även från andra kommuner i Norrbotten (Gällivare, Jokkmokk och Pajala) samt från kommuner i Nordnorge (Harstad, Narvik, Bodö, Lofoten, Senja, Sortland, Tromsö, Finnsnes och Alta). Utöver det förbränns industriavfall från företag. (Miljöprövningsdelegationen 2011). Bolaget har tillstånd att förbränna högst 98 000 ton avfall per kalenderår varav högst 2500 ton farligt avfall. (Tekniska Verken i Kiruna AB 2015)

Bolaget arbetar fortlöpande med att minimera verksamhetens miljöpåverkan, dels genom återanvändning, återvinning och avfallskontroller återkopplade till leverantörer och dels genom kontinuerliga mätningar och provtagningar. Avfallet som uppstår omhändertas enligt gällande verksamhetsrutiner eller återvinns. Farligt avfall såsom batterier, lampor, kemikalier med mera lämnas till Miljöavdelningen medan fraktioner som exempelvis papper, kartong, färgat och ofärgat glas, metallförpackningar, metallskrot, elektronik med mera återvinns. Deponirest tas omhand av Kiruna avfallsanläggning. (Tekniska Verken i Kiruna AB 2014)

Fjärrvärmeverksamhetens huvudsakliga påverkan på miljön kommer från utsläpp till luft och vatten trots att reningsgraden är hög. Vatten- och rökgasreningen påverkas till stor del av bränslet som används vid förbränningen och därför sker ett kontinuerligt arbete för att förbättra bränslekvalitén, framförallt kvalitén på det inkommande avfallet som är det huvudsakliga bränslet. (Tekniska Verken i Kiruna AB 2014)

Reningsanläggningen för avfallsförbränningen består av SNCR (Selective Non Catalytic Reduction), elfilter, rökgasrening samt vattenrening och reningsutrustningen för biobränslepannorna utgörs av separata elfilter. SNCR är en anläggning som reducerar kväveoxider (NO_x) genom insprutning av ammoniak (NH_3) i Panna 3. Anläggningen har bidragit till minskade utsläpp av NO_x . Alla tre fastbränslepannor har separata elfilter installerade som renar rökgaser från stoft och stoftbundna partiklar. Rökgasreningen renar rökgaserna som bildas vid avfallseldningen och består av en kloridskrubber, en kol-/lutskrubber och en rökgaskondensor. I kloridskrubbern fångas dioxiner in genom ett adiouxmaterial som finns installerat och även väteklorider och tungmetaller renas i skrubbern. I kol-/lutskrubbern tillsätts aktivt kol och lut (Natriumhydroxid) för att reducera dioxiner, kvicksilver och svaveldioxid. Värmeenergi från rökgaserna återvinns genom rökgaskondensorn. Vattenreningsanläggningen renar vattnet från rökgasreningen innan det släpps ut till recipienten Luossajoki. Vattenreningen består av flera processteg, bland annat pH-justering, flockning och fällning. Vattnet passerar dessutom olika filter för att öka reningsgraden, bland annat ett jonbytarfilter som ökar reningen av tungmetaller. Ett förenklat flödesschema av rökgas- och vattenreningen finns i Bilaga 1. (Tekniska Verken i Kiruna AB 2015)

3. Litteraturstudie

3.1 Metaller

I kemikalieutredningens rapport (2000) står det att metaller är grundämnen som är naturligt förekommande i berggrunden och naturen i låga koncentrationer. Tungmetaller är metaller som är toxiska och för att en metall ska räknas som en tungmetall måste densiteten vara högre än 5 g cm^{-3} . Flera metaller är essentiella för levande organismer till exempel järn, natrium, magnesium, koppar och zink medan andra är toxiska redan vid låg koncentration såsom kadmium. (Kemikalieutredningen 2000)

Enligt kemikalieutredningens rapport (2000) har metaller en stor betydelse för människans utveckling och utvinningen har skett under en lång tid. Under de senaste decennierna har utvinningen ökat markant på grund av ökad efterfråga vilket innebär att metallhalterna i mark, luft och vatten har ökat. En ökad metallexponering kan få negativ påverkan på levande organismer om den blir för stor. (Kemikalieutredningen 2000)

I kemikalieutredningens rapport (2000) står det vidare att metaller är persistenta och inte kan brytas ned, de försvinner från kretsloppet genom att de binder till markens partiklar och genom sedimentation i hav och sjöar. Metallernas biotillgänglighet är beroende av var metallerna finns och den kemiska formen. (Kemikalieutredningen 2000)

Enligt kemikalieutredningens rapport (2000) har metaller olika spridningsvägar i samhället. De kan dels spridas naturligt via erosion och vittring och dels antropogent via jordbruk, förbränning av fossila bränslen, i samband med brytning och produktion av produkter som innehåller metaller samt via avfallsledet. En ytterligare spridningsväg för metaller är förbränning av biobränsle i och med att metaller tas upp av växter. (Kemikalieutredningen 2000)

Metallernas rörlighet och kemiska form har betydelse för spridningen i miljön, enligt kemikalieutredningens rapport (2000). Metaller med hög flyktighet, exempelvis kvicksilver, kan spridas långa sträckor i luft medan andra metaller har lättare för att röra sig genom marken och därför lättare kan spridas till yt- och grundvatten, exempelvis kadmium och zink. (Kemikalieutredningen 2000)

3.2 Kvicksilver (Hg)

Kvicksilver är en relativt ädel, silverglänsande, naturligt förekommande spårmetall och räknas till ett av de farligaste miljögifterna (Naturvårdsverket 2016). Metallen är toxiskt för människor, djur och miljö även i låga koncentrationer (Zahir, Rizwi, Haq & Khan 2005). Till skillnad från andra metaller är kvicksilver vattenlösligt och även flytande i rumstemperatur. Kokpunkten ligger på 356,55 grader Celsius och smältpunkten på minus 38,87 grader Celsius. Metallens löslighet i vatten är beroende av temperaturen. (Nationalencyklopedin u.å.)

Precis som andra metaller är kvicksilver inte nedbrytbart och lagras därför i mark, vatten och levande organismer vilket innebär att tungmetallen finns kvar i miljön under lång tid (Naturvårdsverket 2016).

Kvicksilver har oxidationstalen 0, +I och +II i marken och kan bilda olika komplex med Cl^- , SO_4^{2-} och OH^- . Kvicksilver har lätt för att bilda stabila komplex med hydroxyl-, karboxyl- och fenolgrupper på grund av att metallen binder till humusämnen och andra tillgängliga partikelytor (Gustafsson, Jacks, Simonsson & Nilsson. 2007, s. 121). Metallens löslighet i marken är därför starkt beroende av humusämnenas löslighet i och med att största delen av markens kvicksilver är komplexbundet till det organiska materialet. (Dahlin, Eriksson, Nilsson & Simonsson 2011, s. 298). Genom naturliga processer kan Hg^{2+} omvandlas till den organiska formen metylkvicksilver, CH_3Hg^+ . Detta sker framförallt i akvatiska system. Metylkvicksilver är starkt toxiskt och har på grund av sina lipofila egenskaper en långsam exkretionstid vilket orsakar bioackumulering och biomagnifikation. (Zahir, Rizwi, Haq & Khan 2005). Kvicksilvers rörlighet och biotillgänglighet i akvatiska ekosystem påverkas av bindningen mellan Hg och löst organiskt material (Haitzer, Aiken & Ryan 2002).

På grund av att kvicksilver är flytande legeras metallen med andra metaller redan vid rumstemperatur. Legeringarna, som kallas amalgam, bildas exempelvis med zink, tenn, bly och alkalimetaller. Amalgam kan dessutom bildas från ammonium, NH_4 . (Nationalencyklopedin u.å.)

3.2.1 Utsläpp och spridning

Sveriges utsläpp till luft har minskat kraftigt sedan 1990-talet men i och med att metallen kan transporteras långa sträckor i atmosfären är det ett globalt problem och den atmosfäriska depositionen är fortfarande stor. Globalt sett är småskalig guldutvinning den största utsläppskällan. Förbränning av kol, krematorier, smältverk, utsläpp från industrier, avfallsförbränning, spridning av avloppsslam och utlakning från soptippar är ytterligare utsläppskällor av kvicksilver och kvicksilverföreningar. (Naturvårdsverket 2016)

3.2.2 Förbud

Sedan 1990-talet har det funnits ett förbud mot tillverkning och användning av vissa kvicksilverinnehållande produkter som termometrar, vissa elektriska komponenter och mätinstrument. I juni 2009 skärptes lagstiftningen och ett generellt förbud gällande kvicksilver och varor som innehåller kvicksilver kom. Förbudet innebär att kvicksilver och produkter som innehåller kvicksilver inte får släppas ut på den svenska marknaden och inte heller föras ut från Sverige på ett yrkesmässigt sätt. (Miljödepartementet 2010). Förbudet gäller inte varor som omfattas av harmoniserade EU-regler eftersom EU-rätten står över nationella regler. Batterier, ljuskällor, elektriska och elektroniska produkter samt vissa mätinstrument är exempel på produkter som får användas trots förbudet. (Kemikalieinspektionen 2016)

3.2.3 Användning

Engångsbatterier och uppladdningsbara batterier kan innehålla ämnen som är farliga för miljön, såsom kvicksilver. Knappcells batterier som bland annat kan finnas i leksaker, klockor, fjärrkontroller, miniräknare och hörapparater innehåller ofta tungmetallen kvicksilver (Naturvårdsverket 2014)

Kvicksilver finns i lågenergilampor och lysrör i form av fast amalgam, kvicksilver- eller järnkulor eller i form av små kvicksilverdroppar. Riktlinjerna för den maximala mängden kvicksilver som får finnas i en lågenergilampa är fem milligram och för ett rakt lysrör är den maximala mängden tio milligram. (Miva 2014)

Halterna av farliga kemiska ämnen, bland annat kvicksilver, i elektriska och elektroniska produkter regleras av RoHS-direktivet (Restriction of the use of certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment). (Kemikalieinspektionen 2016). Enligt 2§ SFS (2012:861) är elektriska och elektroniska produkter är indelade i elva kategorier; stora hushållsapparater, små hushållsapparater, it- och telekommunikationsutrustning, konsumentutrustning, belysningsutrustning, elektriska och elektroniska verktyg, leksaker, sport- och fritidsprodukter, medicinska produkter, industriella och andra övervaknings- och kontrollinstrument, automater samt annan elektrisk och elektronisk utrustning. Koncentrationen av kvicksilver i homogent elektriskt och elektroniskt material får högst vara 0,1 viktprocent enligt 9 § SFS (2012:861). Till homogent material räknas bland annat olika plaster, legeringar, metaller, glas och ytbeläggningar. (Kemikalieinspektionen 2016)

3.3 Kadmium (Cd)

Kadmium är en silvervit, naturligt förekommande grundämne som finns i jorden (Naturvårdsverket, 2015). Metallens kok- och smältpunkter är låga och ligger på 766,8 respektive 321,1 grader Celsius (Wikipedia 2016). Kadmium tillhör en av de giftigaste tungmetallerna och i och med att metallen har liknande kemiska egenskaper som zink kan Cd inhibera enzymer med mera som behöver zink (Gustafsson, Jacks, Simonsson & Nilsson. 2007, s. 124).

Metallens bindning till marken är relativt svag i jämförelse med andra tungmetaller och den utbytbar bundna andelen kadmium i marken är 10-40 procent. Bindningen är dock relativt stark jämfört med makroämnen som

kalций och magnesium och vid normala markförhållanden är rörligheten i marken liten. (Dahlin, Eriksson, Nilsson & Simonsson 2011, s. 298). Rörligheten i marken beror på markens pH, koncentrationen humusämnen och markvätskans sammansättning (Gustafsson et al. 2007, s. 121). Den utbytbara delen kadmium ökar med minskat pH (Dahlin et al. 2011, s. 298).

Kadmium är relativt växttillgängligt och människor får huvudsakligen i sig kadmium via födan (Eriksson 2009). Lever, njure, skaldjur och vissa svampsorter är livsmedel som kan innehålla höga halter kadmium (Arbets- och miljömedicin 2012). Tobaksplanter har en förmåga att anrika kadmium vilket innebär att rökare får i sig större mängder kadmium än icke-rökande personer (Eriksson 2009). Långvarig exponering av kadmium kan leda till att njurarnas funktion skadas, cancer och benskörhet (Kemikalieinspektionen u.å.).

3.3.1 Utsläpp och spridning

Sveriges kadmiumutsläpp till luft har minskat kraftigt sedan 1990-talet, framförallt på grund av förbättrad reningsteknik hos metallsmältverk och stålverk. Idag är den största utsläppskällan el- och värmeproduktion. Andra källor bakom metallens spridning är metalltillverkning, förbränning av fossila bränslen, biobränslen och förbränning av osorterade sopor innehållande nickel/kadmiumbatterier. (Naturvårdsverket 2016). Luftföroreningar samt användandet av rötslam och mineral- och stallgödsel bidrar till tillförseln av kadmium till åkermarken (Eriksson 2009).

3.3.2 Användning

Kadmium är en viktig metall som kan användas inom många områden (Naturvårdsverket 2015). Uppladdningsbara batterier, elektronikprodukter, konstnärsfärger, leksaker, smycken och plast är exempel på produkter som kan innehålla kadmium. Metallen kan dessutom förekomma som förorening i livsmedel, tobak, bränslen samt konstgödsel. Det finns regler för hur höga kadmiumhalterna i de varor och produkter som säljs på marknaden får vara. (Kemikalieinspektionen u.å.)

Uppladdningsbara batterier som bland annat förekommer i bormaskiner, rakapparater och elektriska tandborstar innehåller ofta kadmium (Naturvårdsverket 2014). Idag är det relativt ovanligt med kadmiumbatterier, dels på grund av att tillverkarnas kostnader har stigit i och med miljöskatten som har införts på kadmiumbatterier och dels på grund av att det kommit nya och kraftfullare batterier, såsom litiumbatterier. Det finns dock fortfarande produkter som innehåller kadmiumbatterier, framförallt äldre produkter som exempelvis gamla datorer, telefoner och verktyg. (Batteriåtervinningen u.å.)

Halterna av kadmium i elektriska och elektroniska produkter regleras av RoHS-direktivet (Kemikalieinspektionen 2016). Enligt 9 § SFS (2012:861) får innehållet av kadmium i homogena elektriska och elektroniska komponenter inte överstiga 0,01 viktprocent.

Koncentrationen av kadmium i färger och målade varor som släpps ut på marknaden får inte överstiga 0,1 viktprocent, enligt andra punkten i post 23 andra kolumnen i kommissionens förordning (EU) nr 494/2011, L 134, 21.5.2011, s.4.

Kadmium får förekomma i plast men det finns restriktioner för hur höga koncentrationerna får vara. Enligt första punkten i post 23 andra kolumnen i kommissionens förordning (EU) nr 494/2011, L134, 21.5.2011, s.4 får kadmiumhalten (uttryckt som Cd-metall) i blandningar och varor som framställts av plastmaterial, till exempel PVC, inte vara lika med eller överstiga 0,01 viktprocent om de ska marknadsföras. Undantag för regeln ges, enligt fjärde punkten i samma post, för blandningar framställda av PVC-avfall och för blandningar och varor som innehåller återvunnen PVC med en kadmiumkoncentration (uttryckt som Cd-metall) lägre än 0,1 viktprocent. Enligt kommissionens förordning (EU) nr 494/2011, L134, 21.5.2011, ss.4-5 gäller undantaget för användning av styv PVC för:

- a) Profiler och styva plattor för byggnadsändamål*
 - b) Dörrar, fönster, jalusier, väggar, rullgardiner, stängsel och takrännor*
 - c) Altaner och terrasser*
 - d) Kabelrör*
 - e) Rör för vatten som inte är av dricksvattenkvalitet om den återvunna PVC:n används i mellanskiktet i ett flerskiktsrör och är helt täckt av ett lager nyproducerad PVC som överensstämmer med punkt 1”*
- (Kommissionens förordning (EU) nr 494/2011, L134, 21.5.2011, ss.4-5)

Kommissionens förordning (EU) nr 494/2011, L 134, 21.5.2011, s.5 reglerar även kadmiumhalten i metallpärlor och metalldelar som används för smykestillverkning samt i metalldelar i till exempel armband, klockor och ringar. Produkterna får inte användas eller släppas ut på marknaden om kadmiumkoncentrationen är lika med eller överstiger 0,01 viktprocent. Detta gäller inte för varor som marknadsförts före den 10 januari 2012 eller för smycken äldre än 50 år samma datum.

3.4 Zink (Zn)

Zink är en oädel, ljusgrå, essentiell metall och tillhör en av de mindre giftiga tungmetallerna (Naturvårdsverket 2014). Metallen är vanligt förekommande men kan i för höga koncentrationer vara toxisk för levande organismer (Rout & Das 2003). Metallens kok- och smältpunkter är låga och ligger på 907 respektive 419,5 grader Celsius (Wikipedia 2016).

I marken förekommer zink i tvåvärd form, Zn(II) (Dahlin, Eriksson, Nilsson & Simonsson 2011, s. 286). Rörligheten i marken beror på markens pH, koncentrationen humusämnen och markvätskans sammansättning (Gustafsson, Jacks, Simonsson & Nilsson. 2007, s. 121). Av den totala zinkhalten i marken föreligger endast 1-4 procent i utbytbar form och växternas möjlighet att ta upp zink avtar med stigande pH (Dahlin et al. 2011, s. 286).

Zink kan reducera ut andra metaller som exempelvis järn, bly, tenn och guld ur lösningar av deras salter på grund av sin höga reduktionspotential. Tack vare detta används zink som korrosionsskydd, i batterier och vid metallframställning där metallen fungerar som ett reduktionsmedel. (Nationalencyklopedin u.å.)

3.4.1 Utsläpp och spridning

Under de senaste tio åren har halterna av zink i sjöar och vattendrag till viss del minskat. Orsaken bakom minskningen beror troligen på minskat nedfall av

lufttransporterat zink och på en avtagande försurning i marken, även zinkhalterna i grundvatten har minskat. (Naturvårdsverket 2014)

De antropogena källorna bakom zinkutsläppen är järn- och stålproduktion, förbränning av olja och slitage av bildäck. De naturliga källorna bakom utsläppen och spridningen är vittring, erosion, läckage, vatten och sediment. (Naturvårdsverket 2014)

3.4.2 Användning

Zink används framförallt till ytbehandling på metall- och elektronikprodukter och som korrosionsskydd på järn och stål. Ytterligare användningsområden finns inom byggnads- och bilindustrin samt inom metallindustrin. Metallen används dessutom som legering. (Naturvårdsverket 2014; Nationalencyklopedin u.å.).

Ett annat användningsområde för metallen är framställning av zinkkemikalier. Kemikalierna har flera användningsområden och används bland annat i katalysatorer, batterier, gummi, pigment, bet- och impregneringsmedel och dentalmaterial. (Nationalencyklopedin u.å.)

4. Metod

Mätningar på utsläpp till luft och vatten genomförs kontinuerligt. Utsläpp till luft från Panna 3 mäts med ett instrument från OPSIS och det renade processvattnet från Panna 3 som släpps ut till recipienten Luossajoki kontrolleras genom vattenprover som tas minst en gång per månad.

Vattenproverna tas med en automatisk provtagare och analyseras därefter i ett ackrediterat laboratorium. Flöde på renat utgående processvatten från Panna 3, pH och suspenderat material mäts kontinuerligt genom en mätare som finns i vattenreningsanläggningen, pH-elektrodena kalibreras kontinuerligt och mätutrustningen servas årligen. Vattnet i recipienten övervakas genom provtagningar som sker enligt ett speciellt kontrollprogram. Prover från bottenlagg, filterkaka och flygaska från Panna 3 tas en gång per år och periodiska emissionsmätningar av utsläpp av tungmetaller till luft och vatten från Panna 3 genomförs två gånger per år av en oberoende ackrediterad mätkonsult enligt SFS 2013:253. (Tekniska Verken i Kiruna AB 2015)

Den totala utsläppsmängden av kvicksilver, kadmium och zink bestäms genom mätningar (olika mätintervall) och beräkningar av årsmedelvärden. Utifrån dessa beräknas sedan totala utsläppet med hjälp av rökgas- eller vattenflöden. (Tekniska verken i Kiruna AB 2014)

Vid analys av bottenlagg analyseras TOC (totalt organiskt kol) enligt EN 13137. Kviksilver, kadmium och zink analyseras enligt paketet LMG-2 som innebär att analysprovet först torkas vid 50 grader Celsius och sedan upplöses i en sluten teflonbehållare i en mikrovågsugn i salpetersyra/saltsyra/fluorvätesyra. (ALS Scandinavia AB 2016)

Vid analys av kvicksilver, kadmium och zink i filterkaka utförs ett skakförsök med avjoniserat vatten i två steg för L/S-kvoterna 2 och 10 enligt EN 12457-3. Först siktas provet till 4 mm och skakas därefter i 6 timmar vid L/S 2 och sedan i 18 timmar vid L/S 8. Den ackumulerade L/S-kvoten blir 10. Lakvattnet

analyseras enligt LV-4a som är en analys utan uppslutning. (ALS Scandinavia AB 2016). Analys av ANC (Acid neutralisation capacity) utförs enligt prCEN/TS 14429 och analys av TOC utförs enligt EN 13137.

Flygaskan analyseras genom ett perkolationstest vid L/S-kvoterna 0,1 och 10 enligt CEN/TS 14405 som innebär provet först siktas till 4 eller 10 mm. Därefter pumpas avjoniserat vatten in från kolonnens botten vilket medför att L/S-kvoten kontinuerligt ökar. (ALS Environmental 2016). Analys av lakvatten utförs enligt LV-4a, ANC enligt prCEN/TS 14429 och TOC enligt EN 13137.

5. Sammanställning av analysresultat

5.1 Utsläpp till vatten från avfallsförbränning i Panna 3

Den årliga tillåtna utsläppsmängden kvicksilver och kadmium till Luossajoki är 0,026 kg. Under 2014 var utsläppsmängden av Hg 0,600 kg och under 2015 var den 0,778 kg, vilket innebär att gränsvärdet överskreds med 0,574 respektive 0,752 kg (Tabell 1). Utsläppsmängden av Cd överskreds också under både 2014 och 2015 med 0,049 respektive 0,04 kg (Tabell 1). Zinkutsläppen för samma år låg inom ramen för den tillåtna utsläppsmängden (Tabell 1).

Tabell 1 Totala utsläppsmängden kvicksilver, kadmium och zink till recipienten Luossajoki 2014 och 2015. Överskridanden markeras i rött.

Parameter	Mängd		Tillåtet utsläpp	Enhet	Metod
	2014	2015			
Kvicksilver (Hg)	0,600	0,778	0,026	kg	M, C
Kadmium (Cd)	0,075	0,066	0,026	kg	M, C
Zink (Zn)	21,433	6,755	39,370	kg	M, C

M = Mätning av föroreningshalter och flöden

C = Beräkning. En kombination av schablonvärden med förbrukning eller produktion, massbalanser

Utsläpp av kvicksilver och kvicksilverföreningar samt kadmium och kadmiumföreningar till vatten får inte överstiga 0,001 mg L⁻¹ som kvartalsmedelvärde. Kontinuerligt genomförda provtagningar visar att utsläppen av Hg och Cd till recipienten Luossajoki överskred gränsvärdet för vissa kvartal under både 2014 och 2015 (Tabell 2 och 3).

Tabell 2 Kvartalsmedelvärde i mg L⁻¹ för utsläpp av kvicksilver och kadmium till recipienten Luossajoki från avfallsförbränning i Panna 3 2014. Överskridanden markeras i rött.

Parameter	Kvartal	Kvartal	Kvartal	Kvartal	Gränsvärde	Enhet
	1	2	3	4		
Kvicksilver (Hg)	0,0001	0,0002	0,00031	0,0836	0,001	mg L ⁻¹
Kadmium (Cd)	0,0013	0,0030	0,0001	0,0061	0,001	mg L ⁻¹

Tabell 3 Kvartalsmedelvärde i mg L⁻¹ för kvicksilver- och kadmiumutsläpp till recipienten Luossajoki från avfallsförbränning i Panna 3 2015. Överskridanden markeras i rött.

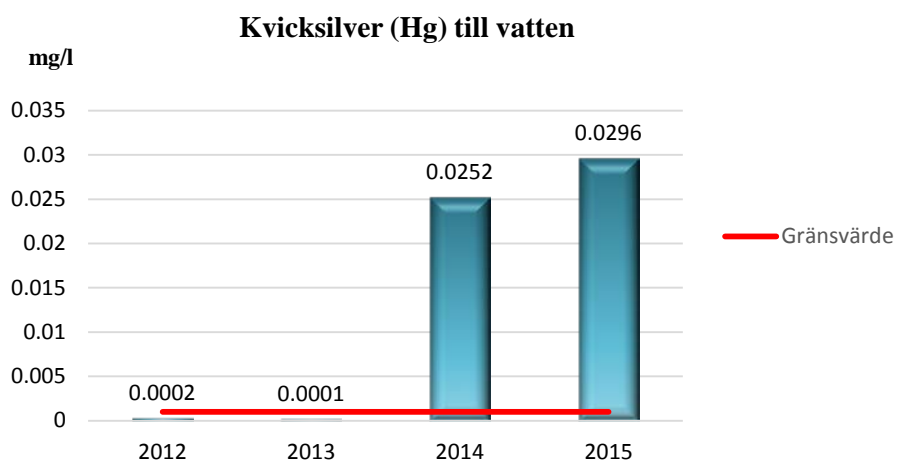
Parameter	Kvartal	Kvartal	Kvartal	Kvartal	Gränsvärde	Enhet
-----------	---------	---------	---------	---------	------------	-------

	1	2	3	4		
Kvicksilver (Hg)	0,001	0,0002	0,220	0,007	0,001	mg L ⁻¹
Kadmium (Cd)	0,001	0,001	0,008	0,004	0,001	mg L ⁻¹

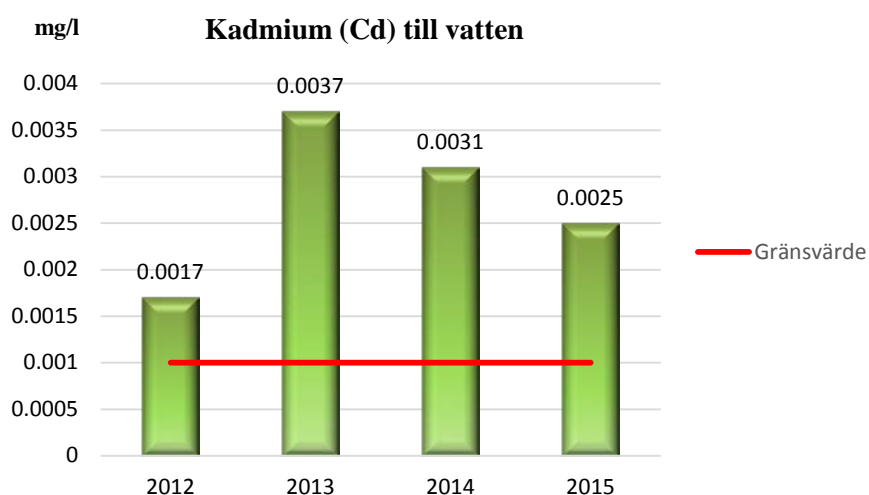
Efter avfallsförbränning i Panna 3 2014 släpptes det ut 0,0252 mg Hg per liter och 0,0031 mg Cd per liter till Luossajoki (Tabell 4). Under 2015 var kvicksilverutsläppet 0,0296 mg L⁻¹ och kadmiumutsläppet 0,0025 mg L⁻¹ (Tabell 4). Koncentrationen för utsläppet av zink var 0,901 mg L⁻¹ under 2014 och 0,257 mg L⁻¹ under 2015 (Tabell 4).

Tabell 4 Årsmedelvärden för koncentrationen kvicksilver, kadmium och zink till recipienten Luossajoki 2012-2015.

Parameter	2012	2013	2014	2015	Enhet
Kvicksilver (Hg)	0,0002	0,0001	0,0252	0,0296	mg L ⁻¹
Kadmium (Cd)	0,0017	0,0037	0,0031	0,0025	mg L ⁻¹
Zink (Zn)			0,901	0,257	mg L ⁻¹



Figur 2 Årsmedelvärde för koncentrationen kvicksilver som släppts ut till recipienten Luossajoki 2012-2015.



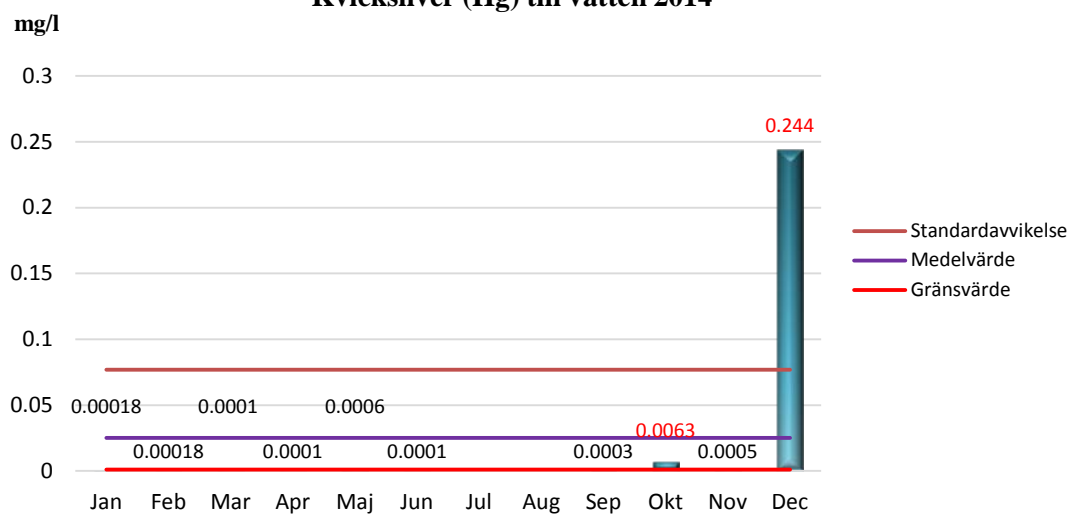
Figur 3 Årsmedelvärde för koncentrationen kadmium som släppts ut till recipienten Luossajoki 2012-2015.



Figur 4 Årsmedelvärde för koncentrationen zink som släppts ut till recipienten Luossajoki 2014-2015.

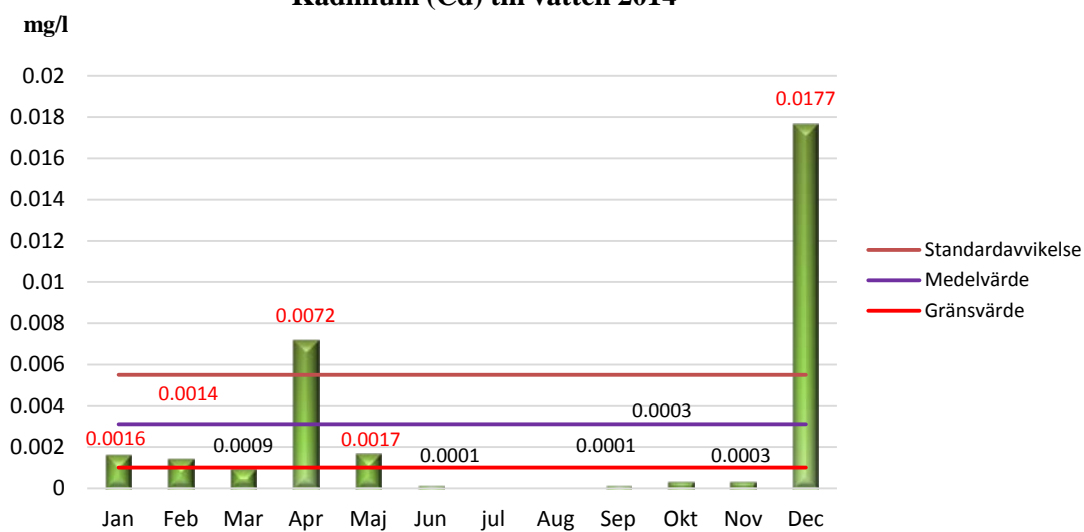
Årsmedelvärdet för kvicksilverkoncentrationen som släppts ut till recipienten under 2014 låg på 0,0252 mg L⁻¹ och standardavvikelsen var 0,077. Gränsvärdet överskreds i oktober och december (Figur 5). Årsmedelvärdet för koncentrationen av kadmium låg på 0,031 mg L⁻¹ och standardavvikelsen var 0,0055. Gränsvärdet överskreds i januari, februari, april, maj och december (Figur 6). Zinkkoncentrationens årsmedelvärde låg på 0,901 mg L⁻¹ och standardavvikelsen var 1,228. Gränsvärdet överskreds i februari och april (Figur 7).

Kvicksilver (Hg) till vatten 2014

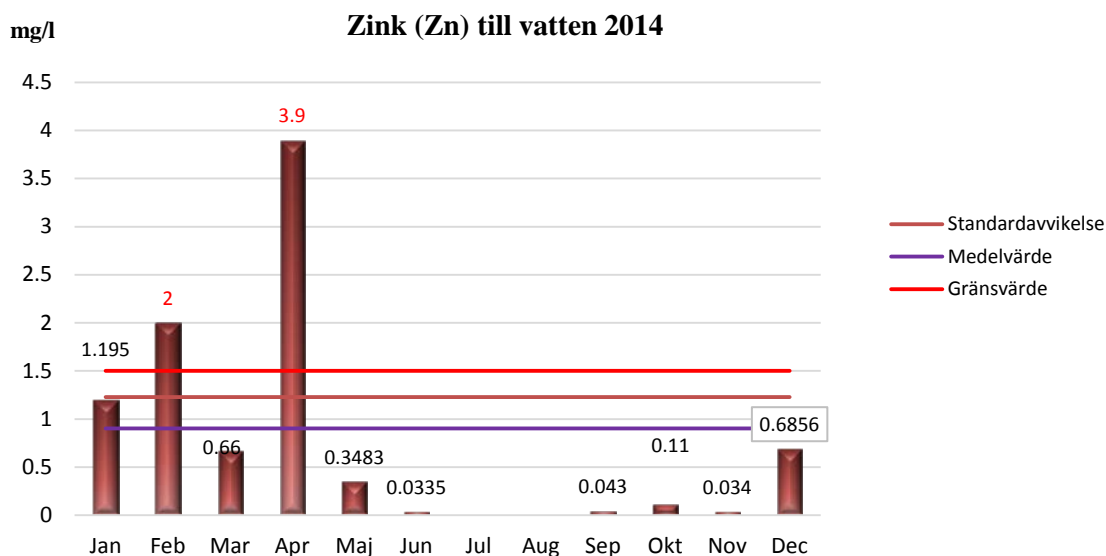


Figur 5 Koncentrationen av kvicksilver som släpptes ut till recipienten varje månad under 2014. Överskridna värden markeras i rött.

Kadmium (Cd) till vatten 2014

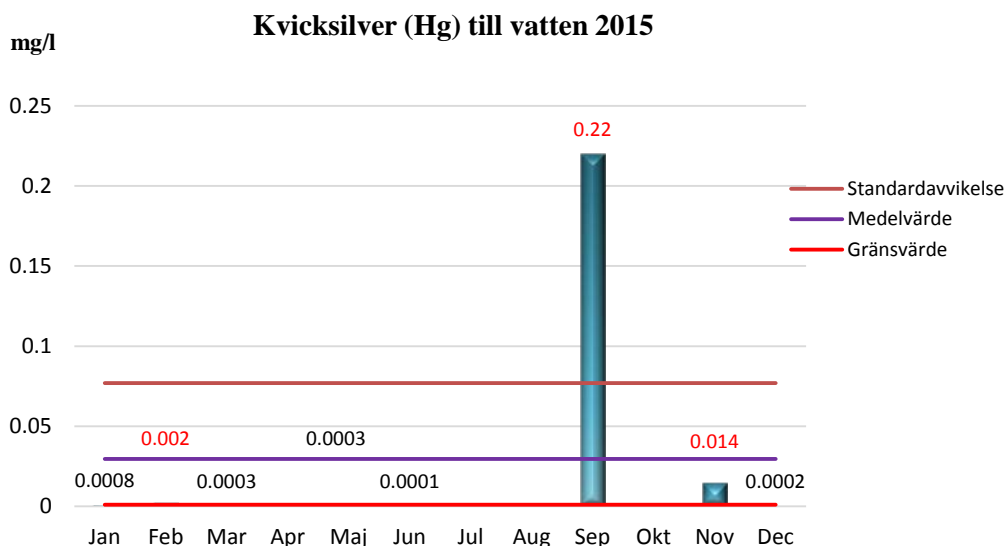


Figur 6 Koncentrationen av kadmium som släpptes ut till recipienten varje månad under 2014. Överskridna värden markeras i rött.

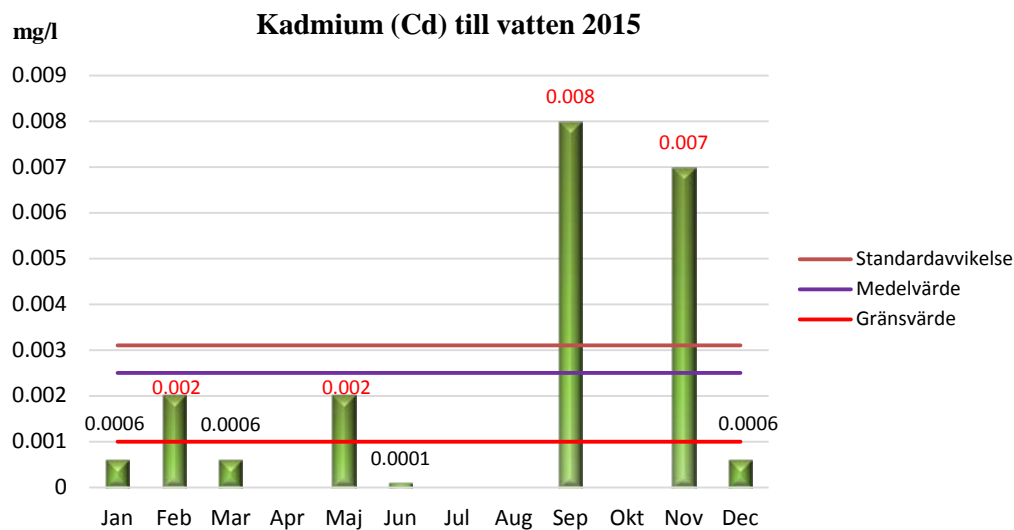


Figur 7 Koncentrationen av zink som släpptes ut till recipienten varje månad under 2014. Överskridna värden markeras i rött.

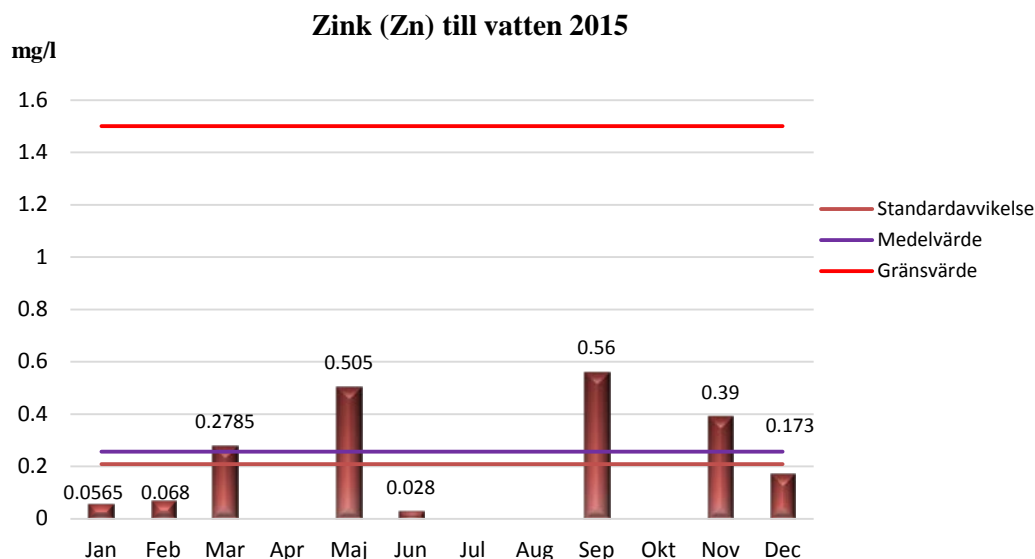
Årsmedelvärdet för kvicksilverkoncentrationen som släpptes ut till recipienten under 2015 låg på 0,0296 mg L⁻¹ och standardavvikelsen var 0,077. Gränsvärdet överskreds i februari, september och november (Figur 8). Årsmedelvärdet för koncentrationen av kadmium låg på 0,0025 mg L⁻¹ standardavvikelsen var 0,0031. Gränsvärdet överskreds i februari, maj, september och november (Figur 9). Zinkkoncentrationens årsmedelvärde låg på 0,257 mg L⁻¹ och standardavvikelsen var 0,209. Gränsvärdet överskreds inte vid något tillfälle under 2015 (Figur 10).



Figur 8 Koncentrationen av kvicksilver som släpptes ut till recipienten varje månad under 2015. Överskridna värden markeras i rött.



Figur 9 Koncentrationen av kadmium som släpptes ut till recipienten varje månad under 2015. Överskridna värden markeras i rött.



Figur 10 Koncentrationen av zink som släpptes ut till recipienten varje månad under 2015.

5.2 Utsläpp till luft från avfallsförbränning i Panna 3

Utsläppsmängden av kvicksilver och kadmium till luft var lika stora under 2014 och 2015 och låg på 2 kg respektive 0,03 kg (Tabell 5).

Tabell 5 Totala utsläppsmängden kvicksilver och kadmium till luft efter avfallsförbränning i Panna 3 2014 och 2015.

Parameter	Utsläpp		Enhet	Metod
	2014	2015		
Kvicksilver (Hg)	2	2	kg	M, C
Kadmium (Cd)	0,03	0,03	kg	M, C

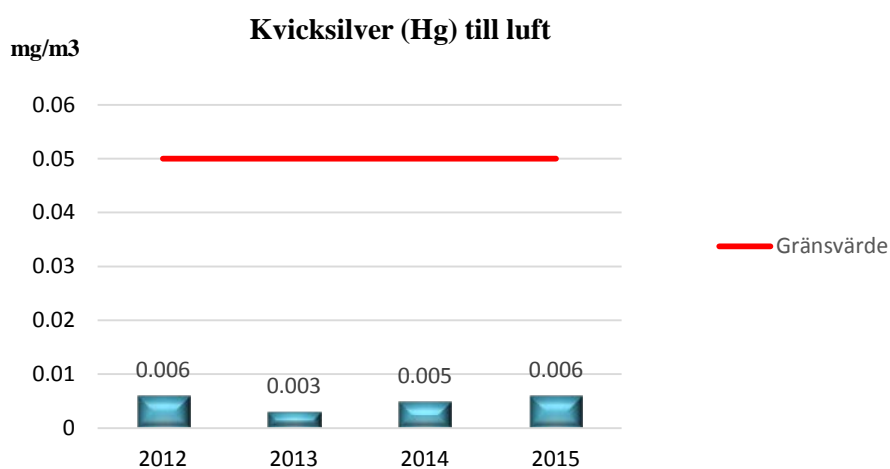
M = Mätning av föroreningshalter och flöden

C = Beräkning. En kombination av schablonvärden med förbrukning eller produktion, massbalanser

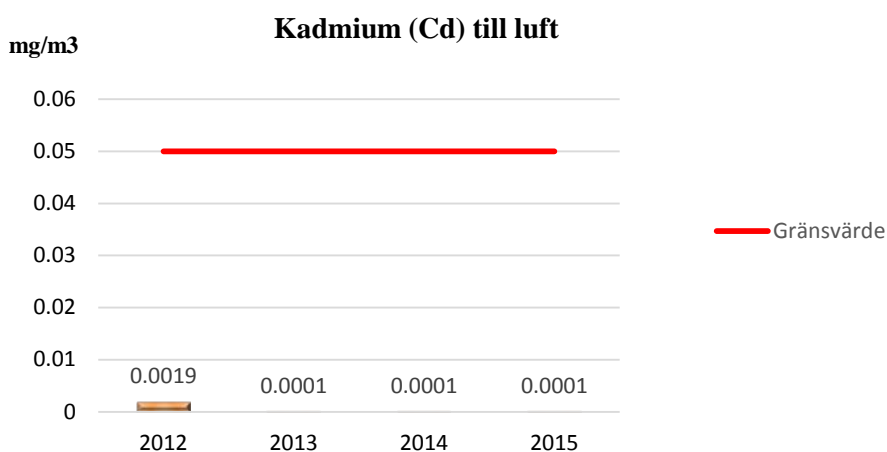
Utsläpp av Hg och Cd till luft från avfallsförbränning får inte överstiga 0,05 mg m⁻³ som kvartalsmedelvärde. Efter avfallsförbränning i Panna 3 under 2014 var kvicksilverutsläppet till luft 0,005 mg m⁻³ och kadmiumutsläppet 0,0001 mg m⁻³ (Tabell 6). Under 2015 var utsläppsmängderna 0,006 mg m⁻³ respektive 0,0001 mg m⁻³ (Tabell 6).

Tabell 6 Årsmedelvärden för utsläpp av kvicksilver och kadmium till luft 2012-2015.

<i>Parameter</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>Gränsvärde</i>	<i>Enhet</i>
<i>Kvicksilver (Hg)</i>	0,006	0,003	0,005	0,006	0,05	mg m ⁻³
<i>Kadmium (Cd)</i>	0,0019	0,0001	0,0001	0,0001	0,05	mg m ⁻³



Figur 11 Årsmedelvärde för kvicksilverutsläpp till luft 2012-2015.



Figur 12 Årsmedelvärde för kadmiumutsläpp till luft 2012-2015.

5.3 Periodisk emissionsmätning från Panna 3 enligt SFS 2013:253

Periodiska emissionsmätningar från Panna 3 visar att utsläppen av kvicksilver, kadmium och zink till recipienten Luossajoki låg inom ramen för den tillåtna koncentrationen som får släppas ut. Vid det andra mättillfället 2014 överskred dock kvicksilverkoncentrationen gränsvärdet med 0,248 mg L⁻¹ (Tabell 7).

Tabell 7 Periodisk emissionsmätning av kvicksilver-, kadmium- och zinkutsläpp till recipienten Luossajoki från Panna 3 2014 och 2015. Överskridna värden markeras i rött.

Parameter	Gränsvärde enligt förordning	2014		2015		Enhet
		2014-05-07	2014-11-19	2015-05-26	2015-12-09	
Kvicksilver (Hg)	0,03	0,000479	0,278	0,00047	0,000237	mg L ⁻¹
Kadmium (Cd)	0,05	0,00164	0,00643	0,00086	0,000551	mg L ⁻¹
Zink (Zn)	1,5	0,505	0,0711	0,3	0,173	mg L ⁻¹
pH		8,5	6,5	8,3	9,2	

Periodiska emissionsmätningar till luft från Panna 3 visar att utsläppsmängden av kvicksilver och kadmium låg inom ramen för den tillåtna utsläppsmängden (Tabell 8).

Tabell 8 Periodisk emissionsmätning av kvicksilver- och kadmiumutsläpp till luft från Panna 3 2014 och 2015.

Parameter	Gränsvärde enligt förordning	2014		2015		Enhet
		2014-05-07	2014-11-19	2015-05-26	2015-12-09	
Kvicksilver (Hg)	0,05	0,0014	0,0084	0,0049	0,0061	mg m ⁻³
Kadmium (Cd)	0,05	0,000099	0,000058	0,0001	0,000084	mg m ⁻³

5.4 Analysresultat från bottenslagg, filterkaka och flygaska

Analysresultatet på prover tagna på bottenslaggen från avfallsförbränning under 2015 visar mängden zink var störst, följt av kadmium och sedan kvicksilver. Resultatet på proverna från filterkaka och flygaska visar att mängden lakbar kadmium och zink var större i flygaskan än i filterkakan och att mängden lakbar kvicksilver var större i filterkakan än i flygaskan (Tabell 9-13).

Tabell 9 Mängden kvicksilver, kadmium och zink i bottenslagg 2015 angivet i mg kg⁻¹ torrsubstans.

Parameter	Resultat	Enhet
Kvicksilver (Hg)	0,0504 ± 0,0110	mg kg ⁻¹ TS
Kadmium (Cd)	3,24 ± 0,58	mg kg ⁻¹ TS
Zink (Zn)	4730 ± 922	mg kg ⁻¹ TS

Tabell 10 Lakbar mängd kvicksilver, kadmium och zink i filterkaka 2015 angivet i mg kg⁻¹ torrsubstans.

Parameter	Resultat		Enhet
	L/S 0,1	L/S 10,0	
Kvicksilver (Hg)	0,00117	0,00678	mg kg ⁻¹ TS
Kadmium (Cd)	0,00457	0,0171	mg kg ⁻¹ TS
Zink (Zn)	0,0408	0,556	mg kg ⁻¹ TS

Tabell 11 Lakbar koncentration kvicksilver, kadmium och zink i filterkaka 2015 angivet i $\mu\text{g L}^{-1}$.

<i>Parameter</i>	<i>Resultat</i>		<i>Enhet</i>
	<i>L/S 0,1</i>	<i>L/S 10</i>	
<i>Kvicksilver (Hg)</i>	9,96 ± 0,60	0,566 ± 0,037	$\mu\text{g L}^{-1}$
<i>Kadmium (Cd)</i>	39,0 ± 6,7	1,26 ± 0,22	$\mu\text{g L}^{-1}$
<i>Zink (Zn)</i>	348 ± 125	52,0 ± 18,4	$\mu\text{g L}^{-1}$

Tabell 12 Lakbar mängd kvicksilver, kadmium och zink i flygaska 2015 angivet i mg kg^{-1} torrsubstans.

<i>Parameter</i>	<i>Resultat</i>		<i>Enhet</i>
	<i>L/S 0,1</i>	<i>L/S 10,0</i>	
<i>Kvicksilver (Hg)</i>	0,000541	0,00170	mg kg^{-1} TS
<i>Kadmium (Cd)</i>	0,0937	0,379	mg kg^{-1} TS
<i>Zink (Zn)</i>	9,27	40,8	mg kg^{-1} TS

Tabell 13 Lakbar koncentration kvicksilver, kadmium och zink i flygaska 2015 angivet i $\mu\text{g L}^{-1}$.

<i>Parameter</i>	<i>Resultat</i>		<i>Enhet</i>
	<i>L/S 0,1</i>	<i>L/S 10</i>	
<i>Kvicksilver (Hg)</i>	4,73 ± 0,33	0,117 ± 0,020	$\mu\text{g L}^{-1}$
<i>Kadmium (Cd)</i>	819 ± 137	28,8 ± 4,8	$\mu\text{g L}^{-1}$
<i>Zink (Zn)</i>	81000 ± 28400	3190 ± 1130	$\mu\text{g L}^{-1}$

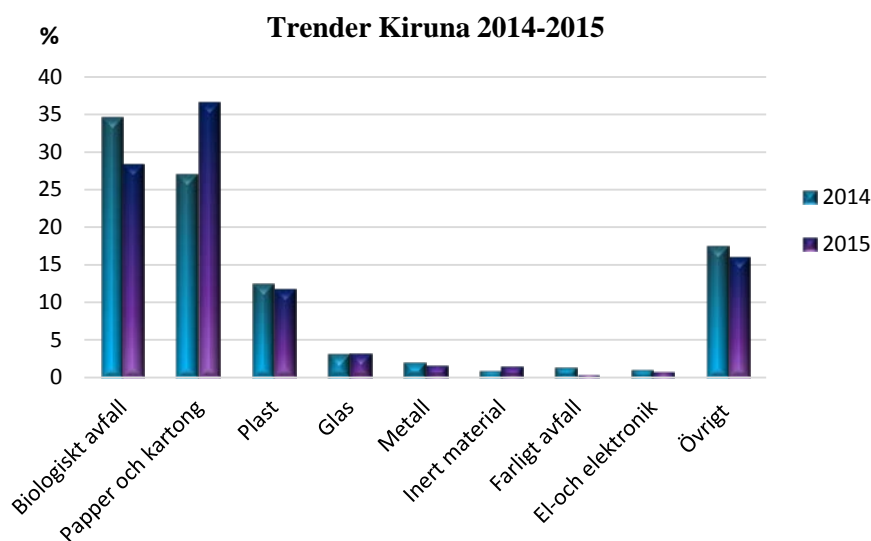
6. Sammanställning av plockanalyser

6.1 Resultat från plockanalyser i Kiruna kommun 2014 och 2015

Biologiskt avfall samt papper och kartong stod för den största andelen av hushållsavfall i Kiruna kommun under 2014 och 2015. Andelen biologiskt avfall, plast, metall, farligt avfall, el- och elektronik samt övrigt avfall har minskat medan andelen papper och kartong, glas och inert material har ökat från 2014 till 2015 (Tabell 14, Figur 13). Figurer över fraktionernas procentuella fördelning finns i Bilaga 2.

Tabell 14 Medelviktprocent av olika fraktioner från plockanalyser genomförda på hushållsavfall i Kiruna kommun 2014 och 2015.

<i>Fraktion</i>	<i>Andel (%)</i>	
	<i>2014</i>	<i>2015</i>
<i>Biologiskt avfall</i>	34,69	28,39
<i>Papper och kartong</i>	27,08	36,59
<i>Plast</i>	12,47	11,73
<i>Glas</i>	3,04	3,26
<i>Metall</i>	2,03	1,60
<i>Inert material</i>	0,82	1,53
<i>Farligt avfall</i>	1,35	0,26
<i>El-och elektronik</i>	1,00	0,64
<i>Övrigt</i>	17,53	16
<i>Totalt</i>	100,00	100,00

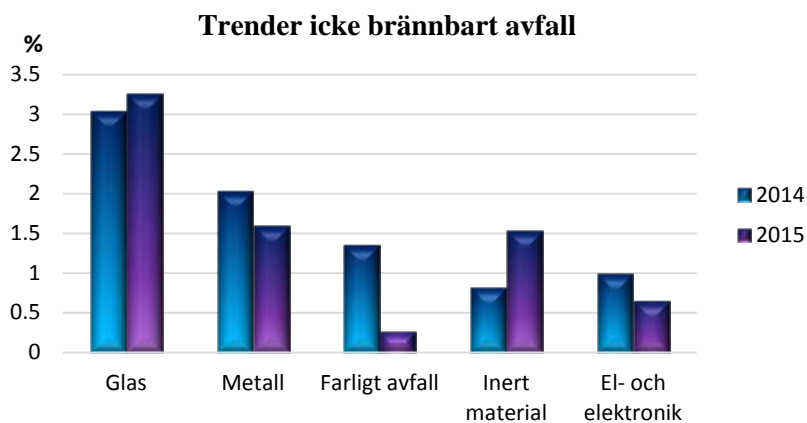


Figur 13 Trender avseende alla fraktioner från genomförda plockanalyser på hushållsavfall i Kiruna kommun 2014 och 2015 angivet i procent.

Trender avseende icke brännbart avfall från utförda plockanalyser på hushållsavfall i Kiruna kommun under 2014 och 2015 visar att glas utgör den procentuellt största andelen följt av fraktionen metall. Andelen metall, farligt avfall samt el- och elektronik har minskat medan andelen glas och inert material i hushållsavfallet har ökat (Tabell 15, Figur 14). Information om fraktionernas innehåll finns i Bilaga 3.

Tabell 15 Trender avseende icke brännbart avfall från genomförda plockanalyser på hushållsavfall i Kiruna kommun 2014-2015 angivet i procent.

Fraktion	Andel (%)	
	2014	2015
Glas	3,04	3,26
Metall	2,03	1,60
Farligt avfall	1,35	0,26
Inert material	0,82	1,53
El- och elektronik	1,00	0,64

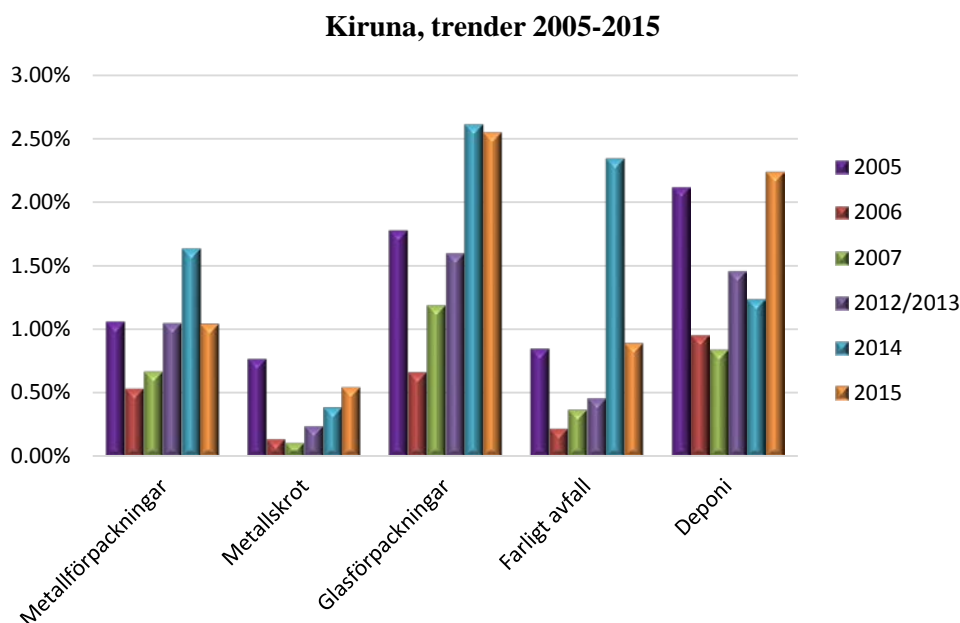


Figur 14 Trender avseende icke brännbart avfall från genomförda plockanalyser på hushållsavfall i Kiruna kommun 2014 och 2015 angivet i procent.

Trender avseende icke brännbart avfall från genomförda plockanalyser på hushållsavfall i Kiruna kommun 2005-2015 visar en uppåtgående trend för medelviktprocenten för metallförpackningar, metallskrot, glasförpackningar samt farligt avfall mellan 2006 och 2014 medan medelviktprocenten för fraktionen deponi har varierat under åren (Tabell 16, Figur 15). Fraktionen farligt avfall innehåller farligt avfall samt el- och elektronikavfall och fraktionen deponi innehåller inert material och övrigt glas.

Tabell 16 Trender avseende icke brännbart avfall från genomförda plockanalyser på hushållsavfall i Kiruna kommun 2005-2015 angivet i procent.

Fraktion	2005	2006	2007	2012/ 2013	2014	2015	Enhet
Metallförpackningar	1,06	0,53	0,67	1,05	1,64	1,05	%
Metallskrot	0,77	0,14	0,11	0,24	0,39	0,55	%
Glasförpackningar	1,78	0,66	1,19	1,60	2,62	2,55	%
Farligt avfall	0,85	0,22	0,37	0,46	2,35	0,90	%
Deponi	2,12	0,95	0,84	1,46	1,24	2,24	%



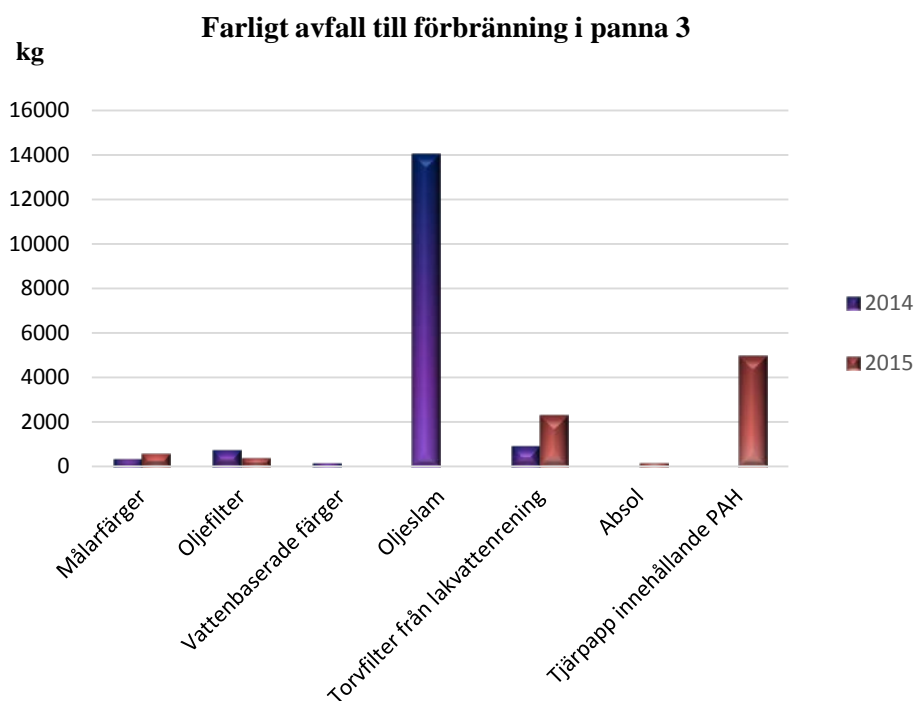
Figur 15 Trender avseende medelviktprocent av icke brännbart avfall från genomförda plockanalyser på hushållsavfall i Kiruna kommun 2005-2015.

6.2 Farligt avfall till förbränning i Panna 3

Den totala mängden farligt avfall som förbränts i Panna 3 under 2014 och 2015 har minskat med 7,8 ton från 2014 till 2015 (Tabell 17). Inga vattenbaserade färger och inget oljeslam har förbränts under 2015, däremot har absol och tjärpapp innehållande PAH förbränts och mängden målarfärger och torvfilter från lakvattenrening har ökat (Tabell 17, Figur 16).

Tabell 17 Farligt avfall till förbränning i Panna 3 2014 och 2015.

Typ av avfall	Avfallskod	Mängd (kg)	
		2014	2015
Målarfärger	080111	311	576
Oljefilter	160107	720	363
Vattenbaserade färger	080111	150	-
Oljeslam	190204	14100	-
Torvfilter från lakvattenrening	190209	880	2280
Absol	150202	-	160
Tjärpapp innehållande PAH	170303	-	5000
Totalt		16161 kg 16, 2 ton	8379 kg 8,4 ton



Figur 16 Farligt avfall som har förbränts i panna 3 2014 och 2015 angivet i kilogram.

7. Diskussion

Kontinuerliga provtagningar av renat processvatten har visat förhöjda halter av tungmetallerna kvicksilver, kadmium och zink till recipienten Luossajoki under 2014 och förhöjda halter kvicksilver och kadmium under 2015. Villkoren för utsläpp av dessa metaller överskreds under vissa kvartal under 2014 och 2015 trots att vattenreningen har en mycket hög reningsgrad. Orsaken bakom de överstigna gränsvärdena beror troligen på höga metallhalter i det inkommande avfallet som förbränns i Panna 3.

Kvicksilver, kadmium och zink förekommer i varor och produkter som säljs på marknaden men halterna är reglerade. Kvicksilver finns framförallt i el- och elektronikprodukter såsom batterier, ljuskällor och småelektronik men även i olika plaster, legeringar, metaller, glas och ytbeläggningar (Naturvårdsverket 2014; Miva 2014; Kemikalieinspektionen 2016). Kadmium finns bland annat i

el- och elektronikprodukter, uppladdningsbara batterier, konstnärsfärger, leksaker, smycken och plats (Kemikalieinspektionen u.å.). Zink används framförallt som ytbehandling på metall- och elektronikprodukter, som korrosionsskydd på järn och stål och som legering (Naturvårdsverket 2014; Nationalencyklopedin u.å.). Utöver det används zink för framställning av zinkkemikalier som bland annat finns i katalysatorer, batterier, gummi, bet- och impregneringsmedel och dentalmaterial (Nationalencyklopedin u.å.)

I plockanalyser på hushållsavfall i Kiruna kommun från 2015 har bland annat ljuskällor, ljusslingor, USB-minnen, hörlurar, laddare, ficklampor, batterier, fjärrkontroller och en mobiltelefon hittats (Bilaga 4). Trender avseende medelviktsprocenten av icke brännbart avfall från plockanalyser under 2014 och 2015 visar att andelen el- och elektronikavfall har minskat med 0,36 procent, att metallavfallet har minskat med 0,43 procent och att andelen farligt avfall har minskat med 1,09 procent. Andelen glas och inert material har däremot ökat med 0,22 respektive 0,71 procent (Figur 14). En jämförelse med plockanalyser från tidigare år visar att andelen icke brännbart avfall i hushållsavfallet minskade mellan 2005 och 2006 men att det därefter succesivt ökade fram till 2014. Efter 2014 har andelen metallförpackningar, glasförpackningar och farligt avfall (farligt avfall samt el- och elektronikprodukter) minskat medan andelen metallskrot och deponi (inert material och övrigt glas) ökat (Figur 15).

Även om andelen metall, farligt avfall samt el- och elektronikprodukter i hushållsavfallet har minskat från 2014 till 2015 har årsmedelvärdet för utsläppskoncentrationen kvicksilver till recipienten ökat med $0,0044 \text{ mg L}^{-1}$. Det som skiljer 2014 och 2015 åt är att andelen inert material, glas samt papper och kartong i hushållsavfallet har ökat. Fraktionen inert material och papper och kartong är troligen inte orsaken bakom kvicksilverökningen. Ökningen av andelen glas kan däremot vara en bidragande faktor i och med att kvicksilver får finnas i glas. Ökningen är dock endast 0,22 procent och halten Hg i glas regleras av RoHS-direktivet och får enligt 9 § SFS (2012:861) inte överstiga 0,1 viktprocent. En annan bidragande faktor till den ökade utsläppskoncentrationen kvicksilver kan vara ökningen av andelen metallskrot. Fraktionen metall delas in i två sekundära fraktioner, metallförpackningar och övrig metall/metallskrot. Andelen metallförpackningar har minskat från 2014 till 2015 men andelen metallskrot har ökat med 0,16 procent. Kvicksilver är flytande och bildar lätt legeringar med exempelvis zink, tenn, bly och alkalimetaller redan vid rumstemperatur vilket innebär att metallen kan finnas i metallskrot (Nationalencyklopedin u.å.). Något annat som skiljer 2014 och 2015 åt är mängden farligt avfall som inte kommer från hushållsavfallet men som förbränts i Panna 3. Mängden målarfärg, torvfilter från lakvattenrening, absol och tjärpapp innehållande PAH är större 2015 än 2014, men överlag har mängden farligt avfall minskat med 7,8 ton från 2014 till 2015 (Figur 16).

En av källorna bakom spridningen av kadmium i miljön är förbränning av osorterade sopor innehållande nickel- och kadmiumbatterier (Naturvårdsverket 2016). Det något lägre årsmedelvärdet för utsläppskoncentrationen Cd under 2015 skulle kunna förklaras av att mängden el- och elektronikprodukter i hushållsavfallet har minskat och av att andelen metall och farligt avfall har minskat.

Den minskade zinkkoncentrationen beror troligen på att mängden metall samt el- och elektronikprodukter har minskat i och med att zink används som

ytbehandling på dessa produkter och som korrosionsskydd på järn och stål (Naturvårdsverket 2014; Nationalencyklopedin u.å.).

Laktesterna som används vid analys av filterkaka och flygaska visar hur mycket av de olika ämnena som lakar ut från materialet vid genomsköljning av vatten medan analyserna av bottenslagg visar den totala halten kvicksilver, kadmium och zink i materialet, både bundet och sådant som skulle följa med vattnet vid en laktest. Detta innebär att det inte går att jämföra kvicksilver-, kadmium- och zinkhalterna mellan bottenslagg, filterkaka och flygaska. Analyserna av bottenslaggen visar att mängden zink är störst, följt av kadmium och sedan kvicksilver. De lakbara halterna av Hg, Cd och Zn i filterkaka och flygaska går däremot att jämföra och analysresultatet visar att kvicksilverhalterna är större i filterkakan än i flygaskan medan halterna av kadmium och zink är större i flygaskan än i filterkakan.

Innehållet av kvicksilver och kvicksilverföreningar i det utgående avloppsvattnet till recipienten överskred gränsvärdet i oktober och december under 2014 och i februari, september och november under 2015. Gränsvärdet för kadmium och kadmiumföreningar till recipienten överskreds i januari, februari, april, maj och december under 2014 och i februari, maj, september och november under 2015. Gränsvärdet för zink överskreds i februari och april under 2014. Vattenflödet skulle kunna påverka koncentrationsmängden men vid analys av vattenföringen finns inget samband mellan dessa. Orsaken bakom de överskridna gränsvärdena beror troligen på mängden metall, farligt avfall samt el- och elektronikprodukter som slängs i hushållsavfallet och sedan förbränns i Panna 3. Även om andelen har minskat från 2014 till 2015 är den fortfarande för stor.

Enligt Jakob Levén¹, anläggningsingenjör på Tekniska verken i Linköping AB, kan andra troliga orsaker bakom förhöjda metallhalter vara ojämn pH-justering, problem gällande kemikaliedoseringarna till vattenreningen eller problem med någon annan teknisk utrustning. Problem med genomsläpp av tungmetaller kan också bero på det aktiva kol-filtret som många reningsanläggningar använder i slutet av sin reningsprocess. Tekniska verken i Linköping upptäckte att filtret hade problem med genomsläpp av tungmetaller, troligen i samband med att filtret väntat var igång, för några år sedan. Problemet löstes genom att byta till statiska filter och kolet byts nu ut med tätare intervall.

Enligt Tekniska Verken i Kiruna är skrubberstegens reningsgrad mycket hög och motsvarar den bästa möjliga teknik som finns inom branschen och även reningsgraden i vattenreningen är mycket hög och ligger nära 100 procent. Åtgärder gällande de förhöjda metallvärdena till vatten har vidtagits. Bland annat har pH-värdet i behandlingssteg två höjts för att effekten av fällningskemikalien som används ska bli högre, sandfilter och tillhörande vattenledningar rengörs kontinuerligt, frekvensen av utbytet av kol i kolfilter och sand i sandfilter har ökat och förändringar när det gäller dosering av kemikalier har vidtagits. Även ett projekt med fokus på förbättrad vattenrening har genomförts och prover efter alla reningssteg har tagits, vilka har visat på en mycket hög reningsgrad med låga utgående metallhalter. Projektet innebär även att underhållsrutiner och eventuellt ytterligare åtgärder kommer att ses över och vidtas. (Tekniska Verken i Kiruna AB 2015).

¹Jakob Levén, anläggningsingenjör på Tekniska verken Ab i Linköping, e-post 12 maj 2016

Något annat som bör ses över är halten organiskt material i vattnet i och med att kvicksilver, men även kadmium och zink, bildar stabila komplex med det organiska materialet. Detta kan påverka den utgående koncentrationen av Hg, Cd och Zn i och med att det organiska materialet tar med sig metallerna. Om det inte finns något organiskt material i vattnet binder metallerna antagligen till någon partikelyta istället, vilket innebär att de inte rör sig med vattnet. (McBride, Richards, Steenhuis & Spiers 1999).

De överskridna gränsvärdena är små och trots att reningsgraden är hög kan små fel i vattenreningsprocessen bidra till att Naturvårdsverkets villkor för utsläppskoncentrationerna överstigs vissa månader. För att halterna av framförallt kvicksilver och kadmium, men även zink, i det utgående avloppsvattnet till recipienten ska minska måste åtgärder riktas mot det inkommande avfallet som utgör bränslet vid förbränning i Panna 3 och reningstekniken bör ses över ytterligare. Mängden icke brännbart avfall i hushållsavfallet måste minska och orsaken bakom varför kommunmedborgarna bland annat slänger el- och elektronikprodukter i hushållsavfallet måste undersökas.

Referenser

- ALS Environmental (2016). *Laktest*. [Informationsblad].
<https://www.alsglobal.se/media-se/pdf/laktest.pdf> [2016-06-08]
- ALS Scandinavia AB (2016). *Analysresultat slagg* [Internt material]. (Rapport L1537310). Luleå: ALS Scandinavia AB
- ALS Scandinavia AB (2016). *Metaller i filterkaka och flygaska* [Internt material]. (Rapport L1537313). Luleå: ALS Scandinavia AB
- ALS Scandinavia AB (2016). *MG-2 + SB Metaller i avfall*.
https://www.alsglobal.se/miljoanalys/paket/Avfall_36/Grundaemnen_5/MG-2--Sb-Metaller-i-avfall_17020 [2016-06-08]
- ALS Scandinavia AB (2016). *Skakförsök enligt EN 12457-3, L/S 2 och L/S 10*.
https://www.alsglobal.se/miljoanalys/paket/Avfall_36/Laktester_19/Skakfoersoek-enligt-EN-12457-3--LS-2-och-LS-10_17000 [2016-06-08]
- Arbets- och miljömedicin i Uppsala (2012). *Kadmium*.
<http://www.ammupsala.se/kadmium> [2016-04-04]
- Batteriåtervinningen (u.å.). *Kadmiumbatterier- miljöbovar i klass med kvicksilverbatterier*. <http://www.batteriatervinningen.se/modul/allt-om-batterier-pa-fem-minuter> [2016-04-06]
- Dahlin, S., Eriksson, J., Nilsson, I. & Simonsson, M. (2011). *Marklära*. 1:1 uppl. Lund: Studentlitteratur AB
- Eriksson, J. (2009). *Strategier för att minska kadmiumbelastningen i kedjan mark-livsmedel-människa*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet (Rapport MAT21 nr 1/2009) Tillgänglig:
http://www.vaxteko.nu/html/sll/slu/rapport_mat_21/RMAT09-01/RMAT09-01.PDF
- Gustafsson, J-P., Jacks, G., Simonsson M. & Nilsson, I. (2007). *Soil and water chemistry*. Stockholm: Department of Land and Water Resources Engineering
- Haitzer, M., Aiken, G. & Ryan, J. (2002). Binding of mercury (II) to dissolved organic matter: The role of the mercury-to-DOM concentration ratio. *Environmental Science & Technology*, 36(16), ss. 3564-3570. DOI: 10.1021/es025699i
- Kemikalieinspektionen (2016). *Mer om kvicksilver*. <http://www.kemi.se/hitta-direkt/lagar-och-regler/ytterligare-eu-regler/kvicksilver/mer-om-kvicksilver> [2016-04-03]
- Kemikalieinspektionen (2016). *Mer om elektronikreglerna*.
<http://www.kemi.se/hitta-direkt/lagar-och-regler/rohs--elektrisk-och-elektronisk-utrustning/mer-om-elektronikreglerna> [2016-04-05]
- Kemikalieinspektionen (u.å.). *Kadmium*. <http://www.kemi.se/vagledning-for-konsumenter/kemiska-amnen/kadmium> [2016-04-06]

Kemikalieutredningen (2000). *Varor utan faror – förslag till genomförande av nya riktlinjer inom kemikaliepolitiken* (SUO 2000:53). Stockholm: Miljö- och energidepartementet.

McBride, M.B., Richards, B.K., Steenhuis, T. & Spiers, G. (1999). Long-term leaching of trace elements in a heavily sludge-amended silty clay loam soil. *Soil Science*, vol. 164, No. 9, ss. 613-621. Tillgänglig: <http://soilandwater.bee.cornell.edu/publications/McBrideSS99.pdf> [2016-06-08]

Miljödepartementet (2010). *Kvicksilver – en global utmaning* [informationsblad].
<http://www.regeringen.se/contentassets/44e48b0381fd4c0f8c36980b8b24d33a/kvicksilver---en-global-utmaning-m2010.17>

Miljöprövningsdelegationen (2011). *Tillstånd enligt miljöbalken för fortsatt och utökad verksamhet vid Tekniska Verken i Kiruna AB:s kraftvärmeverk på fastigheten Värmen 1, Kiruna kommun*. [Internt material]

Miva (2014). *Kvicksilver i lampor*.
<https://miva.se/avfallochatervinning/sorteraavfall/farligtavfall/olikatyperavfarligtavfall/kvicksilver/kvicksilverilampor.4.7895f38d133fe3416cd80008196.html> [2016-04-05]

Nationalencyklopedin (u.å.). *Kadmium*.
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/kadmium> [2016-04-06]

Nationalencyklopedin (u.å.). *Kvicksilver*.
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/kvicksilver> [2016-04-06]

Nationalencyklopedin (u.å.). *Zink*.
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/zink> [2016-04-07]

Naturvårdsverket (2014). *Batterier*.
<http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Producentansvar/Batterier/> [2016-04-05]

Naturvårdsverket (2014). *Fakta om zink*. <http://www.naturvardsverket.se/Samar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Zink/> [2016-04-06]

Naturvårdsverket (2016). *Fakta om kvicksilver*.
<http://www.naturvardsverket.se/Samar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Kvicksilver-Hg/> [2016-04-03]

Naturvårdsverket (2016). *Fakta om kadmium och kadmiumföreningar*.
<http://www.naturvardsverket.se/Samar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Kadmium/> [2016-04-05]

Rout, G. & Das, P. (2003). Effect on metal toxicity on plant growth and metabolism: I. zinc. *Agronomie, EDP Sciences*, 2003, 23(1), ss. 3-11. HAL Id: hal-00885964

SFS 2012:861. *Farliga ämnen i elektrisk och elektronisk utrustning*.
Stockholm: Miljö- och energidepartementet

Tekniska Verken i Kiruna AB (2014) *Miljörapport 2014* (Rapport 2014).
Kiruna: Tekniska Verken AB.

Tekniska Verken i Kiruna AB (2015) *Miljörapport 2015* [Internt material].
Kiruna: Tekniska Verken AB.

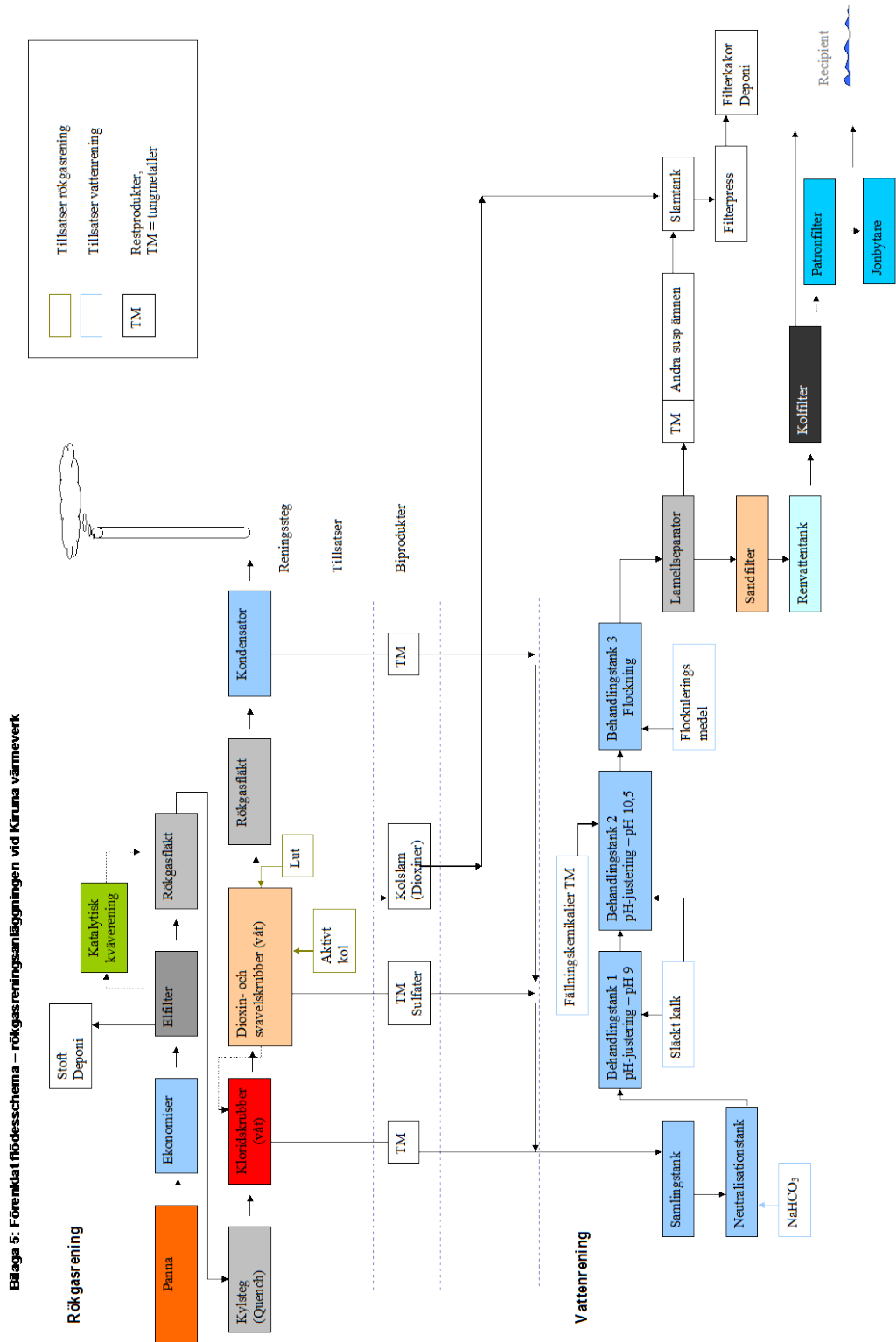
Wikipedia (2016). *Kadmium*. <https://sv.wikipedia.org/wiki/Kadmium> [2016-04-06]

Wikipedia (2016). *Zink*. <https://sv.wikipedia.org/wiki/Zink> [2016-04-06]

Zahir, F., Rizwi, S, Haq, S. & Khan, R. (2005). Low dose mercury toxicity and human health. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 20(2005), ss. 351–360. DOI: 10.1016/j.etap.2005.03.07

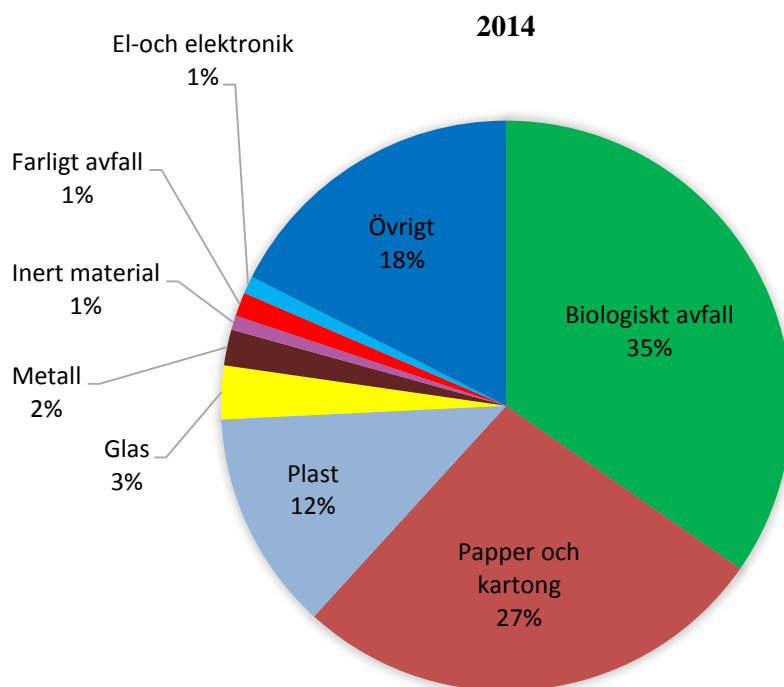
Bilaga 1 – Förenklat flödesschema för rökgas- och vattenrening

Bilaga 5

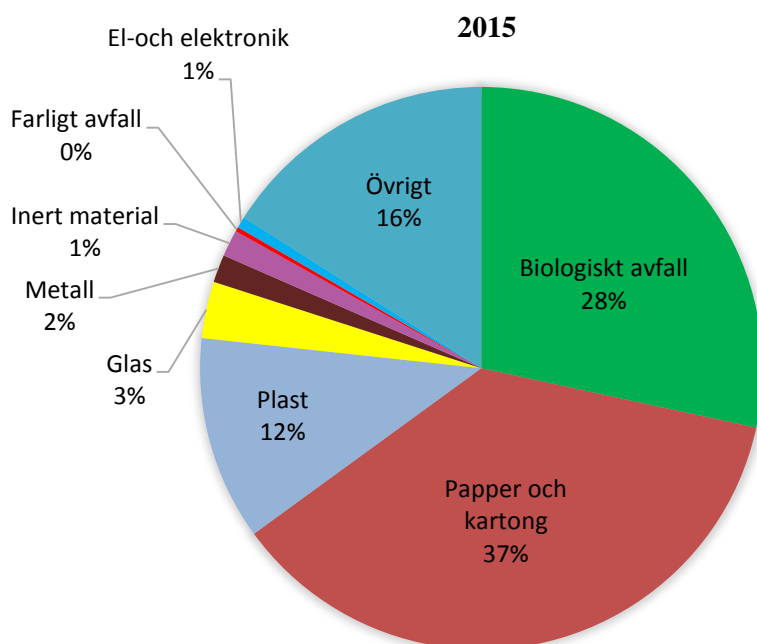


Figur 17 Förenklat flödesschema för rökgas- och vattenrening vid Kiruna värmeverk (Tekniska Verken i Kiruna AB 2014).

Bilaga 2 – Fraktionernas procentuella fördelning 2014 och 2015



Figur 18 Fraktionernas procentuella fördelning från genomförda plockanalyser på hushållsavfall i Kiruna kommun 2014.



Figur 19 Fraktionernas procentuell fördelning från genomförda plockanalyser på hushållsavfall i Kiruna kommun 2015.

Bilaga 3 – Primära och sekundära fraktioner i plockanalyser

Tabell 18 Primära och sekundära fraktioner i plockanalyser.

<i>Primär fraktion</i>	<i>Sekundär fraktion</i>
<i>Bioavfall</i>	Oundvikligt: Ben, skinn, köttsvål, skal, kärnor Onödigt: Öppnade förpackningar med mat Onödigt: Öppnade förpackningar med mat Onödigt: Mat med passerat datum, matrester, ätbar frukt och grönsaker Annat: Hushållspapper, ofärgade servetter, krukväxter, snittblommor Trädgårdsavfall
<i>Papper och kartong</i>	Tidningar o dylikt*, Well*, Pappersförpackningar*, Övrigt papper, Färgservetter
<i>Plast</i>	Mjukplast*, Frigolit*, Hårdplastförpackningar*, Övrig plast
<i>Glas</i>	Glasförpackningar*, Övrigt glas
<i>Metall</i>	Metallförpackningar*, Övrig metall
<i>Inert Material</i>	Porslin, Kattsand, Aska
<i>Farligt avfall</i>	Läkemedel och kanyler, Övrigt farligt avfall
<i>El- & elektronik*</i>	Batterier (batterier och bilbatterier), Ljuskällor (glödlampor, lågenergilampor, lysrör, LED-lampor och halogenlampor), Småelektronik
<i>Övrigt</i>	Trä, Textil, Blöjor, bindor o dylikt, Allt annat

Material med * faller under producentansvar

Tabell 19 Innehållet i fraktionerna el- och elektronik samt farligt avfall i plockanalyserna 2015.

<i>Primär fraktion</i>	<i>Sekundär fraktion</i>	<i>Antal</i>	<i>Kommentar</i>
<i>El- och elektronik</i>	Batterier	65st	
	Ljuskällor	32st	
	Småelektronik		Termostationer 3st, Uttag 2st, Klocka 1st, Ljusslingor 4st, USB-minnen 4st, Hörlurar 2st, Laddare 2st, Ficklampa 1st, Fjärrkontroller 3st, Antennsladd 1st, Lampor 3st, Mobilladdare 1st, Mobiltelefon 1st, Rakapparat 1st, Högtalare 1st, Ljusstake 1st, Sladdar, Datormus 1st, Symaskin (10,3kg)
<i>Farligt avfall</i>	Läkemedel och kanyler	97st	Diabnålar, Tabletter, Salva, Flytande medicin
	Övrigt farligt avfall		Tändvätska, Spolarvätska, Tändare, Låsolja