



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Utsläpp av bromerade dioxiner vid bränder

FORSKNING

MSB:s kontaktpersoner:
Claes-Håkan Carlsson, 010-240 50 48

Publikationsnummer MSB 400
ISBN 978-91-7383-231-1

Förord

Denna rapport sammanfattar ett forskningsprojekt som har utförts vid Kemiska institutionen, Umeå Universitet under perioden 2010-01-01 – 2011-12-31. Rapporten "Utsläpp av bromerade dioxiner vid bränder" är en förkortad version av den fullständiga slutrapporten med samma namn som projektets titel, dvs. "Spridning av bromerade dioxiner i miljön efter bränder i flamskyddat material". Projektets har finansierats av Myndigheten för Samhällskydd och Beredskap (MSB), och var en direkt fortsättning på ett tidigare projekt, "Emission, omvandling och bildning av bromerade ämnen vid olycksbränder". Projektgruppen har bestått av Staffan Lundstedt (projektledare), Stellan Marklund och Peter Haglund, alla från Kemiska institutionen, Umeå Universitet, och kontaktperson vid MSB har varit Claes-Håkan Carlsson. I projektet ingick också en referensgrupp med representanter från näringsliv och samhälle. Denna bestod av: Christer Björkman (Umeå Brandförsvär), Niklas Johansson (Naturvårdsverket), Håkan Wingfors (Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI), Thomas Liljedahl (Niras AB), Fredrik Lönneborg (Umeå Kommun), Patrik Andersson (Umeå Universitet) samt Claes-Håkan Carlsson (MSB). I projektet har även ett flertal andra personer deltagit genom att t.ex hjälpa till med provtagning, analys och informationsinhämtning, däribland: Anna Kitti Sjöström och Sture Bergek vid Umeå Universitet, Maria Cucas och Göran Olsson vid Norrköpings brandförsvär, Henrik Dahlgren och Anders Bignert vid Naturhistoriska riksmuseet, Conny Eskilsson och Lars-Ingvar Björk vid Värnamo Kommun, Inger Nygren vid Skellefteå Kommun, Per Sundström vid Kuusakoski Recycling och Viktor Sjöblom vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). Ett stort tack riktas till alla dessa liksom till alla övriga som varit delaktiga på olika sätt.

Umeå 2012-04-24



Staffan Lundstedt
Kemiska institutionen
Umeå Universitet
901 87 Umeå

Telefon: 090-786 6654
E-post. staffan.lundstedt@chem.umu.se

Innehållsförteckning

Förord	3
Innehållsförteckning	4
1. Sammanfattning	5
2. Syfte	7
3. Bakgrund	8
4. Genomförande	9
5. Resultatsammanfattning	10
5.1 Elektroniskrotsåtervinningen i Norrköping.....	10
5.2 Plaståtervinningsanläggningen i Lanna.....	12
5.3 Elektroniskrotsåtervinningen i Skelleftehamn.....	13
5.4 Båtgaraget i Åmål.....	13
5.5 Hyreshuskomplexet i Umeå.....	14
5.6 Soptippen i Peru.....	14
6. Slutsatser	16

1. Sammanfattning

Tidigare studier har visat att bränder i flamskyddade material kan leda till betydande utsläpp av bromerade dioxiner (PBDD/F). Detta genom att dessa ämnen kan finnas med som en förorening i de bromerade flamskyddsmedel (BFR) som materialen är behandlade med, och genom att vissa BFR kan omvandlas till PBDD/F under själva brandförloppet. Emitterade PBDD/F kan utgöra en omedelbar risk för människor och djur som utsätts för röken och sotet från dessa bränder, men utsläppen kan också utgöra en mer långsiktig risk genom att den omgivande miljön blir förorenad. I denna rapport sammanfattas ett forskningsprojekt som har gått ut på att studera i vilken omfattning detta kan ske. Rapporten är en förkortad version av den fullständiga slutrapporten med titeln: "Spridning av bromerade dioxiner i miljön efter bränder i flamskyddat material" (MSB 389, ISBN 978-91-7383-223-6). För mer utförlig information hänvisas till denna.

I projektet har prover av jord, sediment, vatten, fisk, sot och aska samlats in vid ett antal platser där stora olycksbränder har inträffat, och där man kan anta att betydande mängder BFR funnits närvarande. Detta inkluderar två anläggningar för elektronikskrotsåtervinning, en anläggning för plaståtervinning, ett större båtgarage samt ett hyreshuskomplex. Vidare har ett antal prover från en soptipp i Peru, som samlats in inom ramen för ett annat projekt, inkluderats och undersökts.

Resultaten från projektet bekräftar att bränder av den här typen kan leda till betydande förorening av den omgivande miljön. I extrema fall, som vid branden i en av elektronikskrotsanläggningarna, riskerar den närmaste omgivningen till och med att förvandlas till ett förorenade områden, enligt Naturvårdsverkets definitioner. Detta är anmärkningsvärt eftersom PBDD/F antas ha ett liknande giftighetsmönster som de betydligt mer studerade klorerade dioxinerna (PCDD/F), vilka är extremt giftiga. Dock visar resultaten även att emissionerna späds ut relativt fort och att halterna i miljön snabbt minskar med avståndet från brandplatsen, liksom vid sidan om den huvudsakliga rökplymens väg. Det ser dessutom ut som att PBDD/F-halterna sjunker snabbare med avståndet än t.ex. PCDD/F- och BFR-halterna, vilket sannolikt beror på att PBDD/F-molekylerna är mindre stabila under transporten i atmosfären. Å andra sidan verkar de PBDD/F-molekyler som ändå överlever och slutligen hamnar i jord och sediment, kunna bli kvar där en lång tid framöver, genom att binda hårt till det organiska materialet.

Den resulterande PBDD/F-föroreningen ser ut att kunna ge ett betydande bidrag till de miljö- och hälsorisker som brandplatserna utgör. Vid de studerade objekten översteg i många fall totalhalterna av PBDD/F totalhalterna av PCDD/F, och även omräknat till toxiska ekvivalenter (TEQ, vilka riktvärdena för dioxiner är baserade på), dominerade i flera fall PBDD/F. Vidare vittnar proven från soptippen i Peru om att föroreningarna kan överföras till växter och djur. Där återfanns högre halter i växter och ägg som

var insamlade på soptippsområdet jämfört med motsvarande prover från andra platser. I fiskar som fångades utanför en av de svenska brandplatserna var dock skillnaderna små jämfört med fiskar från andra platser.

När det gäller fördelningen av PBDD/F av olika bromeringsgrad vittnar dessa framförallt om att ämnena har sitt ursprung i bromerade difenyletrar (PBDE), vilket är en av de vanligast använda BFR-typerna och den som lättast omvandlas till PBDD/F. Vidare vittnar PBDE-profilerna om att huvudsakligen högbromerade PBDE (dekaBDE) funnits närvarande i materialen som brunnit. Dock var profilerna för både PBDD/F och PBDE ganska lika oavsett om proverna var inhämtade nära eller långt ifrån brandplatserna, vilket tyder på att PBDE, och inte minst dekaBDE, överlag är en viktig källa till PBDD/F-belastningen i samhället, även om inte all PBDD/F nödvändigtvis behöver komma från bränder. Å andra sidan visar resultaten i dessa studier att bränder utan tvekan påskyndar dessa utsläpp.

2. Syfte

Syftet med detta projekt var att ta reda på i vilken omfattning bromerade dioxiner (PBDD/F) sprids och lagras upp i miljön till följd av olycksbränder på platser där stora mängder flamskyddade material funnits närvarande. I vårt tidigare projektet, som slutrapporterades i mars 2009, visade vi att mycket stora mängder av dessa ämnen kan släppas ut vid sådana här bränder. Detta innebär en direkt hälsorisk för personer som genom rök och sot utsätts för utsläppen, tex räddningstjänstens personal och närboende, men kan även innebära en mer långsiktig risk genom att den omgivande miljön blir förorenad. Det är dock osäkert i vilken omfattning detta sker. Dels är det osäkert vilka mängder av dioxiner det egentligen är frågan om, och vad detta kan leda till för halter i miljön, och dels saknas kunskap om hur stabila de bromerade dioxinerna är i miljön, och därmed hur mycket som verkligen blir kvar på längre sikt.

3. Bakgrund

Flamskyddsmedel används för att förhindra produkter och material som plast i elektronisk utrustning, laminat på kretskort, kabelgummi och möbelstopning från att ta eld. Bromerade organiska ämnen har använts flitigt för detta ändamål. Även om användningen av sådana här bromerade flamskyddsmedel (BFR) nu kan vara på väg att minska, som en följd av de negativa effekter på hälsa och miljö som de har setts orsaka, cirkulerar fortfarande mycket stora mängder BFR i vårt samhälle, inte minst i all elektrisk och elektronisk utrustning. BFR-ämnen kan läcka från de flamskyddade materialerna under dess normala livscykel, men läckaget ökar vanligtvis om materialen utsätts för någon form av nedbrytande process, som tex brand.

Material som innehåller BFR kan även innehålla små mängder bromerade dioxiner (PBDD/F). Detta är en grupp ämnen som är analoga med de betydligt mer välstuderade klorerade dioxinerna (PCDD/F), men som innehåller brom istället för klor. PBDD/F består liksom PCDD/F egentligen av två undergrupper, nämligen bromerade dibensodioxiner (PBDD) och bromerade dibensofuraner (PBDF), men benämns i dagligt tal endast som bromerade dioxiner. Egenskapsmässigt är PBDD/F och PCDD/F mycket lika varandra, vilket bland annat betyder att båda grupperna är extremt giftiga.

PBDD/F som återfinns i flamskyddade produkter riskerar att läcka till omgivningen på samma sätt som BFR-ämnena, dvs med en ökad hastighet när produkterna förstörs. Om detta sker genom någon form av termisk process finns dessutom risken att nya PBDD/F-molekyler bildas genom omvandling av BFR. Bromerade difenyletrar (PBDE), vilket är en av de vanligast använda BFR-typerna, har visat särskilt stor benägenhet att genomgå sådan omvandling, även om detta framförallt leder till PBDF och i mindre utsträckning till PBDD. Vid brand kan denna nybildning tillsammans med frisättningen av materialens ursprungliga PBDD/F leda till mycket stora utsläpp. Utsläppen förstärks dessutom genom att olycksbränder ofta sker under relativt dåliga, eller i alla fall ojämna, förbränningsbetingelserna, med stor sotbildning som följd. Stora PBDD/F utsläpp kan innebära en direkt risk för människor och djur som utsätts för röken från dessa bränder, men kan också innebära en mer långsiktig risk genom att den omgivande miljön blir förorenad.

4. Genomförande

Prover av jord, sediment, vatten, fisk, sot och aska har samlats in vid ett antal platser där stora olycksbränder har inträffat, och där man kan anta att betydande mängder BFR funnits närvarande (Tabell 1). Detta inkluderar två anläggningar för elektronikskrotsåtervinning, en anläggning för plaståtervinning, ett större båtgarage, samt ett hyreshuskomplex. Vidare har ett antal prover från en soptipp i Peru, som samlats in inom ramen för ett annat projekt vid Kemiska institutionen Umeå universitet men som även ansetts intressanta för detta projekt, inkluderats och undersökts.

Generellt har prover tagits på varierande avstånd från brandplatsen, dels för att verifiera att detta verkligen har varit källan till föroreningen och dels för att få en uppfattning om spridningen kring källan. Vidare har prover tagits vid olika tidpunkter efter branden för att undersöka hur långlivade gifterna är i miljön. Vid elektronikskrotsanläggningen i Norrköping har provtagningen av jord upprepats på samma provpunkter vid två olika tillfällen för att undersöka hur föroreningen förändras med tiden.

Tabell 1. Bränder som provtagits inom projektet "Spridning av bromerade dioxiner i miljön efter bränder i flamskyddat material".

Brand	Vad har brunnit?	Tid för brand	Insamlade prover
Anläggning för e-skrotsåtervinning, Norrköping	E-skrot (plast, metall), industrilokal	12 juni 2007	10+5 markprover 7 sedimentprover 5 fiskprover
Hyreshuskomplex, Umeå	Byggnader (från 60-talet) med inventarier	25 dec. 2008	9 markprover
Anläggning för plaståtervinning, Lanna (Värnamo)	Stora mängder plast (bla 200 ton PVC), industrilokal	29 juni 2009	1 sotprov 7 markprover 8 sedimentprover
Båtgarage, Åmål	Byggnanden, 130 båtar (mycket plast), verstdsinventarier	17 jan. 2010	3 sot/askprover
Anläggning för e-skrotsåtervinning, Skelleftehamn	Skrot/avfallshögar, innehållande skrot, bildelar och trä.	16 juni 2011	3 släckvattenprover
Diverse avfall på soptipp i Peru.	Diverse avfall inklusive e-skrot	Flera tillfällen	Ett 30-tal prover av aska, jord, sediment ägg och växter

Samtliga prover analyserades med avseende på polybromerade dibenzo-p-dioxiner (PBDD) och dibenzofuraner (PBDF), polyklorerade dibenzo-p-dioxiner (PCDD) och dibenzofuraner (PCDF), samt polybromerade difenyletrar (PBDE).

5. Resultatsammanfattning

Nedan följer en sammanfattning av de viktigaste resultaten och slutsatserna från projektet. För mer utförliga resultat hänvisas till den fullständiga slutrapporten: "Spridning av bromerade dioxiner i miljön efter bränder i flamskyddat material" (MSB 389, ISBN 978-91-7383-223-6).

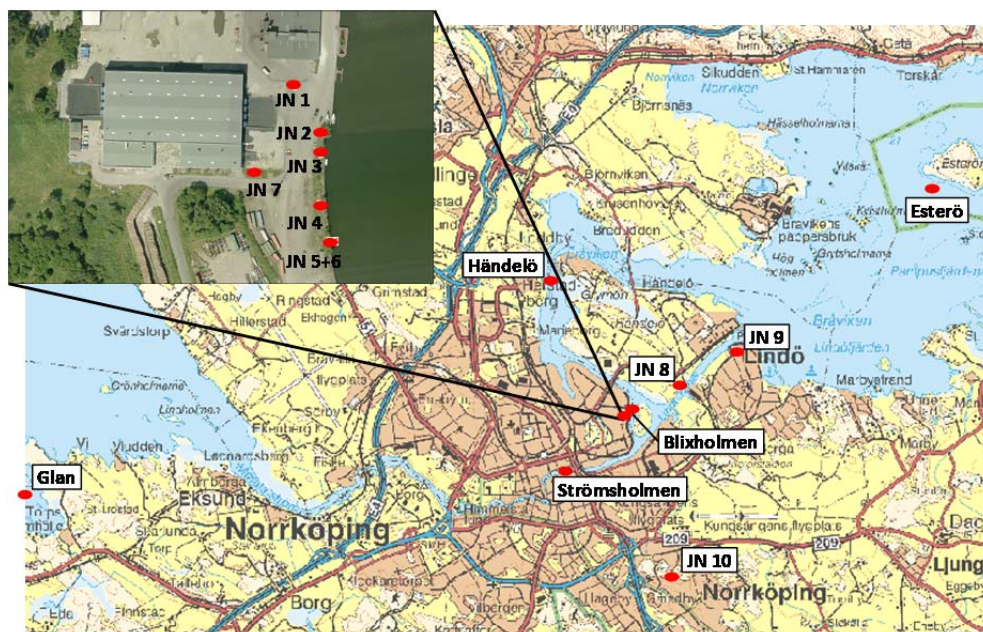
5.1 Elektronikskrotsåtervinningen i Norrköping

Det tidigare projektet visade att stora mängder bromerade ämnen släpptes ut och spreds med sotet vid denna brand. Frågan var om dessa utsläpp gav upphov till någon bestående förorening av omgivningen. Med anledning av detta togs 2,5 år efter branden prover av jord, sediment och fisk i anläggningens omgivning (Figur 2).

Resultaten visar på kraftigt förhöjda halter i marken i anläggningens absoluta närhet (Tabell 2). Precis utanför området grindar uppmättes dioxinhalter som översteg Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark med nästan 300 ggr. Och även om halterna såg ut att minska relativt fort med avståndet från platsen så var föroreningen fortfarande tydlig 50 m därifrån (i vindriktningen som rädde vid branden). Precis utanför grindarna var PBDD/F-halterna ca 100 ggr högre än PCDD/F-halterna, vilket ytterligare bekräftar att PBDD/F-utsläppen var stora. Det ser dock ut som att halterna av PBDD/F minskar snabbare med avståndet än vad halterna av både PCDD/F och PBDE gör. Detta hänger troligtvis ihop med att PBDD/F-molekylerna är mindre stabila än PBDE och PCDD/F under den tid sotet transporteras i luften. Väl nere i marken ser det dock ut som att även PBDD/F överlever en längre tid.



Figur 1. Foto taget från sydväst vid branden i elektronikskrotsanläggningen i Norrköping. Foto: Maria Cucas, Norrköping.

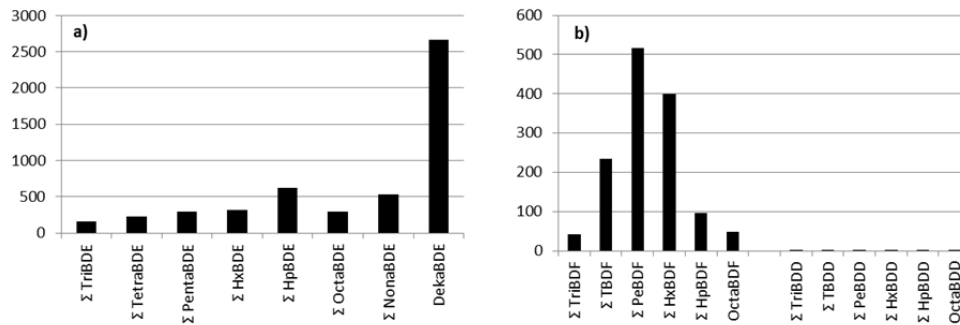


Figur 2. Karta med provtagningspunkter för jord (JN), sediment och fisk (fullständiga namn) efter branden i elektronikskrotsanläggningen i Norrköping. Flygfoto över anläggningen (återuppbyggd) med närliggande provpunkter infällt. Kartan är hämtad från Länsstyrelsernas GIS-tjänster (www.gis.lst.se).

Tabell 2. Totalhalter av PBDE, PBDD/F och PCDD/F, samt summa toxiska ekvivalenter (TEQ) för PBDD/F och PCDD/F i jordprover tagna kring den eldhärjade elektronikskrotsanläggningen i Norrköping. Halterna, ng/g för totalhalter och pg/g för summa TEQ, är baserade på torrsvikt. Mängd organiskt material i proverna anges också.

	Mängd org.mtrl. (%)	Σ PBDE (ng g ⁻¹)	Σ PBDD/F (ng g ⁻¹)	Σ PCDD/F (ng g ⁻¹)	Σ PBDD/F (pg TEQ g ⁻¹)	Σ PCDD/F (pg TEQ g ⁻¹)
JN 1	23	5100	1300	16	5100	170
JN 2	20	1800	12	4,3	41	44
JN 3	8,9	930	33	7,5	110	82
JN 4	23	92	3,0	1,5	14	12
JN 5	9,9	17	0,54	1,7	3,7	12
JN 6	6,6	0,71	0,085	0,86	0,074	4,9
JN 7	9,9	30	0,54	0,65	3,5	6,0
JN 8	6,0	0,25	0,12	0,049	0,017	0,57
JN 9	1,2	0,36	0,040	0,024	0,048	0,27
JN 10	29	1,9	0,19	0,97	0,57	12

PBDE-föreningen i marken bestod framförallt av ämnen med stort brominnehåll, dvs ffa deka-BDE, vilket också är den PBDE som har använts mest som flamskyddsmedel. Vidare bestod PBDD/F-föreningen nästan uteslutande av polybromerade dibesofuraner (PBDF), vilket är ett tecken på att även dessa huvudsakligen härstammar från PBDE-preparat (Figur 3).



Figur 3. Homologprofiler för a) PBDE och b) PBDD/F i jordprov JN 1 taget precis utanför den brandhärjade elektronikskrotsanläggningen i Norrköping. Koncentrationerna anges i ng/g torr jord.

I sedmimentproverna som togs utanför anläggningen, i Motala ström, kunde man se antydning till förhöjda halter av bromerade ämnen, även om skillnaderna var ganska små jämfört med referensprover. Vidare var föroreningsprofilen något förskjuten mot ämnen med lägre brominnehåll vilket antyder att en viss debromering (avspjälkning av brom) har skett under transporten till sedimenten. I fiskproverna från anläggningens närhet sågs en viss förhöjning i PBDE-halterna men däremot ingen tydlig förhöjning i dioxinhalterna. För PBDE var föroreningsprofilen dessutom ännu mer förskjuten mot ämnen med lägre brominnehåll, vilket sannolikt har att göra med att de större molekylerna (med fler brom) är mindre tillgängliga för upptag i fisk, samt att en viss omvandling till lägre bromerade molekyler kan ha skett i fisken. Jämfört med vad man har sett i tidigare studier så var halterna i fiskarna relativt låga.

5.2 Plaståtervinningsanläggningen i Lanna

Sot som samlades in efter denna brand visade på tydliga spår av dioxin och PBDE-utsläpp. Dock uppmättes högre PCDD/F-halter än PBDD/F-halter, vilket sannolikt beror på att materialet som brann innehöll mer PVC och förhållandevis mindre bromerade flamskyddsmedel än materialet i Norrköping. Å andra sidan var PBDD/F-halterna högre än PCDD/F-halterna i de jord och sedimentprover som togs på platsen ca 1 år efter branden. Dessa uppvisade tydliga spår av branden, särskilt i och omkring den dagvattendamm som tog emot mycket av släckvattnet på området. Även om halterna inte var så höga som de utanför elektronikskrotsanläggningen i Norrköping så var de betydligt högre än i prover tagna längre bort från platsen. I dagvattendammen överstegs Naturvårdsverkets generella riktvärde för dioxinförorenad mark, medan halterna i bäcken som avvattnar denna damm var lägre. I Kvarndammen, 1 km sydväst om anläggningen och där vattnet från dagvattendammen så småningom rinner ut, var dock halterna återigen förhöjda. Liksom i Norrköping dominerades PBDE-föroreningen av deka-BDE och PBDD/F-föroreningen av PBDF.

5.3 Elektronikskrotsåtervinningen i Skelleftehamn

Släckvattenproverna som togs i samband med denna brand vittnar om stora utsläpp av bromerade ämnen. PBDE-halterna i vattnet var liksom PBDD/F-halterna betydligt högre än PCDD/F-halterna (Tabell 3). Det är dock svårt att säga något om de absoluta halterna, då dessa prover inte har någon direkt motsvarighet i miljön. Men man kan ändå säga att varje kubikmeter släckvatten innehöll ca 1,7 mg PBDE och 33 µg PBDD/F, vilket är betydande mängder. Det verkar också som att halterna av de bromerade ämnena förblev relativt oförändrade efter att vattnet hade lagrats en vecka i de sedimentationsdammar dit det mesta av släckvattnet pumpades för att undvika alltför stora direkta utsläpp. Troligen innehöll vattnet tillräckligt mycket suspenderade finpartiklar (som ej sedimenterade) för att upprätthålla halterna i vattnet. Totalt släpptes ca 400 m³ släckvatten ut till recipienten, vilket motsvarar ungefär 680 mg PBDE, 13 mg PBDD/F och 0,5 mg PCDD/F. I detta sammanhang ska man dock komma ihåg att detta bara beskriver utsläppen via släckvattnet. Sannolikt spreds minst lika stora mängder av ämnena ifråga via rökgaser och luft. Liksom i Norrköping dominerades PBDE-föreningen av deka-BDE och PBDD/F-föreningen av PBDF.

Tabell 3. Totalhalter av PBDE, PBDD/F och PCDD/F, samt summa toxiska ekvivalenter (TEQ) för PBDD/F och PCDD/F i släckvatten från branden i elektronikskrotsåtervinningen i Skelleftehamn. Halterna, ng/L för totalhalter och pg/L för summa TEQ, är baserade på hela vattenvolymen, inklusive partiklar.

	ΣPBDE (ng L ⁻¹)	ΣPBDD/F (ng L ⁻¹)	ΣPCDD/F (ng L ⁻¹)	ΣPBDD/F (pgTEQ L ⁻¹)	ΣPCDD/F (pgTEQ L ⁻¹)
Vatten från mark	2000	29	2,7	170	43
Vatten från damm 1	1300	25	0,38	130	4,0
Vatten från damm 2	1800	44	0,65	210	8,7

5.4 Båtgaraget i Åmål

De två snöproverna insamlade närmast det nedbrunna båtgaraget i Åmål uppvisar tydliga spår av brand, både vad det gäller partikelmängd och föroreningsinnehåll (Tabell 4). Provet taget närmast brandplatsen (Åmål 1) innehöll förutom sot även mindre kolbitar, vilket förklarar den relativt stora partikelmängden i detta prov, medan partiklarna i provet 30 m därifrån (Åmål 2) mer kan beskrivas som utfällt sot. I provet 350 m därifrån (Åmål 3) är det osäkert hur mycket av partiklarna som utgjordes av brandrester (sot), men troligtvis en viss del eftersom provpunkten låg i vindriktningen som rädde vid branden. Föroreningsmängden per ytenhet var högst närmast brandplatsen, men var även betydande 30 m därifrån. I provet 350 m från platsen var mängderna mindre, men det faktum att samtliga ämnen ändå återfanns på snöytan (som generellt kan antas vara relativt ren) tyder på en viss påverkan från branden.

Tabell 4. Totalmängder av PBDE, PBDD/F och PCDD/F, samt summa toxiska ekvivalenter (TEQ) för PBDD/F och PCDD/F i sot-/askprover insamlade som snöavskrap efter branden i båtgaraget i Åmål. Mängderna anges i ng (för totalhalter) och pg (för summa TEQ) per provtagen kvadratmeter. Mängden sot/partiklar insamlad på varje provpunkt anges också.

	Partikel / sotmängd (g)	ΣPBDE (ng/m ²)	ΣPBDD/F (ng/m ²)	ΣPCDD/F (ng/m ²)	ΣPBDD/F (pgTEQ /m ²)	ΣPCDD/F (pgTEQ /m ²)
Åmål 1	1,8	99	36	110	240	1100
Åmål 2	0,21	35	7,1	36	36	390
Åmål 3	0,0030	6,7	0,28	0,76	0,39	9,9

I de två närmast proverna återfanns ungefär lika mycket PCDD/F som PBDE, medan PBDD/F mängden var något lägre. Detta tyder på att PBDE-innehållande flamskyddsmedel fanns närvarande vid branden, men inte i så extrema mängder som vid t.ex. elektronikskrotsbränderna. Liksom i Norrköping dominerades PBDE-föreningen av deka-BDE och PBDD/F-föreningen av PBDF.

5.5 Hyreshuskomplexet i Umeå

Markproverna som togs runt det eldhärjade hyreshuset i Umeå visar inga tydliga spår av förorening orsakad av branden. I vissa prover kan man ana en viss påverkan, och då framförallt på PBDE-halten. Dessa prover var alla tagna nära byggnaden och innehöll relativt mycket organisk material (4-12%). Som jämförelse kan nämnas att provet som var taget mitt emellan de brandhärjade husen, men som hade lågt organiskt innehåll (0,4%), innehöll mycket lägre halter av föroreningarna. Detta beror på att det är det organiska materialet i jorden som binder upp den här typen av ämnen. Annars uppvisar många av proverna liknande föroreningshalter som i referensprover tagna längre ifrån brandplatsen.

Trots de lägre halterna var föroreningsmönstret i proverna från Umeå ganska lik tidigare observerade mönster. PBDE-gruppen dominerades således av dekaBDE, medan PBDD/F-gruppen dominerades av furanerna (PBDF). För PBDD/F betyder detta att den förorening som ändå återfanns, med största sannolikhet har sitt ursprung i PBDE-preparat, även om den nödvändigtvis inte behöver komma från branden.

5.6 Soptippen i Peru

Analysresultaten från Peru (Tabell 5) tyder på att den okontrollerade förbränningen som skett på soptippsområdet har lett till en viss men märkbar förorening av såväl soptippsområdet som den omgivande miljön. PBDD/F-halterna på området var, liksom halterna av t.ex. PCDD/F, och PBDE, förhöjda i förhållande till halterna som uppmättes ca 1,5 km därifrån. En viss gradient

med minskande halter med ökande avstånd kunde också skönjas. Vidare tyder resultaten på att föroreningen till stor del härstammar från förbränningen av flamskyddade plaster då de högsta halterna uppmättes i askan på en plats där elkablar bevisligen brändes. Förklaringen till detta är att el-kablar ofta innehåller både PVC, PBDE och andra flamskyddsmedel. När det gäller PBDD/F tyder föroreningsmönstret på att PBDE-substanser är den huvudsakliga källan till föroreningen. Både kabelaskan och jordproverna från området och den närmaste omgivningen dominerades således starkt av furaner (PBDF), medan det längre bort från området även fanns en del dioxiner (PBDD). Utsläppen från soptippsbränderna gav också spår i växter och djur på och omkring området. Både i höns- och ankägg liksom i olika växter återfanns förhöjda halter av samtliga föroreningar.

Tabell 5. Totalhalter av PBDE, PBDD/F och PCDD/F, samt summa toxiska ekvivalenter (TEQ) för PBDD/F och PCDD/F i prover tagna på och omkring soptippen i Zapallal, norr om Lima i Peru. Halterna, , är baserade på torrsvikt. Ask-, jord- och sedimenthalterna är baserade på torrsvikt, medan ägg- och växthalterna är baserade på fett- respektive våtvtikt.

	Σ PBDE (ng g ⁻¹)	Σ PBDD/F (ng g ⁻¹)	Σ PCDD/F (ng g ⁻¹)	Σ PBDD/F (pgTEQ g ⁻¹)	Σ PCDD/F (pgTEQ g ⁻¹)
Aska kabelförbr.plats	11 000	310	890	1300	12 000
Aska anna förbr.^a	12	0,15	6,7	3,8	95
Jord från soptipp^b	37	0,17	1,1	0,16	8,8
Jord 200m från soptipp	17	0,22	0,42	0,078	3,3
Jord 300m från soptipp	3,6	0,068	0,39	0,096	3,6
Jord 1,5 km från soptipp	10	0,0064	0,031	0,0070	0,32
Sediment nedstr. soptipp	6,1	0,074	0,17	1,0	1,3
Sediment uppstr. soptipp	3,7	0,012	0,021	7,8	0,23
Ägg från soptipp^c	340	0,058	0,17	0,34	3,9
Ägg 50 km från soptipp	56	0,013	0,0040	0,19	0,12
Växter från soptipp^d	7,6	0,030	0,54	0,069	4,2
Växt 200 m från soptipp	1,7	0,014	0,34	0,0035	2,2
Växt 300 m från soptipp	1,7	0,026	0,55	0,0058	4,4
Växt 500 m från soptipp	1,5	0,011	0,30	0,0021	2,0
Växt 1,5 km från soptipp	0,95	0,0061	0,074	0,0032	0,58
Växt 4 km från soptipp	0,89	0,0044	0,062	0,0040	0,33

^aMedelvärde av två prover. ^bMedelvärde av fyra prover. ^cMedelvärde av tre prover.

^dMedelvärde av två prover.

6. Slutsatser

Studierna som sammanfattas i denna rapport bekräftar att bränder i flamskyddade material kan leda till betydande utsläpp av bromerade dioxiner med en förorening av den omgivande miljön som följd. I extrema fall, som efter branden i elektronikskrotsanläggningen, kan den närmaste omgivningen till och med förvandlas till ett förorenat område enligt Naturvårdsverkets definitioner. Emissionerna verkar dock spädas ut relativt fort vilket leder till att halterna i miljön snabbt minskar med avståndet från källan (brandplatserna), liksom vid sidan om den huvudsakliga rökplymens väg. Det ser dessutom ut som att PBDD/F-halterna sjunker snabbare med avståndet än t.ex. PCDD/F- och PBDE-halterna, vilket sannolikt beror på att PBDD/F-molekylerna är mindre stabila under transporten i atmosfären. Å andra sidan verkar de PBDD/F-molekyler som ändå överlever och slutligen hamnar i jord och sediment, kunna bli kvar där en långt tid framöver, vilket sker genom att de adsorberar starkt till det organiska materialet. Bränder i vanliga bostadshus, liksom andra bränder där en tydlig BFR-källa saknas, ser inte ut att ge upphov till någon betydande miljöförorening med avseende på PBDD/F.

Den resulterande PBDD/F-föroreningen ser ut att kunna ge ett betydande bidrag till den miljö- och hälsorisk som brandplatserna utgör. I flera av de undersökta fallen översteg PBDD/F-halterna PCDD/F-halterna, och i ett par fall (dvs vid elektronikskrotsåtervinningen i Norrköping och plaståtervinningen i Lanna) överskreds dessutom Naturvårdsverkets riktvärden för dioxinförorenad mark. Tidigare prover tagna på en soptipp i Peru vittnar även om att utsläppen kan leda till förhöjda halter av PBDD/F och PBDE i exponerade växter och djur. Dock kunde endast små förhöjningar av PBDE-halterna observeras i de fiskar som var fångade utanför en av de svenska elektronikskrotsanläggningarna, och inga förhöjningar kunde här ses i dioxinhalterna.

Liksom i tidigare analyserade sotprover dominerades PBDD/F-föroreningen i proverna tagna inom detta projekt av PBDF, vilket visar att deras huvudsakliga ursprung är PBDE-preparat. För PBDE-profilerna så dominerade dekaBDE i princip genomgående, vilket bekräftar att detta var den vanligaste PBDE:n i materialen som brunnit. När det gäller PCDD/F-profilen, så förändrades denna med avståndet från brandplatserna. Nära brandplatserna dominerade således ofta lågklorerade PCDF, men längre bort liksom i referensproverna dominerade vanligtvis högklorerade PCDD (t.ex. OCDD). Sammantaget visar detta att utsläpp från den här typen av bränder är av mindre betydelse för den totala PCDD/F-belastningen i samhället än vad de är för den totala PBDD/F-belastningen. PBDF dominerade som sagt över PBDD i samtliga prover, och även om allt detta nödvändigtvis inte behöver härledas till bränder, så tyder det ändå på att den huvudsakliga källan är PBDE-preparat och PBDE-innehållande produkter, och bränder påskyndar utan tvekan dessa utsläpp.

