

Förbättrad arbetsmiljö vid abrasiv vattenskärning

Olle Nygren och Jan Flinkfeldt

ARBETSLIVSRAPPORT NR 2000:7

ISSN 1400-8211 <http://www.niwl.se/arb/>



Programmet för kemisk yrkeshygien
Programchef Jan-Olov Levin



Förord

Denna rapport utgör slutrapport för projektet *Förbättrad arbetsmiljö och hantering av sand och sandrester vid abrasiv vattenskärning – förundersökning*.

Projektet är ett samarbete med Arbetslivsinstitutet (ALI) i Umeå och Luleå tekniska universitet (LTU). Projektägare har varit professor Claes Magnusson vid LTU och verkställande koordinator för projektet har varit docent Olle Nygren vid ALI.

Projektet omfattar tre delar: en enkätundersökning om arbetsmiljön och förhållandena för avfallshanteringen vid abrasiv vattenskärning, en orienterande mätning av aerosolbildning vid skärning samt en undersökning av teknikutvecklingen.

Projektet har finansierats av Rådet för Arbetsmiljöforskning (Ralf-projekt 1977-1124; ALI D-nr: 1998-0126).

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	1
INLEDNING	3
Historik	3
Beskrivning av tekniken	3
Emission och exponering vid skärning	3
Exponering vid hantering av slamavfall	4
SYFTE	4
PROJEKTETS ORGANISATION	4
Projektledning	4
Projektets referensgrupp	5
Tekniskt och administrativt stöd	5
PROJEKTETS GENOMFÖRANDE	5
Enkätundersökning	5
Fältmätning	5
Företag	5
Provtagning och analys	6
Studieresa	6
RESULTAT OCH DISKUSSION	7
Enkätundersökningen	7
Fältmätningar	7
Studieresa	9
SLUTSATSER	10
REFERENSER	11

Sammanfattning

Abrasiv vattenskärning (AVS) är en allt mer utnyttjad teknik för snabb, enkel och automatiserad tillskärning av hårda material som t ex metaller, sten, polymerer mm. Vid denna process bildas en aerosol bestående av en blandning av sand, vatten och spån från det skurna materialet. Då den aerosol som bildas har varierande sammansättning med bl a giftiga tungmetaller är det således väsentligt att undersöka risken för oönskad exponering vid vattenskärning.

Syftet med detta projekt har varit att i) undersöka branschens uppfattning om aerosolbildningen och slamhanteringen och deras effekter på miljön, ii) undersöka om den bildade aerosolen kan utgöra ett hälsoproblem, iii) undersöka om slamhanteringen kan utgöra ett hälso- eller miljöproblem, iv) undersöka hur den kommande tekniska utvecklingen kommer att möta eventuella ökade krav på förbättrad arbetsmiljö och teknik för slamhantering.

Branschens uppfattning har kartlagts med en enkätundersökning som gått ut till samtliga medlemmar i Swedish Waterjet Association (SWA). Resultatet av enkäten visar att ingen av de som nyttjar AVS anser att aerosolbildningen utgör något arbetsmiljö- eller övrigt miljöproblem. Ca 10 % av svaren anger att aerosolen ger smärre tekniska problem med damm på produkter och korrosion av elmaterial.

I projektet genomfördes mätningar av aerosolhalten och dess sammansättning vid tre olika vattenskärningsföretag. Vidare undersöktes metallhalterna i avloppsvatten och slam vid samma företag. Resultatet av dessa mätningar visade att lufthalterna låg under gällande gränsvärden och att luftkvaliten var tillfredsställande vid alla tre företagen. Halterna av metaller i vatten- och slamproven var förhållandevis höga i jämförelse med den sk M20-listan. Det kan därför vara motiverat att förbättra tekniken för hantering och rening av avloppsvatten och slam för att minska utsläppen av metaller. De höga halterna av zirkonium berodde på att den metallen finns i den sand som används.

Vid projektets studieresa i Tyskland besöktes två stora tillverkare av vattenskärningsanläggningar för att bl a studera olika tekniker för förbättrad arbetsmiljö och för hantering av slam och avloppsvatten. Trumpf Ag i Bad Neuheim är en modern fabrik som tillverkar anläggningar med hög kvalitets- och miljömedvetenhet. Man hade utvecklat en teknik med skärning över en vattenränna som ger avsevärt minskad vattenförbrukning och minskad slammängd. Tekniken möjliggör både recirkulation av vatten upp till 80 % samt minskad slambildning i och med att upp till 30 % av sanden kan återanvändas. I och med att tekniken är integrerad med anläggningen blir kostnaden minimerad och goda miljöeffekter kan uppnås.

Vid Ingerssoll-Rand i Neukirch, tillverkade man anläggningar efter traditionell princip med skärning över en vattenbassäng med separat slamhantering vanligtvis som bulk. Man kände till att det finns sandåtervinningsanläggningar men tillverkade inga sådana. Man menade att sådan teknik inte var lönsam så länge endast upp till 20 % av sanden är återvinningsbar och kostnaden för deponering i de flesta fall är låga. Studieresan har visat att det föreligger minst två helt olika filosofier inför den tekniska utvecklingen.

Vi kunde också konstatera att det finns teknik tillgänglig för en förbättrad hantering och rening av avloppsvatten och slam i jämförelse med den teknik som enligt enkätsvaren är den vanligaste i Sverige i dag. I och med ökade krav på miljöcertifiering och ökade kostnader för avfallsdeponering och vattenförbrukning kommer intresset för ny teknik att öka. Det finns därför ingen anledning att inleda ett tekniskt utvecklingsprojekt utan snarare inrikta fortsatt arbete på ett teknikinformationsprojekt för att sprida bättre kunskap om att mer miljövänlig teknik finns tillgänglig. Ett sådant projekt kan finansieras av t ex RALF och bör ske i samarbete med SWA.

Nyckelord: Aersosol, arbetsmiljö, bly, kobolt, krom, luft, mangan, metaller, molybden, nickel, sand, vatten, vattenskränning, zink, zirkonium.

Inledning

Historik

Vattenjet teknologin uppfanns 1968 och den första kommersiella installationen uppfördes 1974.¹ Inledningsvis tillämpades tekniken för skärning, borrar, fräsning och rengöring av mjuka material som papper och trä. Den första installationen i Sverige användes för tillverkning av pussel.¹ Idag dominerar tillämpningar för skärning. I och med att sand började användas som abrasiv tillsats 1983 kunde tekniken även tillämpas för skärning i hårda material som metall och sten.¹ Utveckling av tekniken och material i munstycken har medfört att både skärhastighet och materialtjocklek nu har ökat väsentligt. Ca 120 installationer fanns i drift i Skandinavien 1995 och antalet nya installationer i Sverige ökar snabbt.¹ Idag finns installationer med tillsammans totalt ca 100 jetmunstycken för abrasiv skärning i bruk.²

Beskrivning av tekniken

En utrustning för vattenskränning med sand består i princip av ett system för att pumpa vatten under högt tryck, ett sandmatningssystem, ett robotstyrt skärhuvud där vatten och sand blandas och sprutas ut med mycket högt tryck i ett jetmunstycke.³ Normalt arbetar man vid ett vattentryck av 3 500 bar och ett vattenflöde av 3 L/min.¹ Sandförbrukningen är ca 500 g/min.¹ Vanligtvis används granat- eller olivinsand med 180 µm medelkornstorlek.² Den normala drifttiden för en anläggning av denna typ är 3000 tim/år och vid många anläggningar har man två eller fler jetmunstycken för effektivare utnyttjande. Detta innebär en årlig förbrukning av minst ca 100 ton sand och ca 600 m³ vatten.

Emission och exponering vid skärning

Vid skärning bildas en aerosol bestående av förutom vatten även sandkorn och partiklar av det material som skärs. Höga temperaturer kan uppstå lokalt i snittytan och på ytan av de metallpartiklar som bildas. Dessa har därför så hög reaktivitet att det vid skärning i vissa material sannolikt kan leda till spjälkning av vatten till syrgas och vätgas. Det finns därför skäl att anta att vattnet även kan innehålla oxiderade metalljoner, t ex sexvärt krom, vilket då också kan finnas i den aerosol som bildas. Då sanden kan innehålla såväl fibrer som kvarts finns risker för skadlig exponering för dessa ämnen liksom även för toxiska tungmetaller i det behandlade materialet. Hos Arbetarskyddsstyrelsen och Yrkesinspektionen i Sverige finns en viss oro att skadlig exponering kan uppkomma. Många operatörer beskriver också att de upplever en sandig känsla i munnen under skärbete.

Exponering vid hantering av slamavfall

Den sand som förbrukas och de metallrester som bildas vid skärning samlas som ett slam i en vattenbassäng under skärbordet. Det bildade slammet, som således kan innehålla såväl kvarts och fibrer som toxiska tungmetaller från det behandlade materialet, separeras genom sedimentation och deponeras därefter utan vidare behandling i Sverige idag.² Denna hantering sker till stora delar manuellt i öppet system varför exponering av såväl hud som andningsvägar förekommer. Uppgifter finns att i Europa hanteras detta på olika sätt, t ex i Frankrike, England och vissa delstater i Tyskland deponeras sandresterna på samma sätt som i Sverige, medan i andra tyska delstater betraktas sandresterna som miljöfarligt avfall och får endast lämnas vid speciella anläggningar mot en betydande avgift.⁴

Syfte

Syftet med detta pilotprojekt har varit att undersöka förutsättningarna för ett utvecklingsprojekt där en helhetssyn tas för att utveckla metoder och tekniker för en förbättrad arbetsmiljö vid abrasiv vattenskränning och vid hantering av sand och sandrester från processen. Projektet har omfattat en inventering av hur olika tillverkare och användare av skärutrustning har löst arbetsmiljön vid skärning och slamhantering, såväl i Sverige som i Europa. Vidare har orienterande mätningar av damm, metaller vid ett fåtal anläggningar ingått för att erhålla ett underlag att bedöma exponeringssituationen. Inom projektet har även ett kontaktnät med representanter från branschen och berörda myndigheter, avseende så väl arbetsmiljö som yttre miljö, byggts upp.

Projektets organisation

Projektledning

Under projektets första del har Professor Claes Magnusson, LTU, varit huvudansvarig projektledare. I samband med att professor Magnusson lämnade sin tjänst vid LTU har t f professor Hans Engström tagit över som huvudansvarig projektledare. Ansvarig operativ projektkoordinator har Docent Olle Nygren, ALI, varit och Jan Flinkfeldt har varit operativ ansvarig vid LTU.

Projektets referensgrupp

Till projektet har knutits en referensgrupp. Den har bestått av:

Docent Olle Nygren, ALI, t f professor Hans Engstöm, LTU, Sven Kimblad, Kimtech AB, Box 183, 175 23 Järfälla, och T Dr, univ lektor Christian Öjmertz, Chalmers Waterjet Laboratorium och Swedish Waterjet Association (SWA), Chalmers Lindholmen Högskola, Box 8873, 402 72 Göteborg.

Tekniskt och administrativt stöd

Forskningsingenjör Sara Axelsson och FK Maria Abrahamsson vid ALI har svarat för de fältprovtagningar av aerosoler som ingått i projektet och forskningsingenjör Lissi Thomasson, ALI, har skött enkätundersökningarna. Christina Lundebing, LTU, och Margaretha Karlsson, ALI, har svarat för projektadministration.

Projektets genomförande

Enkätundersökning

En inventering har genomförts bland de företag som använder vattenskärning inkluderande en enkätundersökning avseende arbetsmiljö och hantering av sandrester. Underlag för urval av företag till enkätundersökningen har tillhandahållits av SWA.⁵ Enkäten omfattade frågor rörande anläggningens prestanda, arbetets omfattning, aerosolemission och upplevelsen av denna, slamhantering och upplevelsen av denna samt eventuella andra synpunkter. Enkäten skickades till drygt 40 företag.

Fältmätning

Tre företag valdes för mätning av aerosolemissionen vid vattenskärning. Företagen valdes utifrån storlek, antal anläggningar, produktionstyp och -omfattning.

Företag

Vid *Företag A* tillverkar (monterar) man nya anläggningar och har även legoproduktion vid fyra egna maskiner i två angränsande lokaler. Sandpåfyllning sker i påfyllnadsklocka med pneumatisk distribution till samtliga maskiner. Sand från såväl Australien som Indien användes vid företaget. Slamhantering sker med direkt slamtömning ur skäranläggningens vattenbassäng (via Kommunens renhållningsavdelning) samt ett bräddavlopp med enstegs-sedimen-

tering för överskottsvatten. Montering av nya anläggningar sker i lokaler avskilda från lego-produktionen.

Vid *Företag B* sker legoproduktion vid två anläggningar för abrasiv vattenskarning och två med enbart vattenskarning. Sandpåfyllning sker i påfyllnadsklocka med pneumatisk distribution till samtliga maskiner. Sand med amerikanskt ursprung inköpt från Danmark användes. Slamhantering sker med slampump till containerkärl för sedimentering och efterföljande bräddavlopp utan sedimentering för överskottsvatten.

Vid *Företag C* sker i huvudsak framställning och montering av anläggningar, men med egen produktion i mindre skala vid en anläggning samt testkörning av egenproducerade anläggningar. Sandpåfyllning sker i påfyllnadsklocka med pneumatisk distribution till samtliga maskiner. Sand från Australien användes. Slamhantering sker i container med sedimentering i glasfibersäck och bräddavlopp med flerstegs-sedimentering.

Provtagning och analys

Mätningarna omfattade bestämning av exponeringsnivåerna för aerosol och luftburna metaller i lokalerna. Aerosolhalterna mättes med stationär provtagning med membranfilter och högflödespumpar.⁶ Såväl emissionsmätning vid skärborden som areamätning i lokalen har utförts. Avstryksprov tagits vid skärmaskiner och manöverpaneler mm. Slamprov har tagits från bassängerna och vattenprov från bräddavlopp efter sedimentering. Aerosolhalten i luften har bestämts gravimetriskt genom vägning av filtren före och efter provtagningen. Metallhalterna i luft-, avstryks-, slam- och vattenproven bestämdes med röntgenfluorescensspektoskopi.

Studieresa

De etablerade nätverkskontakter med forskningsorganisationer och företag i Sverige och Europa som använder abrasiv vattenskarning har aktiverats. En studieresa med besök hos två av Europas största leverantörer av vattenskarningsanläggningar genomfördes under projektets slutskede. Dessa företag, båda i Tyskland, var Ingersoll-Rand Ag i Neukirch och Trumpf Ag i Bad Neuheim. Vid dessa besök efterfrågades företagets syn på olika miljöproblem i samband med vattenskarning och slamhantering, avseende såväl arbetsmiljö som yttre miljö. Vidare diskuterades olika tekniska lösningar för att minska eventuella problem och hur företagen ser på den fortsatta teknikutvecklingen.

Resultat och diskussion

Enkätundersökningen

Branschens uppfattning har kartlagts med en enkätundersökning som gått ut till drygt förtio företag och medlemmar i SWA. Totalt har 22 enkätsvar inkommit. Vidare har dessa kompletterats med ytterligare några muntliga intervjuer så att hela enkätmaterialet omfattar 25 företag.

Resultatet av enkäten visar att ca 60 % av de som svarat själva inte använder vattenskarving utan säljer anläggningar, sand eller tillbehör. Ungefär 90 % anger att det bildas en aerosol medan 10 % inte anser att någon aerosol uppstår. Aerosolen beskrivs i termer som fuktig luft, sandig känsla samt att den emitteras intermittent, egentligen enbart vid perforering av det skurna materialet. Ingen av de som svarat anser att aerosolbildningen utgör något arbetsmiljö- eller övrigt miljöproblem. Ca 10 % av svaren anger att aerosolen ger smärre tekniska problem med damm på produkter och korrosion av elmaterial, som leder till diftstörningar. Enkäten visar att branschen inte upplever att aerosolbildningen utgör något större miljöproblem, vare sig utomhus eller i arbetslokalerna, samt att de mindre tekniska problem som finns inte motiverar några åtgärder som idag inte kommer att vara affärsmässiga ekonomiskt sett. Inget företag anger att dom har någon beredskap för att hantera eventuell miljölagstiftning e dy. Man ser inte miljösäkring som en konkurrensfördel eller kvalitetsaspekt.

Fältmätningar

En inledande pilotmätning av aerosolemissionen under abrasiv vattenskarving i aluminium visade på dammhalter nära gränsvärdet⁷ för damm (10 mg/m^3) inom ca 2 m från skärhuvudet. I projektet genomfördes därför en kartläggning genom mätningar av aerosolhalten och dess sammansättning vid tre olika vattenskarvingsföretag. Vidare undersöktes metallhalterna i avstryksprov, avloppsvatten och slam vid samma företag.

Resultatet av dessa mätningar visade att lufthalterna låg under gällande gränsvärden⁷ vid alla tre företagen. Inget värde var högre än en fjärdedel av gällande gränsvärde för något av de undersökta ämnena (Co, Cr, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn och Zr). De uppmätta lufthalterna visade att luftkvaliteten avseende damm- och metallexponering vid dessa anläggningar är tillfredsställande. Det är därför inte motiverat med ytterligare åtgärder för att minska emissionen från arbetsmiljösynvinkel. Dammet i de avstryksprov som tagits på olika ytor i lokalerna (bl a vid

skärmaskinerna, vid manöverpaneler på lagerhyllor i fönsterposter mm) uppvisade snarlik metallsammansättning som den emitterade aerosolen. Slutsatsen blir att den aerosol som bildas vid vattenskäring också sprids och deponeras över allt i lokalerna.

Tabell 1. Metallhalter i slam och vatten

Vattenburet ¹ (µg/L ± sd)	Co	Cr	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn	Zr
Företag 1	nd	(45±120) ³	(585±180) ³	(35±9) ³	201±36	213±17	670±26	125±10
Företag 2	850±140	nd	1900±260	250±12	(140±50) ³	75±10	720±21	500±14
Företag 3	970±180	1800±200	2700±330	280±17	730±70	150±15	1040±30	1150±25
Slam ² (µg/g ± sd)	Co	Cr	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn	Zr
Företag 1	128.1±11	112±14	235±22	49.6±1.5	35.5±4.3	33.5±1.4	35.8±1.3	143±1.9
Företag 2	155±15	Nd	388±28	11.5±1	(12±5) ³	6.8±1	24.0±1.2	60.2±1.4
Företag 3	137±12	(48±15) ³	338±23	13.5±2	38.3±4.5	11.3±1	62.3±1.7	224±2.4

¹Vattenburen = metallhalt i suspenderat material i vatten som går ut i avloppet, ej lösta joner i vatten

²Slam = metallhalt i torrsubstans

³Värden inom parentes anger att värdet är över detektionsgränsen med under kvantifieringsgränsen

Tabell 1 visar metallhalterna i suspenderat material i avloppsvatten samt i slam. De höga halterna av zirkonium beror på att den metallen finns i den sand som används. Zirkonium finns i all sand som används för skärning och halten befanns vara högst i sand från Australien. Halterna av flera andra metaller är också förhållandevis höga i vattenproven. Avloppsreningsföreningen har utfärdat rekommendationer angående föroreningar i, till nätet inkommande, avloppsvatten, den s k M20-listan.⁸ Enligt M20-listan är gränsvärdet 1 mg/L för Co, Ni och Pb, 2 mg/L för Cr och Zn samt 5 mg/L för Mn. Summan av Cr, Cu, Ni, Pb och Zn får inte heller överstiga 5 mg/L. Denna lista är från 1983 och är nu under revidering med sänkning av många gränsvärden.⁹ Flertalet svenska kommuner tillämpar idag också betydligt striktare gränsvärden.⁹ Stockholm Vatten t ex har följande varningsvärden för månadsmedelvärden: 50 µg/L för Cr, Cu, Ni och Pb samt 500 µg/L för Zn.⁹ Jämförs dessa gräns- och varningsvärden med de uppmätta halterna så ser man att utsläppen är oroväckande höga för bland annat Cr, Mn, Ni och Zn. Det kan således vara motiverat att förbättra tekniken för hantering och rening av avloppsvatten och slam för att minska utsläppen av metaller.

Slam som saluhålls eller överlåts får högst innehålla 100 mg/kg av Cr och Pb, 50 mg/kg av Ni samt 800 mg/kg av Zn.¹⁰ Metallhalterna i slammet låg nära eller över dessa nivåer. På grund av den försumning som pågår idag bör därför inte slammet nyttjas som fyllnadsmaterial eller

ingå i gödselslam då utlakning av tungmetaller till grundvattnet inte kan uteslutas. De relativt höga metallhalterna innebär att det även kan vara av intresse att undersöka om återvinning av metallerna ur slammet kan vara lönsamt.

Studieresa

Vid projektets studieresa i Tyskland besöktes två stora tillverkare av vattenskrämningsanläggningar. Syftet var bland annat att studera olika tekniker för förbättrad arbetsmiljö och hantering av slam och avloppsvatten.

Trumpf Ag i Bad Neuheim ingår i den globala Trumpfkoncernen. Företaget tillverkar och säljer vattenskrämningsutrustningar men även hög-effekt koldioxidlaser avsedda för svetsning och skärning. Man har däremot ingen legoproduktion med egen skärutrustning. Det är en modern fabrik som tillverkar anläggningar med hög kvalitets- och miljömedvetenhet. Man har utvecklat en teknik med skärning över en vattenränna som ger avsevärt minskad vattenförbrukning och minskad slammängd. Tekniken möjliggör både recirkulation av vatten upp till 80 % och minskad sandåtgång samt mindre slambildning i och med att upp till 30 % av sanden kan återanvändas. I och med att tekniken är integrerad med anläggningen blir kostnaden minimerad och goda miljöeffekter kan uppnås. Företaget har representation i Sverige.

Ingersoll-Rand Waterjet i Neukirch, ingår i den globala Ingersoll-Rand koncernen där tillverkning av vattenskrämningsanläggningar endast utgör en liten del av koncernens verksamhet. Vid företaget tillverkar och monterar man vattenskrämningsanläggningar för den nordeuropeiska marknaden. Man har ingen legoproduktion med egen skärutrustning. Produktprogrammet omfattar anläggningar baserade på traditionell princip med skärning över en vattenbassäng med separat slamhantering, vanligtvis som bulk. En annan viktig del av verksamheten är serviceåtaganden på de skärutrustningar man säljer. Det avser såväl reservdelsförsäljning, kundsupport per telefon och datorpost samt reparationsbesök hos kunder. Man kände till att det finns sandåtervinningsanläggningar men tillverkade eller sålde inga sådana. Man menade att sådan teknik inte var lönsam så länge endast upp till 20 % av sanden är återvinningsbar och att kostnaden för deponering i de flesta fall är låga. Den teknikutveckling som pågår inom företaget avser främst att effektivisera skärtekniken så att man kan skära tjockare gods och med snabbare skärhastighet. Företagets anläggningar finns på flera ställen i Sverige och återförsäljare finns.

Studieresan visade således att det föreligger minst två helt olika filosofier inför den tekniska utvecklingen. Den ena att det inte är några problem med befintlig teknik och att teknikutvecklingen är fokuserad mot effektivare skärning. Den andra filosofin omfattar en teknikutveckling som även innefattar en miljö- och kvalitetsmedvetenhet.

Slutsatser

Vi kunde konstatera att man inom branschen upplever att den aerosolbildning som finns inte utgör något större problem, bortsett från ett ökat underhållsbehov av utrustningen om man åsidosätter städningen.

De uppmätta aerosolnivåerna i arbetslokalerna leder inte till någon exponering för damm eller metaller vid nivåer i närheten av hygieniska gränsvärden. Metallhalterna i avloppsvattnet var relativt höga i jämförelse med de tillåtna halterna för avloppsvatten som släpps ut i kommunala nät. Även slamhalterna närmade sig gränsen för slam som kan saluhållas.

Vi kunde även konstatera att det finns teknik tillgänglig för en förbättrad hantering och rening av avloppsvatten och slam i jämförelse med den teknik som enligt enkätsvaren är den vanligaste i Sverige i dag. I och med ökade krav på miljöcertifiering och ökade kostnader för avfallsdeponering och vattenförbrukning kommer intresset för den nya tekniken att utvecklas. Det finns därför ingen anledning att inleda ett tekniskt utvecklingsprojekt utan snarare ett teknikinformationsprojekt för att sprida bättre kunskap om att mer miljövänlig teknik finns tillgänglig. Ett sådant informationsprojekt kan finansieras av t ex RALF och bör ske i samarbete med SWA.

Referenser

1. Olsson L, *The theory and practice of abrasive water jet cutting*. Doctoral Thesis 1995:161, Luleå Universitet, 1995.
2. Kimblad, Sven. Kimtech AB, Sollentuna. Personlig kommunikation, 1996-2000.
3. Webplats: <http://www.trumpf.de/>. Trumpf Ag, Bad Neuheim, Tyskland, 1999.
4. Lehman, Heinz. BIA, St Augustin, Tyskland. Personlig kommunikation, 1998.
5. SWA - Medlemsmatrikel. Swedish Waterjet Association, Göteborg, 1999.
6. Provtagning av totaldamm och respirabelt damm, Metodserien 1010, Arbetskyddstyrelsen, Solna, 1979.
7. AFS 1996:2. Hygieniska Gränsvärden. Arbetskyddsstyrelsen, Solna, 1996.
8. Industriavlopp - Gränsvärden. Meddelande 20 okt-83. Vatten- och Avloppsreningsföreningen, Stockholm, 1983.
9. Fritzdatter Birgitta. Umeå Kommun. Personlig kommunikation, 1998-2000.
10. MB Fo 1998:944.