

Exponering för bensen och 1,3-butadien i raffinaderiindustrin

Metodik för samverkan mellan Arbets- och
miljömedicin och företag och företagshälsovård

Magnus Åkerström
Yrkes- och miljöhygieniker, PhD

Pernilla Almerud
1:e yrkes- och miljöhygieniker, PhD

Bo Strandberg
1:e kemist, docent

Eva M Andersson
Statistiker, docent

Gerd Sällsten
1:e yrkes- och miljöhygieniker, professor

Arbets- och miljömedicin
Göteborgs universitet

September 2014

Sahlgrenska akademien



Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
Bakgrund och syfte.....	4
Uppnådda resultat	4
Personlig exponering för bensen och 1,3-butadien vid arbete på raffinaderi under normal drift.....	5
Personlig exponering vid revisionsstopp och vid hantering av petroleumprodukter i hamnen (worst case-mätningar).....	5
Åtgärder i arbetsmiljön för att reducera exponeringen av bensen och 1,3-butadien....	6
Genomförandet	7
Erfarenheter och kommentarer till genomförandet	8
Slutsatser.....	9
Referens	9
Tack till alla i projektet!	9

Sammanfattning

I Västsverige arbetar ca 1300 personer med att producera bensen och diesel på oljeraffinaderier. De utsätts för flera cancerframkallande ämnen, bland andra bensen och 1,3-butadien men det finns begränsad kunskap om vilka nivåer av dessa ämnen som de exponeras för.

Projektets syfte var att ta reda på den genomsnittliga personliga exponeringen för bensen och 1,3-butadien som raffinaderipersonal utsätts för och att ge företag och företagshälsovård metoder för att göra egna exponeringskartläggningar.

Exponeringen för bensen och 1,3-butadien bestämdes inom raffinaderiindustrin med hjälp av en studiedesign med syfte att även optimerade nyttan för deltagande företag. Nästan 700 personburna mätningar utfördes på tre olika företag under sju olika mätkampanjer med passiva provtagare som validerats för mätningar i denna arbetsmiljö. Mätstrategin omfattade upprepade personburna mätningar på förutbestämda exponeringsgrupper bland personalen på de involverade företagen.

Resultatet visade på genomsnittligt låga halter av bensen (1 % av nivågränsvärdet [$1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$]) och 1,3-butadien (0,5 % av nivågränsvärdet [$1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$]) vid normal drift. För yrkesgrupperna varierade exponeringen mer mellan dagar för en enskild individ än mellan de olika individerna i gruppen. Detta innebär att de valda grupperna hade en likartad exponering inom respektive grupp. Under revisionsstopp på raffinaderier och vid hantering av petroleumprodukter i hamnen förekom högre exponeringar för bensen (genomsnittshalter mellan 100 och $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för de olika undersökta grupperna). Prover med en bensenhalt över $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utreddes och förslag på exponeringsreducerande åtgärder arbetades fram internt på företagen vilket ledde till förändringar av både rutiner, arbetssätt och utrustning.

Sammanfattningsvis visar resultaten att exponeringen normalt är låggradig för personer som anställs inom raffinaderiindustrin idag och risken att insjukna i leukemi bedöms som liten.

Bakgrund och syfte

I Västsverige arbetar cirka 1300 personer med att producera bensen och diesel på raffinaderier. De utsätts för flera cancerframkallande ämnen, bland andra bensen och 1,3-butadien men det finns en begränsad kunskap om vilka nivåer av dessa ämnen som de utsätts för idag. Ny forskning visar att risken för cancer är högre vid låga nivåer av bensen än man tidigare ansett.

Projektets syfte var att med moderna metoder kartlägga dagens exponeringsnivåer för de cancerframkallande ämnena bensen och 1,3-butadien bland olika yrkesgrupper i raffinaderiindustrin.

Ett delmål var att utveckla en samverkansmetodik med företagen och företagshälsovården (FHV) så att de självständigt kan utföra större exponeringskartläggningar för att kunna följa utvecklingen över tid och för att se om de åtgärder som vidtas får effekt. En vision var att förena företagens kunskap inom produktions – och processteknik vid utvärdering av mätresultat, med den vetenskapliga statistiska utvärdering som används vid modern exponeringskartläggning.

Ett annat delmål var att ta fram underlag för exponeringsbedömning vid framtida uppföljning av cancersjuklighet- och dödlighet bland anställda i svensk och nordisk raffinaderiindustri.

Projektet är finansierat av AFA försäkring och ingick i programsatsningen ”Kemiska ämnen i arbetslivet”.

Uppnådda resultat

Totalt har cirka 700 personburna exponeringsmätningar av bensen och 1,3-butadien gjorts, fördelat på två olika raffinaderier samt på ett företag i hamnen. I de flesta fall har upprepade mätningar utförts på deltagande personal så att variationen i exponering mellan och inom individerna har kunnat beräknas. På raffinaderi 1 har 360 mätningar utförts under normal drift och ytterligare 60 mätningar under ett revisionsstopp. På raffinaderi 2 har 170 mätningar utförts under normal drift, 30 mätningar på ett revisionsstopp, 20 mätningar på ett regenereringsstopp samt 15 stationära omgivningsmätningar inne på området. Vi har även genomfört 40 mätningar vid hantering av petroleumprodukter i hamnen (lastning/lossning och slamsugning). Personburna mätningar har skett, på både anställd personal vid ovanstående företag samt deras inhyrda underkonsulter, med passiva provtagare (Perkin-Elmer fylld med absorbenten Carbo-pack X) som inledningsvis validerades för 8-12 h arbetsskift i den aktuella arbetsmiljön (Strandberg et al 2014).

Personlig exponering för bensen och 1,3-butadien vid arbete på raffinaderi under normal drift

Under normal drift uppmättes en genomsnittligt mycket låg exponering för bensen på de två raffinaderierna. Exponeringsgrupperna operatörer, underhållsarbetare (endast raffinaderi 1), laboratoriearbetare, driftsingenjörer och skiftledare, och personal på Räddningstjänsten (endast raffinaderi 1) hade en tillräckligt hög andel prover över metodens detektionsgräns ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) för att statistiska beräkningar skulle vara möjliga.

Uteoperatörerna var den grupp som hade högst personlig exponering för bensen och genomsnittsexponeringen var $20,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % konfidensintervall [KI] $12,7\text{--}34,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) på raffinaderi 1 och $13,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % KI $8,3\text{--}22,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) på raffinaderi 2 att jämföra med nivågränsvärdet på $1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. På raffinaderi 1 ingick uteoperatörer som arbetade i hamnen och det var en signifikant högre personlig exponering för anställda som arbetade i hamn och tankpark jämfört med de uteoperatörer som arbetade i processarean. På raffinaderi 1 utfördes även mätningar på underhållspersonal som i jämförelse med uteoperatörerna hade en signifikant lägre exponering för bensen (genomsnitt $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Endast några få procent av bensenmätningarna låg över ett i projektet föreslaget riktvärde på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vid de två raffinaderierna.

Den personliga exponeringen för 1,3-butadien var under normal drift mycket låg med genomsnittliga halter på $7,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % KI $3,9\text{--}13,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) respektive $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % KI $1,1\text{--}2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) för uteoperatörerna vid de två raffinaderierna att jämföra med nivågränsvärdet på $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Personal vid gasutlastningen var under normal drift den enda exponeringsgrupp där något förhöjda halter av 1,3-butadien uppmättes (genomsnitt $15,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 95 % KI $7,4\text{--}33,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Eftersom organisation och anläggning till viss del skiljde sig mellan de två raffinaderierna, var det endast meningsfullt att jämföra genomsnittsexponeringen för två av grupperna (processoperatörer (utomhus) och laboratoriepersonal) och här fanns inga signifikanta skillnader mellan de två raffinaderierna.

Den personliga exponeringen för bensen och 1,3-butadien varierade i huvudsak inom individer vilket innebär att exponeringen varierade mer mellan olika arbetsdagar för en individ än vad den varierade mellan personer i samma exponeringsgrupp.

Personlig exponering vid revisionsstopp och vid hantering av petroleumprodukter i hamnen (worst case-mätningar)

Personburna exponeringsmätningar av bensen och 1,3-butadien utfördes vid tre olika revisionsstopp på raffinaderierna samt vid arbete (hamnarbete samt slamsugning) i hamnen. Vid dessa mätningar valdes moment ut där vi förväntade oss förhöjda halter av bensen och 1,3-butadien (s.k. "worst case"-prover). Detta gör att resultatet speglar de arbetsmoment som valts ut och inte personalens genomsnittliga exponering.

Vid det första revisionsstoppet (raffinaderi 2) utfördes mätningar i huvudsak på personal som arbetade vid nedstängning och öppning av en processanläggning där produkt-

strömmen innehöll 20 % bensen. Den genomsnittliga exponeringen för bensen (aritmetiskt medelvärde) var då för operatörer och inhyrd personal $960 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (geometriskt medelvärde $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$, range 7,1-4500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Av bensenmätningarna låg 46 % över föreslaget riktvärde på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$. När mätningar vid ett senare mindre revisionsstopp, ett s.k. regenereringsstopp, utfördes på samma raffinaderi men på en processanläggning där produktströmmen endast innehöll 1,5 % bensen uppmättes en genomsnittlig bensenexponering (aritmetiskt medelvärde) på $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (geometriskt medelvärde $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$, range 6,7-1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Resultatet av mätningarna visade att 9 % av mätningarna låg över riktvärde på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ men inga värden översteg nivågränsvärdet.

Vid det tredje revisionsstoppet, där exponeringsmätningar utfördes på flera av raffinaderiets anläggningar (raffinaderi 1), uppmättes en genomsnittlig personlig exponering för bensen på $610 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % KI 230-1600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Resultaten visade att 34 % av mätningarna låg över eller vid riktvärde på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ varav 3 % överskred nivågränsvärdet.

Den genomsnittliga 1,3-butadienexponeringen var låg även vid mätningarna under de tre revisionsstoppen (genomsnittlig exponering: $10,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respektive $14,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Vid mätningarna som utfördes på hamnpersonal som hanterade benseninnehållande petroleumprodukter uppmättes en genomsnittsexponering på $310 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % KI 80-1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Resultatet visade även att exponeringen påverkades av benseninnehållet i den produkt som hanterades. Nästan 30 % låg över riktvärdet på $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och högre exponering erhöles främst vid till- och fränkoppling av båtar med BTX-produkter (bensen/toluen/xylen). Den genomsnittliga bensenexponeringen för den personal som utförde slamsugning i och kring oljehamnen var $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % KI 70-1900 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Exponeringen för 1,3-butadien var låg vid arbete i hamnen.

Åtgärder i arbetsmiljön för att reducera exponeringen av bensen och 1,3-butadien

Alla mätresultat över $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ utreddes internt på företagen för att öka kunskapen om orsakerna bakom de förhöjda halter samt för att om möjligt föreslå åtgärder för att sänka exponeringen. Dessa genomgångar medförde t.ex. att otydliga rutiner eller instruktioner och olämpligt utformad eller ej optimalt inställd utrustning identifierades och kunde åtgärdas.

Vid ett av företagen fick man utifrån frågeformulären, som var knutna till mätningarna, nya kunskaper om i vilken utsträckning skyddsutrustning användes under normal drift vilket medförde att behovet att öka användningen av skyddsutrustning kunde lyftas internt på företaget.

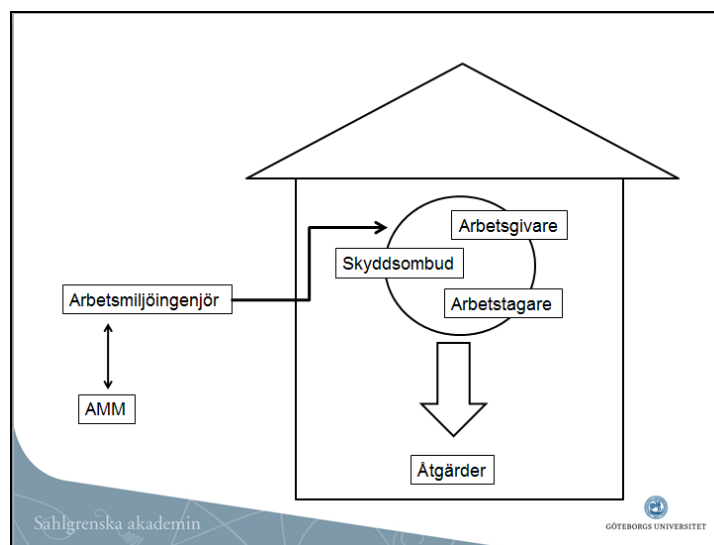
För de mätningar som utfördes utanför normal drift uppmättes högre exponeringar för bensen. Totalt utfördes mätningar vid tre olika revisionsstopp vilket möjliggjorde att erfarenheterna från det första revisionsstoppet kunde användas vid de två efterföljande revisionsstoppen. Erfarenheterna resulterade t.ex. i att företagen kunde sätta upp tydli-

gare riktlinjer för när andningsskydd skall användas och att olika exponeringsreducerande åtgärder kunde sättas in.

Även resultatet från mätningarna vid hanteringen av petroleumprodukter i hamnen medförde att förbättrad information och riktlinjer kring i vilka situationer personlig skyddsutrustning bör användas kunde kommuniceras ut till personalen.

Genomförandet

Vi har använt en samverkansmetodik, översiktligt beskriven av nedanstående bild, som innebär att det är relevant personal från det medverkande företaget (företagshälsovården, arbetsmiljöingenjörer, skyddsombud, arbetstagarare) som tillsammans med projektgruppen vid Arbets- och miljömedicin genomför studien. Syftet med detta är att företagen själva skall lära sig metoder för att utföra exponeringsmätningar och att de skall utnyttja den interna kunskapen om sitt företag för att tolka resultaten samt för att föreslå åtgärder som vid behov kan sänka personalens exponering.



I praktiken har arbetet gått till så att projektgruppen arbetat fram en studiemetodik, i detta fall valde vi att mäta upprepade mätningar på slumpvis utvald personal i olika grupper där man hade anledning att tro att exponeringen var olika. Dessa exponeringsgrupper hade företaget själva varit med och skapat utifrån deras kunskap om företagets organisation och processer. I projektet tog projektgruppen även fram ett riktvärde som vi bedömde att exponeringen bör understiga (eftersom nivågränsvärdet är ett lagkrav bör man snarare sikta på att ligga under ett väl valt riktvärde istället). Detta riktvärde var för bensen $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, att jämföra med nivågränsvärdet på $1500 \mu\text{g}/\text{m}^3$, och sattes utifrån tillgängliga studier på bensenexponering. En lättanvänd provtagare validerades (Strandberg B. et al. 2014) och utvald personal på företaget lärdes sedan upp att själva utföra mätningarna. Projektgruppen tillhandahöll provtagningsutrustning och analysen av denna. Alla mätningar som översteg projektets riktvärde utreddes inom företaget och förslag på exponeringsreducerande åtgärder togs fram. Företagen ansvarade även för att

återkoppla resultatet av mätningarna till de individer som burit provtagare. Medverkande företag skrev, med stöttning av projektgruppen, sin egen rapport över mätningarna för att resultatsammanställningen skulle utformas utefter företagets behov. Projektgruppen utförde sedan ytterligare analyser av data och resultatet av dessa analyser presenterades för företagen. Syftet med vår databearbetning var att skatta de anställdas exponering under normal drift (genomsnittsnivå och variation för olika exponeringsgrupper (operatörer, underhållspersonal, laboratoriepersonal m.fl.) men även att skatta exponeringen under revisionsstopp.

Då halterna ofta understeg detektionsgränserna (vid den kemiska analysen) under normal drift, användes en statistisk metodik (maximum likelihoodskattning för upprepade, vänstertrunkerade data) för att skatta genomsnittsnivån och variansen i en vänstertrunkerad fördelning. En tidigare föreslagen metod användes, som innebär att värden under detektionsgränsen ersätts med datorgenererade observationer, och här krävdes anpassning av den statistiska analysen för att ta hänsyn till att upprepade mätningar gjorts på samma arbetare. För vissa kategorier med en alltför stor andel under detektionsgränsen (> 80 %) kan exponering endast anges som lägre än detektionsgränsen.

Erfarenheter och kommentarer till genomförandet

Som projekttiteln anger avsåg vi att samverka med företagshälsovården. Detta gick bara att genomföra i något enstaka fall eftersom flera av företagen endast hade grundläggande avtal med externa företagshälsovårdsföretag som inte hade detaljkunskaper om industrin och som inte kunde engageras i projektet på grund av den kostnad som då skulle uppkomma. Istället fick vi samverka med arbetsmiljöingenjörer, arbetsmiljösamordnare, skyddsombud och arbetsledare vilka till stor del sköter det praktiska arbetsmiljöarbetet på företagen. Ett av företagen var ett mindre företag utan arbetsmiljöingenjör. Vi fick då utföra mätningarna själva, skriva rapporten och presentera den för ledningsgrupp och skyddsombud. Det var då svårare att få till stånd dialogen mellan de anställda och arbetsledningen om resultat som var förhöjda.

Erfarenheterna från de första revisionsstoppen medförde att vi vid det sista (och största) revisionsstoppet valde att ha personal på plats från projektet på heltid under mätningarna. Under dessa revisionsstopp var det svårare för företagen att avsätta egen personal. Det sker dessutom ständiga omdisponeringar i tidsschemat, även om arbetsuppgifterna där mätningar skulle ske kartlagts och planerats noggrant långt i förväg, vilket krävde att någon arbetade heltid (och var flexibel vad gäller arbetstider) för att få till mätningarna.

Slutsatser

I projektet har ca 700 personburna mätningar utförts, vid två olika raffinaderier och på extern hamnpersonal, och dessa visar att exponeringen för både bensen och 1,3-butadien är cirka en hundradel av gällande gränsvärde för bensen och ännu lägre för 1,3-butadien under normal produktion. Vid revisionsstopp kan dock exponeringen under nedsläckningsfasen bli högre, till exempel vid läckage av flytande produkter vid isärtagning av rör i processanläggningen, och under sådana arbetsmoment är det nödvändigt att använda andningsskydd. Även vid lassning och lossning av benseninnehållande produkter i hamnen uppmättes högre exponeringsnivåer av bensen.

Sammanfattningsvis visar resultaten att exponeringen normalt är låggradig för personer som anställs inom raffinaderiindustrin idag och risken att insjukna i leukemi bedöms som liten.

Referens

Strandberg B, Bergemalm-Rynell K, Sallsten G. Validation of three diffusive samplers for measuring benzene and 1,3-butadiene at workplaces. *Environ Sci:Processes & Impact* 2014;16:1008-1014.

Tack till alla i projektet!

Projektet hade inte kunna genomföras utan god samverkan med berörda företag och olika personalkategorier. Vid AMM har kemiska analyser utförts av Per Larsson och Lisa Svedbom.