



TEKNOLOGISK  
INSTITUT



---

## Karcinogene risici ved arbejde med oxideret bitumen

---

**Titel:**

Karcinogene risici ved arbejde med oxideret bitumen

**Udarbejdet af:**

Teknologisk Institut  
Gregersensvej 1  
2630 Taastrup

Oktober 2014

Udarbejdet af: Charles Lykke Hansen, Thomas Pilegaard Madsen  
Godkendt af: Dorthe Mathiesen

**Indholdsfortegnelse**

1. Resumé .....	1
2. Indledning og baggrund.....	1
3. Hvad er oxideret bitumen? .....	2
PAH'er i bitumen .....	2
4. IARC's klassificeringsmetode og arbejdstilsynets arbejdsmiljøgrænseværdier .....	3
5. Eksponering .....	5
Temperaturforhold ved arbejde med forskellige bituminøse produkter .....	5
Mængden af oxideret bitumen via neddelt tagpap i asfaltproduktion .....	6
6. Sammenfatning og afsluttende bemærkninger .....	6
7. Referencer .....	8

## 1. Resumé

IARC har i rapporten "Bitumens and Bitumen emissions, and some N- and S- Heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons" (1) behandlet risikoen for udvikling af cancer ved arbejder med forskellige typer af bitumener.

Ifølge IARC har tests vist, at jo højere bitumentemperatur, jo mere intens bliver emissionen, og jo tungere PAH'er bliver der frigivet. Parallelt hermed er der registreret karcinogenicitet i forbindelse med forsøg med dyr, der er påført emissioner fra oxideret bitumen opvarmet til over 199 °C, svarende til de temperaturer oxideret bitumen bliver opvarmet til under tagarbejder. Der er ikke konstateret karcinogenicitet forårsaget af oxiderede bitumener, opvarmet til 175 °C, svarende til den maksimale materialetemperaturen ved udlægning af asfalt på vej.

IARC pointerer i rapporten, at taglægningsarbejdere typisk vil være udsat for større mængder af emissioner fra bitumen i forhold til asfaltarbejdere, pga. af den højere temperatur tagbitumen opvarmes til. Arbejdstilsynets retningslinjer (7) for arbejde med tagpap indeholdende oxideret bitumen angiver, at arbejdet ikke bør foregå ved bitumentemperaturer på mere end 230 °C. Arbejdet med asfalt iblandet oxideret bitumen foregår ved materialetemperaturer omkring 50 °C lavere, det vil sige 175 °C – 180 °C, og vil derfor overholde gældende arbejdsmiljømæssige regler. Da mængden af oxideret bitumen fra neddelt tagpapmateriale – BitumenMix – samtidigt kun vil udgøre 19 % af den samlede mængde af bitumen i asfalt, vil emissionen af kræftfremkaldende stoffer fra den oxiderede bitumen være forholdsvis lille.

På baggrund af de i notatet nævnte undersøgelser er der således ikke umiddelbart hverken evidens for eller indikation af, at anvendelsen af oxideret bitumen i form af neddelt tagpap i varmblandet asfalt, inden for de normale temperaturer som varmblandet asfalt bliver udlagt ved (<180 °C), vil medføre signifikant højere sundhedsmæssig risiko, sammenlignet med arbejdet med asfalt indeholdende jomfruelig vejbitumen.

## 2. Indledning og baggrund

I 2013 udgav IARC (International Agency for Research on Cancer) rapporten "Bitumens and Bitumen emissions, and some N- and S- Heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons" (1) omhandlende risikoen for udvikling af cancer ved arbejder med forskellige typer af bitumener.

IARC har på baggrund af deres granskning af undersøgelser til dato valgt at lade *risikoen for udvikling af cancer i forbindelse med arbejde med klasse 2 bitumen (oxiderede bitumener, dvs. både iltede og luftrensede bitumener) i forbindelse med taglægning gå fra kategorien 2b (possibly carcinogenic) til 2a (probably carcinogenic).*

Betydningen af klassificeringen samt dennes indflydelse på arbejdet med oxideret bitumen i form af neddelt tagpap til vejbygningsformål i Danmark er uklart, og på denne baggrund har Tarpaper Recycling ApS bedt Teknologisk Institut om at udarbejde et notat, der undersøger dette.

Nærværende notat er udarbejdet med udgangspunkt i den til rådighed værende litteratur samt samtaler med relevante fagpersoner.

### 3. Hvad er oxideret bitumen?

Oxideret bitumen er en fællesbetegnelse for bitumener, som i fremstillingsprocessen har fået blæst luft igennem sig og derved er blevet kraftigt iltede (oxiderede). Ilten i luften reagerer kemisk med de resiner, som findes i bitumen, og gennem oxidation omdanner disse til asfaltener, som i praksis medfører en hærkning af materialet. Der opereres med to typer under fællesbetegnelsen – semi-blæst og helblæst bitumen. De semi-blæste bitumener er typisk blødere bitumener, som skal gøres hårdere til f.eks. vejbygningsformål. Dette foretages ved at ilte dem i kortere tid, jf. ovenstående beskrivelse. De helblæste bitumener er typisk fremstillet til tagbeklædningsformål (tagpap) og fremstilles ved en væsentlig længere iltningperiode end de semi-blæste.

Principielt burde al anvendt bitumen gå under betegnelsen oxideret bitumen, da denne proces foregår autonomt, blot væsentligt langsommere end ved den forcerede. Den bitumen, som er indeholdt i asfaltbelægninger oxideres også ved interaktion med ilten i luften, men for at kunne skelne mellem produkterne betegnes de bitumener, som er oxideret naturligt, typisk som ”hærdet bitumen”.

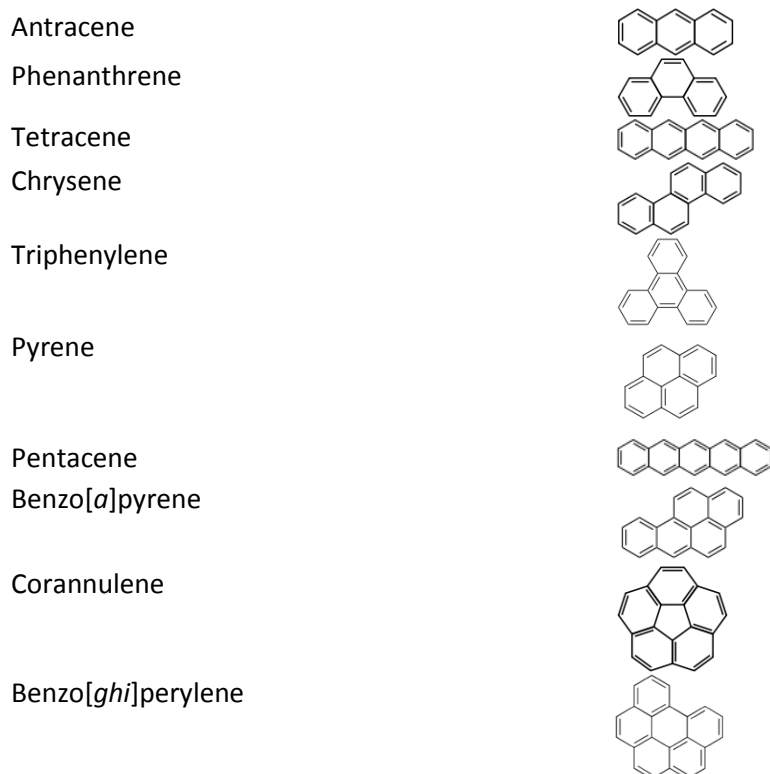
Bitumen som ikke er blevet oxideret ved iltning i fremstillingsprocessen og som anvendes i asfalt kaldes ofte for vejbitumen eller blot bitumen (straight-run).

#### PAH'er i bitumen

PAH'er er mutagene stoffer, som er mistænkt for at være kræftfremkaldende for dyr og mennesker, og har på grund af deres sundhedsskadelige egenskaber været i fokus som et miljøproblem i flere årtier (2). Kultjære, sod og mineralolie anses for at være kræftfremkaldende over for mennesker, og i den forbindelse har benzo(a)pyren (BaP) været genstand for et utal af undersøgelser. BaP er dokumenteret som et højpotent kræftfremkaldende stof (karcinogen). Flere andre PAH er også dokumenterede som karcinogener, og da der findes mange forskellige stoffer i PAH-holdige produkter, er det ofte uklart, hvorvidt effekterne skyldes en samtidig eksponering for disse karcinogene PAH'er eller om effekterne derimod skyldes andre ikke undersøgte stoffer.

Den erhvervsmæssige risiko som er forbundet med udsættelse for bitumendampe karakteriseres ofte ved at måle andelen af PAH komponenter med 3-6 aromatiske ringe i den aerosole del (3).

PAH'er med 3-6 ringe er f.eks.



Bitumen (jordolie hydrocarboner) indeholder meget lidt af (kræftfremkaldende) PAH'er, da de fleste fjernes under fremstilling af bitumen, dog kan der stadig findes PAH'er med 2 og op til 7 aromatiske ringe. Indholdet af PAH'er i oxideret bitumen er i forhold til ikke oxideret bitumen 10 – 30 % lavere pga. oxideringsprocessen (4). Dette underbygges af Trumbore et al. (5), som refereret i IARC's rapport (1) beskriver, at ved at oxidere bitumen opnås færre PAH'er med 4 til 6 aromatiske ringe. Ifølge (3) og (4) er det netop 4 – 6 ringe PAH'erne, der er de mest karcinogene. Oxideringsprocessen bliver dog ofte accelereret ved at tilføje fluxolier. Fluxolierne har den sideeffekt, at indholdet af PAH'er med specielt 4 til 6 aromatiske ringe stiger med op til en faktor 3, i forhold til oxiderede bitumener uden tilsætning af fluxolier.

#### 4. IARC's klassificeringsmetode og arbejdstilsynets arbejdsmiljøgrænseværdier

IARC forholder sig til hvorvidt stoffer er sundhedsskadelige eller ej i deres klassificering. Hvilken klassificering stoffer får afhænger af styrken af beviser for, at de er kræftfremkaldende ved eksponering, og ikke i forhold til omfanget af deres potentiale ved eksponeringen. Der bliver dermed ikke foretaget en risikobaseret analyse, hvor det vurderes hvor sundhedsskadeligt et stof er i kombinationen med eksponering under arbejdet med det pågældende stof i den enkelte situation.

IARC klassificerer karcinogeniciteten af stoffer ud fra følgende skala:

- Gruppe 1: Kræftfremkaldende stoffer
- Gruppe 2A: Sandsynligt kræftfremkaldende eksponeringer
- Gruppe 2B: Muligt kræftfremkaldende
- Gruppe 3: Ikke klassificerbar ift. stoffets kræftfremkaldende effekt på mennesker
- Gruppe 4: Sandsynligvis ikke kræftfremkaldende for mennesker

For at et stof kan klassificeres som værende i gruppe 1, skal der ligge klare og sikre epidemiologiske undersøgelser og beviser til grund.

Gruppe 2A og 2B ligger tæt op ad hinanden. Stoffer placeres i gruppe 2A når der er antydningen af evidens fra epidemiologiske undersøgelser og fyldestgørende evidens fra undersøgelser af forsøgsdyr. Stoffer placeres i gruppe 2B når der er antydningen af evidens fra epidemiologiske undersøgelser og ikke fyldestgørende evidens fra undersøgelser af forsøgsdyr. Stoffer placeres også i denne gruppe, når der er utilstrækkeligt evidens fra epidemiologiske undersøgelser eller ingen humane data, men fyldestgørende evidens fra undersøgelser af forsøgsdyr. En placering i gruppe 2A vil kræve en effekt i mindst 2 forskellige dyrearter eller -stammer, mens årsagen til en placering i gruppe 2B ligger i, at de nødvendige dyreforsøg ikke er lavet (6).

Stoffer, der ikke kan indplaceres i andre grupper, placeres i gruppe 3, hvor der foreligger utilstrækkelige data eller ingen data.

På baggrund af ovenstående, klassificerer IARC derfor karcinogeniciteten, og ikke graden af risiko for at blive udsat for kræftfremkaldende stoffer i en arbejdssituation.

Graden af risiko = **karcinogeniciteten** \* eksponering

Arbejdstilsynet har udarbejdet en vejledning for arbejde med asfaltmaterialer på baggrund af en risikovurdering. Vejledning indeholder arbejdsmiljøgrænseværdier i form af maksimaltemperaturer hvorved arbejde med bitumenprodukter må foregå. Uddrag af At-vejledningen ses herunder.

Materialer/processer	Belægningstype	Maks. anvendelsestemperatur	Bitumentype
Vejasfalt	Overfladebehandling	90 °C	B 50 - B 500
	Overfladebehandling	150 °C	B 100 - B 200
	Overfladebehandling	190 °C	B 300 - B 700
	Pulverasfalt	160 °C	B 300 - B 500
	Asfaltbeton, ABS og SMA	185 °C	B 45 - B 180
	Grusasfaltbeton	180 °C	B 60 - B 85
	Genbrug	190 °C	B 45 - B 700
	Asfaltbeton med mod. Bit.	190 °C	K og R 35-90
Tagdækning	Oxyderet bitumen	230 °C	B 115/15 - B 95/35
Broisolering m.m.	Broisolering	Max. 250 °C	

Fortegnelse over maksimale anvendelsestemperaturer i relation til bitumentyper (7)

I ovenstående skema tager Arbejdstilsynet i deres vurdering stilling til, i hvor høj grad der er risiko for at blive udsat for karcinogene stoffer, dvs. under hvilke temperaturer forskellige typer af bitumen kan håndteres sikkert.

**Graden af risiko** = karcinogeniciteten \* eksponering

## 5. Eksponering

Når bitumen opvarmes emitteres PAH'er i luften. IARC (1) påpeger, at de fysisk-kemiske egenskaber af de individuelle bestanddele i bitumen bevirker, at sammensætningen og den fysiske form af emissionen fra opvarmet bitumen, er afhængig af den temperatur bitumen opvarmes til. Forsøg med kondensat har tydeligt indikeret, at temperaturen har stor indflydelse på karcinogeniteten af bitumendampene (1).

Cavallari et al. (8) angiver, at ved opvarmning af straight run bitumen (vejbitumen) til 120 °C og 150 °C indeholder emissionen PAH'er med 2 til 3 ringe, og i langt mindre grad 4 til 6 ringe. Ved at varme bitumen yderligere op til mellem 180 °C og 230 °C, svarende til de temperaturer der arbejdes ved under påsvejsning af tagpap, stiger hyppigheden af frigivelsen og koncentrationerne af PAH'er med 4 til 6 ringe. Multivariat analyse har desuden vist, at mængden af PAH'er stiger med stigende temperaturer, med større effekt for oxideret bitumen i forhold til straight-run bitumener (8).

IARC's rapport er baseret på forsøg på dyr. Dyrene har fået påført emissioner fra oxiderede bitumener opløst i væske, på huden. Emissionerne er udtaget fra oxideret bitumen opvarmet til temperaturer på 175 °C, 199 °C, 232 °C og 316 °C. Der er ikke rapporteret beviser for karcinogenitet fra oxideret bitumen opvarmet til 175 °C, hvorimod der er konstateret karcinogenitet ved temperaturer på 199 °C, 232 °C og 316 °C. Ifølge IARC har forsøg på dyr med inhalation af emissioner fra oxideret bitumen ikke fastslået karcinogene effekter (1).

Generelt er der ringe genotoksicitet af asfaltdampe genereret i feltstudier, mens asfaltdampe generet i laboratorier er mutagene og danner DNA addukter. Der er i laboratorieforsøgene anvendt højere temperaturer end ved udlægning af asfalt. Pensling af asfalt på huden af forsøgsdyr har medført lokale tumorer, men der er ikke beskrevet tilsvarende reaktioner hos mennesker. Hos mennesker er der set øget forekomst af lungecancer, men i hvilken udstrækning de er påvirket af confoundere (kultjære i genbrugsasfalt, rygning, kvarts og dieseludstødning) er uklart.

### Temperaturforhold ved arbejde med forskellige bituminøse produkter

Tagpap eller tagplader kan indeholde oxideret bitumen. Der bruges i dag stadig oxideret bitumen, men der er en klar tendens til, at benytte polymermodificeret bitumen i stedet. Ved montering af tagpappen, varmes tagpappet enten op direkte, eksempelvis ved at opvarme undersiden med en flamme, eller der sprøjtes en opvarmet bitumenemulsion på den flade hvorpå tagpappet skal lægges. Ved tagarbejder varmes bitumen op til en arbejdstemperatur på mellem 180 °C og 230 °C.



Ved produktion af asfalt på værk opvarmes bitumen til maksimalt 180 °C (Hot mix). Under udlægning vil asfaltens temperatur ligge mellem 110 °C og 170 °C, alt efter type af asfalt, transportmiddel, afstand til udlægningssted og vejrlig. Generelt er bitumens temperaturniveau markant lavere ved produktion og udlægning af asfalt, i forhold til ved svejsning af tagpap.

IARC påpeger, at taglægningsarbejdere typisk er udsat for højere bitumenemissioner end asfaltarbejdere, på grund af bitumens højere arbejdstemperatur (1).

### Mængden af oxideret bitumen via neddelt tagpap i asfaltproduktion

Ved produktion af BitumenMix opnås der i gennemsnit en bitumen procent på ca. 55 %. BitumenMix består af ny og gammelt tagpap. Nyt tagpappmateriale indeholder i cirka 20 - 30 % oxideret bitumen (9). Jo ældre tagpap er, jo mere oxideret bitumen må det forventes at indeholde. Tagpap indeholdende polymérmodificeret bitumener blev introduceret midt i 1980'erne. Tagpap produceret inden da må forventes at kunne indeholde op til 100 % oxideret bitumen.

Under forudsætning af at 1 tons asfalt produceres med 5 % bitumenindhold, så vil:

- 2 % (20 kg) bitumen komme fra BitumenMix – svarende til 40 % af den samlede bitumenmængde.
- den samlede mængde af oxideret bitumen i forhold til den samlede mængde af bitumen i 1 ton asfalt være ca. 19 %.

## 6. Sammenfatning og afsluttende bemærkninger

IARC har i rapporten "Bitumens and Bitumen emissions, and some N- and S- Heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons" (1) behandlet risikoen for udvikling af cancer ved arbejder med forskellige typer af bitumener.

IARC har på baggrund af deres granskning af undersøgelser til dato valgt at lade risikoen for udvikling af cancer i forbindelse med arbejde med oxiderede bitumener *i forbindelse med tagarbejde*, gå fra kategorien 2b (possibly carcinogenic) til 2a (probably carcinogenic).

Ifølge IARC har tests vist, at jo højere bitumentemperatur, jo mere intens bliver emissionen, og jo tungere PAH'er bliver der frigivet. Emissionen af PAH'er ved asfaltudlægning på vej vil derfor ikke være nær så intens og koncentreret som ved påsvejsning af tagpap. IARC's konstaterer samtidigt, at der er registreret karcinogenicitet i forbindelse med forsøg med dyr, der har fået påført emissioner fra oxideret bitumener opvarmet til over 199 °C, svarende til temperaturer oxideret bitumen bliver opvarmet til under tagarbejder. Der er ikke konstateret karcinogenicitet forårsaget af oxiderede bitumener, opvarmet til 175 °C, svarende til den maksimale materialetemperaturen ved udlægning af asfalt på vej.

IARC pointerer i deres rapport, at taglægningsarbejdere typisk vil være udsat for større mængder af emissioner fra bitumen i forhold til asfaltarbejdere, pga. af den højere temperatur bitumen opvarmes

til. Dette stemmer overens med Arbejdstilsynets retningslinjer (7) for at arbejde med tagpap indeholdende oxideret bitumen bør foretages ved bitumentemperaturer på maksimalt 230 °C. Arbejdet med asfalt iblandet oxideret bitumen foregår ved temperaturer omkring 50 °C lavere, det vil sige 175 °C – 180 °C, og vil derfor overholde gældende arbejdsmiljømæssige regler. Da mængden af oxideret bitumen fra neddelt tagpapmateriale – BitumenMix – samtidigt kun vil udgøre 19 % af den samlede mængde af bitumen i asfalt, vil emission af kræftfremkaldende stoffer fra den oxiderede bitumen, være forholdsvis lille.

På baggrund af ovenstående vurderes det ikke rationelt at sidestille risikoen for at udvikle cancer ved udlægning af asfalt indeholdende neddelt tagpap, med risikoen ved påsvejsning af tagpap.

## 7. Referencer

- 1) Bitumens and Bitumen emissions, and some N- and S- Heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol103/mono103.pdf>
- 2) Miljøstyrelsens hjemmeside <http://www2.mst.dk/common/Udgiv-ramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2002/87-7972-303-9/html/kap03.htm>
- 3) Asphalt Institute & EuroBitume (2011). The Bitumen Industry – A Global Perspective – Production, chemistry, use, specification and occupational exposure.
- 4) Bolliet C, Juery C, Thiebaut B. (2013). Impact of oxidation process on polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) content in bitumen. *J Occup Environ Hyg.* 2013;10(8):435-45. doi: 10.1080/15459624.2013.801820.
- 5) Trumbore D, Osborn L, Blackburn G *et al.* (2011). Effect of oxidation and extent of oxidation on biologically active PACs in asphalt products. *Inhal Toxicol*, 23: 745–761. doi:10.3109/08958378.2011.608742 PMID:21967499
- 6) MED-NOTE: Arbejdes- og Miljømedicin: Toksikologisk testing og risiko-vurdering [http://mednote.dk/index.php/Arbejds- og\\_Milj%C3%B8medicin: TOKSIKOLOGISK TESTNING OG RISIKO-VURDERING](http://mednote.dk/index.php/Arbejds- og_Milj%C3%B8medicin: TOKSIKOLOGISK TESTNING OG RISIKO-VURDERING)
- 7) Unavngivne kilder hos Icopal og Phønix Tag Materialer.
- 8) Cavallari JM, Zwack LM, Lange CR *et al.* (2012a). Temperature-dependent emission concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons in paving and builtup roofing asphalts. *Ann Occup Hyg*, 56: 148–160. doi:10.1093/annhyg/mer107 PMID:22267131
- 9) Arbejde med asfaltmaterialer, Arbejdstilsynets hjemmeside: <http://arbejdstilsynet.dk/da/regler/at-vejledninger/a/c-0-16-arbejde-med-asfaltmaterialer.aspx>