Asfaltarbejde – en kilde til lokale og regionale partikler

I de senere år er der kommet mere opmærksomhed på udledninger fra asfaltarbejde, der bidrager til både en lokal arbejdsmiljørelateret udsættelse samt en regional dannelse af sekundære organiske partikler, der kan vise sig at være en overset kilde til organiske partikler i bymiljøer.

Af Jakob Klenø Nøjgaard,
Institut for Miljøvidenskab,
Aarhus Universitet

Et netop afsluttet projekt fra *Arbejdsmiljøforskningsfonden* opdaterer danske niveauer af dieselpartikler, bitumenrøg og polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) under asfaltarbejde. Udover dieselpartikler fra vejtromler og asfaltudlæggere afgives der flygtige stoffer samt primære og sekundære organiske partikler fra asfaltens bitumenfraktion. Disse stoffer blev målt gennem en toårig periode under forskellige asfalteringsopgaver, hvor den personlige udsættelse i arbejdsmiljøet udgjorde 0,81-2,55 µg/m^3 dieselpartikler, 28-297 µg/m^3 bitumenrøg samt 0,13-5,68 µg/m^3 PAH angivet som medianværdier for alle medarbejdere på de enkelte opgaver. Projektet bidrager med viden om, hvilke faktorer der kan mindske asfaltarbejderes udsættelse.

Asfaltveje er en uundværlig del af Danmarks infrastruktur og senest har *Aftalen om ny infrastrukturplan 2035* afsat 160 milliarder til blandt andet nedbringelse af trængsel på danske veje i form af en opgradering af eksisterende veje og nye anlægsprojekter. Asfaltarbejde omfatter en række arbejdsopgaver, herunder udlægning af nye bære- og slidlag med asfaltudlæggere og efterfølgende komprimering med vejtromler, hvorved der sker en afdampning af organiske stoffer fra asfaltens bitumenfraktion.

Disse danner nye primære partikler eller kondenserer på eksisterende partikler under afkølingen i den omgivende luft [1]. Udlægningstemperaturen har betydning for dannelsen af primære partikler [2], og flygtige organiske stoffer oxideres af eksempelvis hydroxylradikaler i atmosfæren, hvorved der dannes sekundære organiske partikler [3,4]. Dertil kommer, at der afgives flygtige stoffer fra asfalten gennem hele dens levetid, dog aftagende med tiden [3]. Hvor de primære partikler har betydning for arbejdsmiljø og lokalmiljø, kan de sekundære partikler transporteres over lange afstande.

Inden for luftkvalitet er der gennem de senere år kommet mere fokus på såkaldte ikke-udstødningsemissioner som kilde til partikelforurening i byerne [5]. Her tænkes især på partikler fra trafikrelateret bremse- og dækslid, nedbrydning af veje samt genophvirvling af støv. Asfalt kan vise sig som en vigtig kilde i den sammenhæng. Således viste



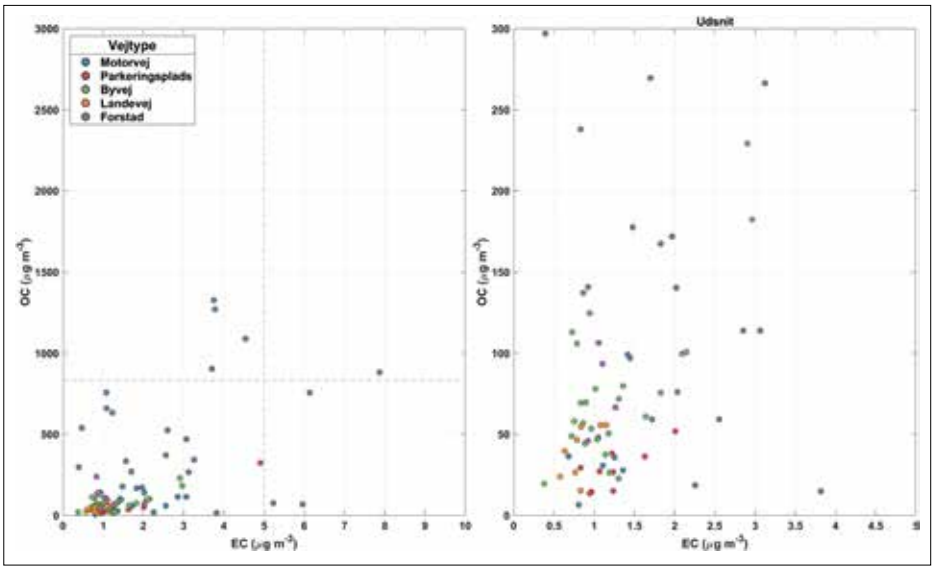
Grafik af Merve Polat.

et tidligere studie fra Californien, at sekundære partikler fra asfalt kan overstige det tilsvarende bidrag fra bilers udstødning og betragteligt øge bidraget fra ikke-udstødningsemissioner [2,3]. De tilsvarende bidrag under koldere og solfattigere nordeuropæiske forhold er ikke kendt, men grænseværdierne for atmosfæriske partikler i det nye luftkvalitetsdirektiv, nødvendiggør et bedre kendskab til ikke-udstødningsemissioner, herunder asfaltens rolle.

Aktuelle niveauer for udsættelse under asfaltarbejde

Formålet med projektet *Elementært kulstof og PAH under asfaltarbejde (EPA)* var at opnå viden om de aktuelle niveauer af bitumen- og dieselpartikler, samt PAH i asfaltarbejdernes arbejdsmiljø, samt at undersøge arbejdsgange og identificere kilderne hertil ud fra fysisk-kemiske målinger i høj tidsopløsning. Desuden at bestemme optagelsen af PAH i kroppen samt identificere tiltag til at nedbringe udsættelsen i arbejdsmiljøet.

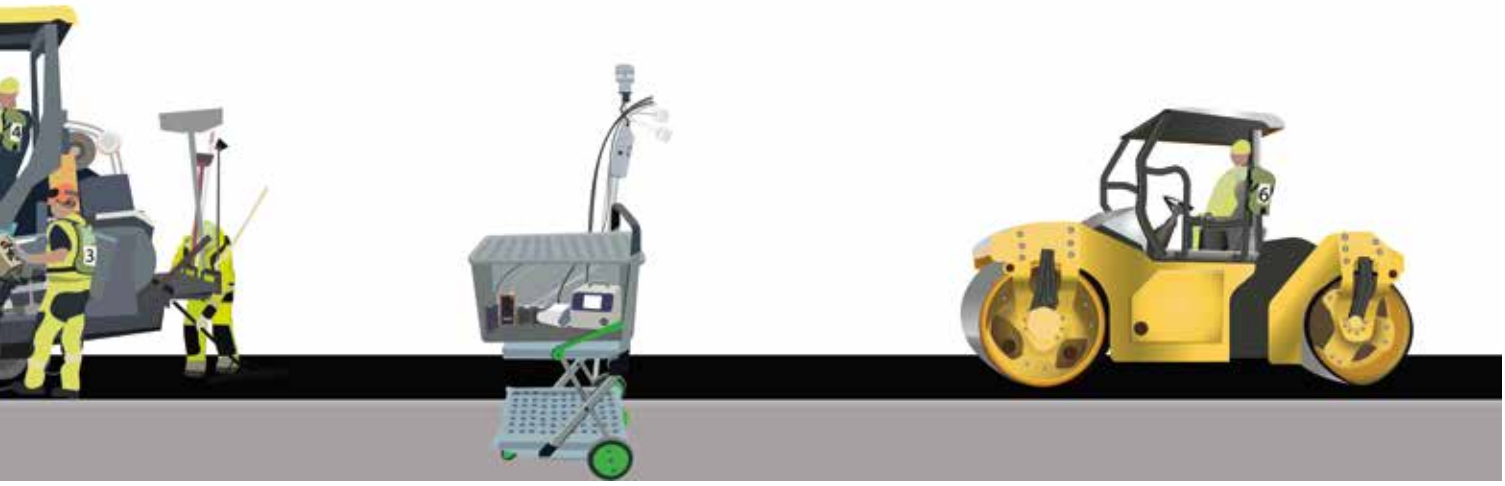
Der blev lavet mere end 90 målinger af dieselpartikler, bitumenrøg og PAH i indåndingszonen på asfaltarbejdere fordelt over 10 forskellige lokaliteter (figur 1). Enkelte målinger overskred den gældende grænseværdi for dieselpartikler på 5 µg/m^3 EC [6], som dog var under den daværende grænseværdi. Overskridelserne blev alle observeret under motorvejsarbejde, hvor også de højeste gennemsnitlige koncentrationer af dieselpartikler blev målt. Tilsvarende blev der målt enkelte overskridelser af grænseværdien for partikulært bitumenrøg svarende til 833 µg/m^3 OC [6], ligeledes alle på motorvej, hvor også de højeste gennemsnitlige koncentrationer blev målt. Koncentrationen afhang af arbejdsopgaven.



Figur 1. Oversigt over samtlige målinger samt udsnit af dieselpartikler (EC) og partikulært bitumenrøg (OC) blandt asfaltarbejdere. Grænseværdierne i arbejdsmiljøet er angivet som stiplede linjer.

Således var førerne af vejtromler og asfaltarbejderne omkring udlæggere udsat for de højeste koncentrationer, hhv. 1,28 og 1,46 µg/m^3 EC. De laveste koncentrationer blev observeret blandt formænd (1,00 µg/m^3 EC) og førere af udlæggere (1,07 µg/m^3 EC), der befandt sig længere væk fra de primære kilder til dieselpartikler, nemlig vejtromler. Omvendt blev formanden og førerne af udlæggerne udsat for de højeste koncentrationer af partikler fra bitumenrøg, hhv. 102 µg/m^3 og 113 µg/m^3 OC. Til sammenligning blev førere af vejtromler udsat for 33 µg/m^3 OC. De målte koncentrationer af dieselpartikler er højere end et samtidigt svensk studie [7], men på niveau med et tidligere norsk studie [8]. Det samme gør sig gældende for partikler fra bitumenrøg, der er på niveau med et stort fransk studie [9]. Her rapporteres desuden en aftagende trend i udsættelsen for bitumenrøg gennem perioden 2012-2022. Udsættelsen for PAH lå betragteligt under grænseværdien på 200 µg/m^3 for de partikelbundne PAH [6]. Der blev dog observeret en øget optagelse af PAH under asfaltarbejde. Således viste urinprøverne en statistisk signifikant forøgelse af PAH metabolitter på 17-77 procent efter endt arbejde, uagtet rygevaner. Dette er bekræftet i andre undersøgelser, senest i et svensk studie [7].

Målinger af partikelstørrelsesfordeling og antalskoncentration samt kemisk sammensætning af partikler i realtid, viste, at udsættelsen for partikler under asfaltarbejde altovervejende skyldtes bitumenrøg, og var størst, når der var flere udlæggere i brug, og kun i mindre grad var påvirket af trafik og egne køretøjer samt øvrige kilder. Omvendt var niveauet af dieselpartikler påvirket



Dieselpartikler måles og opgøres som elementært kulstof (EC) i henhold til bekendtgørelsen om grænseværdier i arbejdsmiljøet [6] og har en grænseværdi på 5 µg/m^3 EC. Bitumenrøg har tilsvarende en grænseværdi på 1000 µg/m^3, hvilket svarer til 833 µg/m^3 organisk kulstof (OC).

Den partikelbundne PAH-fraktion har en grænseværdi på 200 µg/m^3, og er her angivet som summen af de 16 prioriterede PAH'er, der er sammensat af 2-6 aromatiske ringe og anbefalet at måle i luftprøver af det amerikanske *Environmental Protection Agency*.

Med det nye luftkvalitetsdirektiv 2024/2881 forpligter Danmark og resten af medlemslandene i EU sig til at overholde strengere krav til luftkvalitet. Således sænkes grænseværdierne for fine ($PM_{2.5}$) og grove (PM_{10}) atmosfæriske partikler sænkes til hhv. 10 og 20 µg/m^3.

af trafikken, som dog ikke alene kunne lede til overskridelser af grænseværdien. Der blev observeret enkelte overskridelser af grænseværdien, når der var flere vejtromler med ældre emissionsnorm i brug, og disse kunne tilskrives asfaltarbejdernes egne køretøjer.

Anbefalinger til at nedbringe udsættelsen for bitumenrøg og dieselpartikler

Dieselpartikler, bitumenrøg og PAHs kræftfremkaldende egenskaber berettiger, at udledningerne holdes så lave som muligt i arbejdsmiljøet. I projektet blev der identificeret en række anbefalinger til at mindske udsættelsen for bitumen og dieselpartikler samt PAH [10].

- Opgrader vejtromler til elektriske alternativer eller nyeste emissionsnorm med afkastet højt placeret i behørig afstand fra føreren.
- Asfaltarbejdet bør udføres med passende afstand mellem udlæggerne. Der kan tilkøbes eller eftermonteres sug over "sneglen" på flere udlæggermodeller, hvorved asfaltdampene yderligere bortledes fra arbejdsområdet.
- Asfalttemperaturen bør holdes, så den er til at arbejde med, og ikke højere end det.

Videre undersøgelser

Et større fokus på asfalt som kilde til primære og sekundære partikler er baggrunden for ph.d.-projektet *Paving the road to greener asphalt: implications of occupational exposure and ambient air quality* ved *Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø*. Her forsker Merve Polat i blandt andet asfalttemperaturens indflydelse på dannelsen af primære såvel som sekundære partikler fra bitumenrøg, fordelt på traditionelle og alternative asfaltmaterialer. Projektet afsluttes til november 2026.

Anerkendelser

En stor tak til Asfaltindustrien og dens medlemmer, de medvirkende asfaltarbejdere og Københavns Kommune for at deltage og stille faciliteter til rådighed, samt AMFF for at bevilge forskningsstøtte (20215100408).

E-mail:
Jakob Klenø Nøjgaard: jkn@envs.au.dk

Referencer

1. Faber et al., 2015. Atm Environ 122, 662–671.
2. Khare et al., 2020. Sci Adv 6, eabb9785.
3. Khare and Gentner, 2018. Atmos Chem Phys 18, 5391–5413.
4. Bej et al., 2026. J Hazard Mat 509, 141713.
5. Apicella et al., 2026. Atmos Res 336, 108909.
6. Arbejdstilsynet, 2025. BEK nr. 1356 af 19/11/2025.
7. Hedmer et al., 2025. Annal Work Exp Health 70(2), wxaf078.
8. Olsen et al., 2021. Annal Work Exp Health 65, 446–457.
9. Germin-Aizac et al., 2023. Environ Res 228, 115824.
10. Nøjgaard et al., 2026. Environ Res 306(2), 125208.

Fire SDU-forskere får 9,7 millioner til dristige eksperimenter

Fire forskere fra Det Tekniske Fakultet på Syddansk Universitet har tilsammen modtaget knap 9,7 millioner kroner fra Villum Experiment. De skal undersøge nye muligheder inden for materialer, software, grøn brint og kvanteinspireret computerhardware.

Bahman Taherkhani vil undersøge, hvordan mekanisk ustabilitet kan få materialer med både bløde og stive dele til at ændre form uden at tage skade. Målet er at kunne forudsige og styre formændringerne og dermed skabe grundlag for programmerbare materialer.

Abhishek Tiwari vil undersøge, om software kan reparere sine egne fejl uden traditionelle tests. Systemet skal bruge oplysninger i programkoden og mønstre fra andre programmer til at finde sandsynlige rettelser.

Mirabbos Khujamberdiev vil bruge maskinlæring til at finde nye katalysatorer, som blandt andet kan anvendes til produktion af grøn brint. Ved at forudsige materialernes egenskaber kan forskerne udvælge de mest lovende kandidater til fysiske eksperimenter.

Hooman Farkhani vil udvikle elektronisk hardware, der ved stuetemperatur kan efterligne nogle af kvantecomputerens centrale mekanismer. Projektet bruger magnetiske komponenter som såkaldte pseudo-qubits og kan bane vej for nye former for kvanteinspireret databehandling.

Villum Experiment støtter utraditionelle forskningsideer med høj risiko og potentiale for store gennembrud. Ansøgningerne bedømmes anonymt med fokus på ideernes kvalitet og originalitet.

