

Oversigt over virkemidler til at reducere ultrafine partikler fra lufthavne

En kortlægning fra København, Amsterdam og Bruxelles

Udarbejdet for Miljø- og Ligestillingsministeriet

Marts 2025



INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	Indledning	2
1.1	Baggrund og undersøgelsesspørgsmål	2
1.2	Metode og data	2
1.3	Hovedkonklusioner	2
2.	Københavns Lufthavn	4
2.1	Kortsigtede tiltag	4
2.2	Langsigtede tiltag	6
3.	Schiphol lufthavn	8
3.1	Kortsigtede tiltag	8
3.2	Langsigtede tiltag	11
4.	Bruxelles lufthavn	12
4.1	Kortsigtede tiltag	12
4.2	Langsigtede tiltag	13
5.	Konklusion	15

1. INDLEDNING

1.1 Baggrund og undersøgelsesspørgsmål

Nye målinger viser høje niveauer for ultrafine partikler (UFP) i boligområder på Amager omkring Københavns Lufthavn. Rambøll Management Consulting har derfor efter forespørgsel fra Miljø- og Ligestillingsministeriet foretaget en kortlægning af virkemidler til at reducere forureningen med UFP fra lufthavne. Kortlægningen af virkemidler har fokus på tiltag, som kan have en effekt på den korte bane.

Kortlægningen tager udgangspunkt i lufthavnene i følgende større europæiske byer: København, Amsterdam og Bruxelles. Fælles for disse lufthavne er, at de alle ligger relativt tæt på storbyer og allerede har påbegyndt et arbejde med at reducere niveauet af UFP i varierende grad. Særligt lufthavnene i Amsterdam og København er længere fremme i arbejdet med at implementere initiativer rettet mod UFP, mens det først for nyligt er blevet et aktivt fokusområde for lufthavnen i Bruxelles.

1.2 Metode og data

Størstedelen af udledningen af UFP fra lufthavnsoperationer kan henføres til flyenes motorer, når flyene er på landjorden. Det er vurderet af DCE, at den primære kilde til ultrafine partikler kommer fra flyenes taxifart på jorden, men også fra flyenes hjælpemotorer, når flyene holder stille, handling (hjelpekøretøjer til fly), landing og take-off. Derfor bør indsatsen for at reducere UFP primært rettes mod at minimere emissionerne fra flymotorerne.¹

Overordnet kan virkemidler, som kan reducere emissioner fra luftfart, opdeles i følgende fire underkategorier^{2,3}:

1. **Reduceret lufttransport af passager og gods.**
2. **Optimering af håndtering og drift af flyene**, herunder forbedret lufttrafikstyring og -drift såsom optimering af taxikørsel samt flere passagerer eller fragt pr. flyvning.
3. **Teknologisk udvikling af fly**, med særligt fokus på udvikling af flyenes motorer samt øget anvendelse af mindre brændstofforbrugende flytyper blandt eksisterende flytyper.
4. **Udskift af fossilt jetbrændstof med brændsler med mindre klima- og miljøpåvirkning**, herunder implementering af brændstoffer med lavere drivhusgasemissioner i hele livscyklussen og fly med elektrisk fremdrift i stedet for forbrændingsmotorer.

Fokus i denne kortlægning vil primært være på initiativer, som falder ind under kategori 2, mens tiltag, som falder ind under kategori 3, også vil blive inddraget. Kategori 1 og 4 vedrører mere langsigtede tiltag, som kun vil have en begrænset indvirkning på kort sigt.

Kortlægningen af initiativer er baseret på kvalitative datakilder indsamlet blandt andet gennem interviews med de tre udvalgte lufthavne.

1.3 Hovedkonklusioner

Selvom de tre lufthavne har påbegyndt arbejdet med UFP, er det stadig et relativt nyt fokusområde, hvor mange reduktionstiltag fortsat er i et pilotstadiet. Dette medfører en vis usikkerhed omkring effekten af de forskellige tiltag, herunder den konkrete reduktion af UFP, som det enkelte initiativ kan bidrage med. Da flyenes motorer er den primære kilde til UFP-udledning, forventes tiltag, der redu-

¹ Kortlægning af partikelforeningen i Tårnby Kommune. Sammenfatning af delrapport 1, 2, 3 og 4

² Nordic Sustainable Aviation

³ Kortlægning af partikelforeningen i Tårnby Kommune - Delrapport 4 - Virkemiddelkatalog mod begrænsning af luftforurening

cerer tiden, flyenes motorer er tændt, at have den største effekt. Særligt initiativer rettet mod optimering af taxi-procedurer ved at minimere motorernes driftstid forventes at være effektive, da den direkte kilde til UFP-udledning reduceres.

Tabellen nedenfor præsenterer en bruttoliste over kortsigtede tiltag for at reducere UFP, som de tre lufthavne har implementeret eller er i gang med at implementere. Initiativerne omfatter både operationelle og tekniske tiltag, som har til formål at forbedre luftkvaliteten i og omkring lufthavne.

Tabel 1: Bruttoliste over kortsigtede tiltag under udvikling og implementering

Tiltag	CPH	AMS	BRU
Grøn omstilling af egne køretøjer	X	X	X
Strømforsyning på standpladsen	X	X	X
Single Engine Taxi	X		X
Bugsering af fly	X	X	X
Overvågning og minimering af brug af hjælpemotor (APU)	X		X
Adfærdskampagner rettet mod piloter	X		
Lufthavnstakster	X	X	X
Særlig fokus på reduktion af de ansattes eksponering af UFP*		X	
Filtreringsteknologi med "støvsuger"		X	
Blasthegn med filtre		X	
Renset luft fra terminalbygning til standplads		X	
Rengøring af platform		X	
Optimering af taxitider			X

Note: *Schiphol Lufthavn fremhævede i det afholdte interview, at lufthavnen har et særligt fokus på at reducere sine ansattes eksponering af UFP. Dette betyder dog ikke, at de to øvrige lufthavne ikke har fokus på dette emne, men det var ikke et emne, de specifikt fremhævede som et fokusområde i forbindelse med deres arbejde med UFP under de afholdte interviews.

Bemærk, ovenstående tabel er baseret på interviews og er ikke udtømmende. Implementeringen af tiltag kan variere mellem de tre lufthavne med hensyn til udformning og implementeringsstatus. Tabellen fungerer derfor som en oversigt over de kortsigtede tiltag, som de tre lufthavne arbejder med, mens de efterfølgende afsnit i denne rapport giver en mere detaljeret gennemgang af den enkelte lufthavns arbejde med UFP. Hver lufthavn har haft mulighed for at gennemgå og kommentere deres respektive afsnit. København og Bruxelles Lufthavn har benyttet sig af denne mulighed og har gennemført et kvalitetstjek af de pågældende afsnit. Schiphol Lufthavn har ikke gennemført kvalitetstjek af afsnittet omhandlende lufthavnen.

2. KØBENHAVNS LUFTHAVN

Københavns Lufthavn har målt på luftforurening siden 2000 som vilkår for miljøgodkendelse og har siden 2021 haft fokus på at reducere UFP igennem et luftkvalitetsprogram.⁴ Denne indsats er blevet udbygget gennem forskellige målinger og konkrete tiltag. Københavns Lufthavn begyndte i 2010 at monitorere niveauerne af UFP ved hjælp af målere placeret på flere områder af lufthavnens arealer. I 2021 opsatte lufthavnen yderligere målere for black carbon (sodpartikler), som er en delmængde af luftbårne partikler, herunder UFP. Disse målinger understøtter arbejdet med at dokumentere og målrette tiltag til reduktion af luftforureningen.⁵

På nuværende tidspunkt prioriteres indsatser, som vurderes at have den største effekt sammenholdt med de nødvendige økonomiske investeringer. Evalueringen af potentielle tiltag baseres på dokumenterede effekter, herunder erfaringer fra andre lufthavne, for at sikre, at tiltag som implementeres har en reel effekt.

2.1 Kortsigtede tiltag

Lufthavnens luftkvalitetsprogram faciliterer forbedring af luftkvaliteten på tværs af organisationen med samarbejdspartnere i forskellige arbejdsgrupper, herunder adfærd og grøn omstilling af lufthavnsgrøj og køretøjer (ground support equipment). Nedenfor fremgår en liste over kortsigtede tiltag målrettet reduktion af UFP, som Københavns Lufthavn har implementeret:

2.1.1 Grøn omstilling af egne køretøjer

Lufthavnen arbejder mod at overgå til eldrevet ground support equipment og øvrige køretøjer inden 2030. Denne omstilling vil have en effekt på særligt den lokale luftkvalitet, men også støjpåvirkninger kan reduceres ved omstilling til eldrevne alternativer. Dog vil der være enkelte undtagelser fx sne-ryddere, hvor det ikke vurderes som en fornuftig business case fra et bæredygtighedsperspektiv. Dette skyldes, at en sne-rydder kun kører få km om året. Det vil derfor tage mange år, før investeringen når break-even fra et bæredygtighedsperspektiv sammenlignet med den fortsatte anvendelse af eksisterende dieseldrevne sne-ryddere, da der også er udledningerne forbundet med produktionen af køretøjet. En opmærksomhedsfaktor ved elektrificering af køretøjer er dog, at eldrevne køretøjer ofte er tungere, hvilket fører til øget udledning af grove partikler (PM₁₀) på grund af dækslid.

2.1.2 Strømforsyning på standpladsen

Størstedelen af udledningen af UFP stammer fra flyenes motorer. For at reducere brugen af flyenes motorer, når flyene holder stille, har alle standpladser med hyppig anvendelse fast elforsyning til fly (FEGP). Dette muliggør, at flyene kan forbindes til elkabel, hvorefter flyets motorer kan slukkes. Enkelte pladser med begrænset anvendelse har ikke elforsyning, men her kan mobil elforsyning anvendes.

Fast flyventilation med køling eller varme (FPCA) findes på alle standpladser med bro ved terminalerne. Alle standpladser har også mulighed for at anvende mobil flyventilation og strøm, hvor handling-selskaberne sørger for dette. Tiltagene er med til at begrænse tiden, hvor flyenes motor er tændt.⁶

⁴ Københavns Lufthavns arbejde med luftkvalitet har siden 2010 været organiseret gennem et luftkvalitetsprogram, der udarbejdes i samarbejde med partnervirksomheder og arbejdstagerorganisationer. Luftkvalitetsprogrammet indebærer en række fokusområder for at minimere den lokale miljøpåvirkning. Luftkvalitetsprogrammets igangværende aktiviteter er beskrevet nærmere i følgende aktivitetsprogram: [Luftkvalitet - Igangværende aktiviteter vedrørende luftkvalitet i Københavns Lufthavne](#).

⁵ Fra 1. januar 2025 er det et krav, at Københavns Lufthavn måler niveauet af UFP, som pålagt i et brev fra Miljøstyrelsen ([Link](#)). Myndighederne stiller ikke krav om måling af niveauet af black carbon.

⁶ [Lokale bestemmelser for Københavns Lufthavn, kapitel 5](#)

2.1.3 Optimering af taxi-procedurer

Lufthavnen har fokus på at reducere udledningerne af UFP under taxikørslen, hvor flyene taxier mellem landingsbanerne og gaten. Dette kan gøres på flere måder:

Single Engine Taxi

For de fleste flytyper er det muligt kun at anvende én af flyets to motorer under taxidelen for at minimere brugen af motorerne. Single Engine Taxi anvendes af flere flyselskaber. Denne praksis fremgår af lufthavnens AIP (Aeroneautical Information Publication), som er en vejledning til piloterne. Da der er tale om en vejledning, foretages der på nuværende tidspunkt ikke kontrol af flyselskabernes brug af Single Engine Taxi. Lufthavnen har derfor ikke kendskab til, hvor ofte fremgangsmåden anvendes. Dette skyldes blandt andet, at lufthavnen ikke er i besiddelse af målesystemer, der kan detektere, hvor mange motorer, der er i brug. Lufthavnen er i kontakt med andre lufthavne, der i øjeblikket tester tilgængelige målesystemers anvendelighed.

Single Engine Taxi har størst potentiale ind til gaten, da motorerne har brug for at opvarme inden take-off. Da Københavns Lufthavn har relativt korte taxiafstande, er det derfor begrænset, hvad der er muligt at spare, særligt fra gaten til take-off. Desuden øges risikoen for, at flyet potentielt ikke er klar, ved take-off. Dette kan reducere kapaciteten og skabe forsinkelser for øvrige fly, hvilket dermed øger brændstofforbruget på jorden. Der kan også være andre sikkerhedsmæssige faktorer, som begrænser muligheden for Single Engine Taxi. Eksempelvis kræver nogle flyselskaber, at alle motorer er tændt, når belægningen er våd eller kontamineret på anden vis, samt når flyene skal krydse aktive baner.

Bugsering af fly

Fly, som er parkeret med front mod terminalerne, skubbes ud til opstartsmærker af en pushback traktor. Dette mindsker den lokale luftforurening og støj tæt på terminalerne ved opstart af hovedmotorerne, da flymotorerne ikke skal være tændt under bugsering.⁷ Det skal bemærkes, at flymotorerne skal være tændt og opvarmes i en vis periode, før flyet kan lette. Bugsering er derfor mest relevant ved lufthavne, hvor flyene skal tilbagelægge længere taxiafstande, end hvad der er tilfældet ved Københavns Lufthavn.

Traktoren bruges også, hvis flyet skal flyttes over længere afstande fx til vedligehold eller langtidsparkering. Traktorerne har dieselmotorer, men som led i luftkvalitetsprogrammets arbejde ses ind i muligheden for at overgå til el.

Det skal bemærkes, at flyenes taxi- og bugseruter, samt retningslinjer for pushback er underlagt strenge sikkerhedskrav, som der skal tages højde for ved fremtidig optimering af processerne.

2.1.4 Overvågning og minimering af brug af hjælpemotor

Et andet indsatsområde, som Københavns Lufthavn arbejder med, er at minimere brug af hjælpemotoren (Auxiliary Power Unit, APU), som producerer strøm til flyet, når motorerne er slukket, og flyet ikke er koblet på lufthavnens elnet. APU'en kører på flybrændstof og bidrager derfor til luftforurening. Det er ikke tilladt at bruge APU'en mere end 5 minutter efter ankomst og før afgang. I 2025 etablerer lufthavnen på de 40 travleste standpladser en målrettet overvågning af flyenes anvendelse af APU med brug af varmekfølsomme kameraer og kunstig intelligens. APU-kontrolsystemet forventes etableret fra 2026.

⁷ [Lokale Bestemmelser for Københavns Lufthavn, kapitel 6](#)

Generelt gælder det, at overskridelse af APU-regler (jf. AIP) registreres via en app af ground-handlere og andre ansatte i lufthavnen. I grelle tilfælde kan der tilkaldes en safety inspector, der indgiver en non-compliance rapport, som giver anledning til dialog med flyselskabet om ændring af praksis. Der eksisterer på nuværende tidspunkt ingen økonomiske sanktioner for manglende overholdelse af vejledningen.

2.1.5 Adfærdskampagner rettet mod piloter

Adfærd er en vigtig del af arbejdet med luftkvalitet, idet forurenende aktiviteter har potentiale for at kunne reduceres igennem påvirkning af menneskelig adfærd. Samme gør sig gældende for støjende aktiviteter. Derfor er der også fokus på at gennemføre adfærdskampagner via luftkvalitetsprogrammet. Særligt ved flytrafik er piloten en vigtig interessent som kan bidrage til at reducere luftforureningen til gavn for både lokalmiljøet og medarbejdernes arbejdsmiljø. Tidligere adfærdskampagner har eksempelvis haft fokus på at slukke flyenes motorer.

2.1.6 Lufthavnstakster

I 2024 trådte der en ny takstafte i kraft i Københavns Lufthavn, herunder de miljørelaterede NO_x- og CO₂-takster. De nyforhandlede takster gælder i fire år fra 1. januar 2024 til 31. december 2027.⁸ Formålet med de miljørelaterede takster er at give flyselskaberne incitament til at fortsætte deres arbejde med CO₂-effektivitet. På nuværende tidspunkt inkluderer taksterne ikke incitamenter specifikt målrettet en reduktion af UFP. Da nuværende takster gælder frem til 2027, vil eventuelle nye tiltag derfor først kunne implementeres herefter. I Danmark fører Trafikstyrelsen tilsyn med fastsættelsen af lufthavnstakster i Københavns Lufthavn, jf. luftfartslovens § 71. Dette betyder, at Trafikstyrelsen kan fastsætte reglerne for lufthavnstaksterne.⁹

2.2 Langsigtede tiltag

Københavns Lufthavn arbejder også på langsigtede løsninger for at reducere flyrelaterede emissioner. Lufthavnen koordinerer handlinger for bedre luftkvalitet gennem et luftkvalitetsprogram, med involvering og samarbejde med interessenter, partnere, forskning samt andre lufthavne. Lufthavnens måleprogram af UFP og black carbon, som indgår i luftkvalitetsprogrammet, stilles blandt andet til rådighed for myndigheder, forskere og øvrige fagpersoner, der kan bidrage til øget viden omkring forbedring af luftkvalitet.

2.2.1 Samarbejdsprojekter

Yderligere samarbejder Københavns Lufthavn med andre lufthavne gennem EU-Horizon projekter, herunder projektet *ALIGHT* (A lighthouse for the introduction of sustainable aviation solutions for the future)¹⁰. Lufthavnen fungerer som en fyrtårnslufthavn, som udviklingsfasen tager udgangspunkt i. Projektet sker blandt andet i samarbejde med Teknologisk Institut samt andre lufthavne i Rom, Vilnius samt den kommende nye lufthavn i Warszawa. Københavns lufthavn har også, sammen med Schiphol Lufthavn, bidraget til *ACI* (Airports Council International) *Europe* rapporter fra 2012¹¹ og 2018¹², der omhandler udledning, måling og regulering af UFP ved lufthavne.

Lufthavnen deltog også i EUHorizon projektet *AVIATOR* (Assessing aviation emission impact on local air quality at airports: towards regulation)¹³, som blev afsluttet i 2023. Projektets formål var at under-

⁸ [Charges regulation applying to Copenhagen Airport in force during the period 1 January 2024 to 31 December 2027](#)

⁹ [Lufthavnstakster, Trafikstyrelsen](#)

¹⁰ [ALIGHT](#)

¹¹ [Ultrafine Particles at Airports \(ACI Europe, 2012\)](#)

¹² [Ultrafine Particles at Airports \(ACI Europe, 2018\)](#)

¹³ [AVIATOR Project: Assessing aViation emission Impact on local Air quality at airports: TOwards Regulation](#)

søge, hvordan flyemissioner påvirker luftkvaliteten ved lufthavne med fokus på UFP og andre forurenende stoffer. Københavns Lufthavn deltager ved at stille data og målinger til rådighed og bidrager til udviklingen af bedre overvågning og regulering af emissioner.

2.2.2 Bæredygtigt brændstof

Et af de centrale initiativer på lang sigt er at fremme brugen af bæredygtigt flybrændstof (Sustainable Aviation Fuel, SAF). Udbuddet af SAF er dog i øjeblikket begrænset, og de nødvendige forsyningskæder er endnu ikke tilstrækkeligt udviklede til at understøtte en bred implementering på kort sigt. Københavns Lufthavn har gennem klimapartnerskabet for luftfart¹⁴ opfordret til, at midlerne fra passagerafgiften afsættes til en dansk produktion af SAF og til anvendelse af lavaromatisk brændstof i Københavns Lufthavn til gavn for den lokale luftkvalitet.

Et forsøg i Københavns Lufthavn under projektet *ALIGHT* viste, at brugen af SAF har en positiv effekt på luftkvaliteten. Konkret viste forsøget, at et fly med 34% SAF i tanken resulterede i en reduktion af udledningen af UFP med omkring 30% på landjorden. Forsøget tyder derfor på, at SAF ikke kun bidrager til at reducere CO₂-emissioner, men også bidrager til at reducere luftforureningen. Forsøget blev udført over en periode på fire uger, og det er første gang, at der er blevet foretaget så omfattende målinger i et lufthavnsmiljø.¹⁵

Det skal dog bemærkes, at resultater fra Schiphol Lufthavn tyder på, at SAF kun vil have en begrænset indvirkning på reduktion af UFP. Der henvises til afsnit 3.2.1 for uddybning. Rambøll har ikke indenfor dette projekts rammer kunnet kvalificere dette spørgsmål yderligere.

2.2.3 Udviklingsplaner

København Lufthavn har desuden fokus på optimering af sin drift, herunder hvordan afvikling af trafikken sker på lufthavnens arealer i forbindelse med en fremtidig udvidelse. Da størstedelen af udledningen af UFP stammer fra taxikørslen, er der et særligt fokus på denne blandt andet i forbindelse med lufthavnens udviklingsplaner. Dette inkluderer et mere effektivt system af rulleveje, så flyene i mindre grad skal bremse og gasse op ind til gaten, samt undgå ventetider fra flypladsen til standpladserne. Lufthavnen forbereder sig desuden på i fremtiden at kunne modtage nye, mindre forurenende flytyper ved at investere i nye, moderne standpladser. Det er nødvendigt at sikre moderne standpladser, da nye flytyper er større, både i bredde og længde, end ældre modeller. Der er derfor behov for at udvikle områder med større standpladser med bredere rulleveje.

¹⁴ Klimapartnerskabet for luftfart udgør en af i alt 14 klimapartnerskaber fordelt på forskellige brancher nedsat af regeringen i 2019. Formålet med partnerskaberne er at komme med forslag til, hvordan erhvervslivet kan bidrage til at opfylde regeringens målsætning om at reducere CO₂-udledningen med 70 pct. i 2030 ([link](#)).

¹⁵ [Biobrændstof giver bedre luftkvalitet, Københavns Lufthavn \(2023\)](#)

3. SCHIPHOL LUFTHAVN

Schiphol Lufthavn arbejder proaktivt med at reducere udledningen af UFP. Indsatsen har fokus på en generel reduktion af koncentrationen af UFP samt beskyttelse af lufthavnens ansatte, som indånder den forurenede luft. Konkret sigter lufthavnen mod at minimere eksponeringen af UFP med 80-90% på over de næste 10 år gennem en kombination af kort- og langsigtede initiativer.¹⁶ På sigt vil det betyde, at lufthavnen kun udleder partikler i forbindelse med landing og takeoff. Lufthavnen har desuden installeret sensorer til at måle koncentrationen af UFP.

Det langsigtede mål for reducere af UFP understøttes af en strategi, der bygger på tre søjler:

- 1) Skubbe partikler væk fra de områder, hvor medarbejdere og passagerer opholder sig
- 2) Reducering af UFP gennem filtrering af luften
- 3) Eliminering af UFP-udledning ved kilden

I nedenstående afsnit beskrives kortsigtede og langsigtede initiativer med afsæt i ovenstående tre søjler.

3.1 Kortsigtede tiltag

I dette afsnit beskrives kortsigtede tiltag, som Schiphol Lufthavn har eller er i gang med at etablere, som forventes at have en effekt på den kortsigtede bane.

3.1.1 Grøn omstilling af køretøjer

Royal Schiphol Group har sat sig som mål, at alle gruppens hollandske lufthavne skal være emissionsfrie inden 2030. I denne sammenhæng har Schiphol Lufthavn forpligtet sig til at gøre al ikke-luftfartsrelateret trafik på jorden emissionsfri, hvor køretøjerne fx kører på elektricitet eller brint. Dette gælder lufthavnens busser og øvrigt udstyr på land, såsom de pushback-traktorer, der skubber flyene fra gaten og trækker dem til taxibanen. Sidstnævnte beskrives nærmere i afsnit 3.1.2.¹⁷

3.1.2 Elektrisk bugsering af fly

Elektrisk bugsering er en central del af Schiphol Lufthavns strategi for at reducere UFP. Målet med denne tilgang er at minimere udledningen fra flymotorerne på jorden ved at erstatte konventionel taxiing, hvor flyene bruger deres egne motorer, med elektriske bugseringskøretøjer, de såkaldte "taxibots", som skubber flyene fra gaten og trækker dem ud på taxibanen. Hermed minimeres tiden, hvor flymotorerne er tændt, hvormed udledninger af ultrafine partikler fra flyets motorer reduceres.¹⁸

Lufthavnen sigter mod at blive en "tug-only" lufthavn inden for de næste 10 år og har et mål om, at det skal være standard praksis i 2030. Dette indebærer, at alle fly, hvor det er teknisk muligt, bugseres med elektriske køretøjer fra terminalen til en position tæt på startbanen, før flyets motorer startes. Overgangen til elektrisk bugsering kræver betydelige tilpasninger til den operationelle drift, da bugseringskøretøjet også skal fragtes tilbage fra landingsbanen. Dette betyder også, at initiativet ikke er egnet til alle lufthavne, da det afhænger af lufthavnens layout, samt afstand fra terminal til landingsbane. Jo større afstanden er, desto mere giver det mening. Tiltaget er derfor særligt relevant for Schiphol Lufthavn, som er kendetegnet ved lange taxi-distancer. På nuværende tidspunkt er tiltaget fortsat et pilotprojekt og en fuld implementering vil ske gradvist over tid.

¹⁶ Rambøll har ikke haft mulighed for at få afklaret detaljerne omkring denne målsætning inden for dette projekts rammer, herunder præciseringen af, om reduktionen omfatter både ansatte og lufthavnens besøgende, samt om den gælder inden for lufthavnens samlede arealer.

¹⁷ [Emission free by 2030, Schiphol](#)

¹⁸ [Taxibot brings KLM passenger aircraft to Polderbaan Runway for the first time, Schiphol](#)

3.1.3 Strømforsyning til parkerede fly

For at reducere brugen af flyenes motorer yderligere har Schiphol Lufthavn implementeret strømforsyning ved standpladserne, så flyene kan forsynes med elektricitet og klimastyring/aircondition. Normalt ville flyene benytte deres petroleumsdrevne hjælpemotorer eller en dieseldrevet generator til dette formål.

For standpladser uden fast strømforsyning kan fly i stedet få strøm via en mobil Ground Power Unit (GPU). Lufthavnen har allerede investeret i syv elektriske GPU'er, som erstatter de tidligere dieseldrevne enheder og bidrager til en mere bæredygtig drift.¹⁹

3.1.4 Minimere eksponering for lufthavnens ansatte

Schiphol Lufthavn arbejder aktivt på at reducere de ansattes eksponering af UFP. Der er usikkerhed om den præcise påvirkning, herunder i hvor stort omfang de ansatte indånder UFP, samt manglende officielle grænseværdier for niveauet af UFP. Lufthavnen forsker derfor i UFP for bedre at forstå indvirkningen på de ansattes helbred og kunne implementere målrettede tiltag for at reducere de ansattes eksponering og forbedre arbejdsmiljøet.

Der arbejdes allerede på at minimere eksponering ved at øge afstanden mellem køretøjer, fly og ansatte. Derudover anbefales brug af FFP2-masker i områder med høj koncentration af UFP, for eksempel i nærheden af flypladsstanderne.²⁰

3.1.5 Filtreringsteknologi med støvsuger

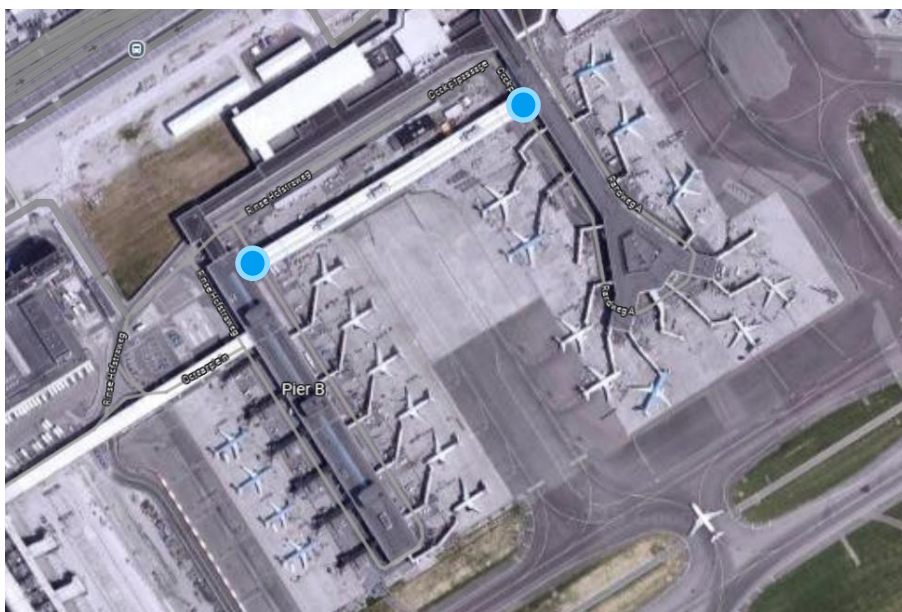
For at reducere koncentrationen af UFP har Schiphol Lufthavn implementeret avanceret filtreringsteknologi i form af en stor "støvsuger". Formålet er at opsamle og filtrere partikler fra luften på områder med høj koncentration. I projektets opstartsfasen er der placeret to filtre, markeret på nedenstående billede, i hjørnerne mellem terminalbygningerne, hvor vinden gør, at forureningen samles i hjørnerne, hvorfor støvsugerne placeres netop her.

Projektet er på nuværende tidspunkt i et pilotstadium. I første fase kørte projektet i 10 måneder med afslutning i december 2024. Fase to af projektet forventes at opstarte i april 2025. I fase 1 har der været en udfordring med støjniveauet, hvilket har gjort, at støvsugerne ikke har kørt på fuld kapacitet. Dette sigtes der mod at forbedre i fase 2.

Som en del af udviklingsfasen har Schiphol Lufthavn testet to forskellige typer af filtreringssystemer. De to løsninger vil blive sammenlignet og udviklet for at finde den bedst egnede løsning, inden projektet kan skaleres.

¹⁹ [Electricity for aircraft, Schiphol](#)

²⁰ [Measures against ultrafine particles, Schiphol](#)



Billede: Google maps

3.1.6 Lufthavnstakster

Lufthavnstakster afhængigt af flyets miljøpåvirkning er et effektivt redskab til at fremme brugen af mindre forurenende fly. Lufthavnen har allerede implementeret takster blandt andet med fokus på støj. Taksterne er ikke direkte rettet mod UFP. Schiphol Lufthavn forklarer, at deres egne muligheder for at ændre taksterne er begrænsede, da taksterne i praksis reguleres af fælles EU-lovgivning. Eventuelle ændringer kræver derfor en samlet indsats fra EU.

3.1.7 Blasthegn med filtre

Schiphol Lufthavn tester en ny generation af blast fences (hegn mod vindstød fra flyene), hvor filtreringsmoduler er integreret i hegnene, som er placeret mange steder på lufthavnens arealer. Disse hegn udnytter flymotorernes egen udstødning til at føre luften gennem filtrene uden at kræve ekstra energi. Formålet er at fange UFP, inden de når nærliggende arbejdsområder. Tiltaget er stadig i en opstartsfasen og forventes implementeret over de kommende år.

3.1.8 Renset luft fra terminalbygning til standplads

Schiphol Lufthavn undersøger muligheden for at udlede rensede luft fra terminalbygningen til airside²¹ for at reducere koncentrationen af UFP ved standpladserne. Terminalen har Europas største klimasystem og renses årligt 60 millioner kubikmeter luft til det indendørs klima. Når passagererne har omdannet ilten til CO₂, ledes luften i øjeblikket ud gennem taget.

Lufthavnen overvejer nu at omdirigere denne rensede luft med lav koncentration af UFP til de uden-dørs arealer omkring standpladserne. Ved at udlede den på standpladserne kan der potentielt skabes et let overtryk, der skubber de forurenede partikler i luften væk fra arbejdsområderne. Projektet er i en tidlig fase, hvor Schiphol undersøger, om løsningen er teknisk og praktisk mulig.

3.1.9 Rengøring af platform

Lufthavnen arbejder på at implementere natlige rengøringer af platformen for at reducere luftforureningen. En del af luftforureningen, herunder luftbårne partikler, falder til jorden, hvor flymotorerne

²¹ Refererer til de af lufthavnens områder, der ligger bag sikkerhedskontrollen, herunder start- og landingsbaner og standpladser, og som kun er tilgængelige for autoriseret personale og passagerer.

senere opsuger dem og omdanner dem til UFP. Ved opstart vil tiltaget blive implementeret på platforme, hvor der er permanente UFP-sensorer, som måler niveauet, for at se, om det har en effekt.

3.2 Langsigtede tiltag

I dette afsnit præsenteres initiativer, der først vil have effekt på længere sigt. Deres succes afhænger af teknologiske fremskridt samt ændringer i adfærd og kultur – herunder en gradvis omstilling af rejsevaner, som kræver tid at gennemføre.

3.2.1 Bæredygtigt brændstof

Schiphol Lufthavn har en målsætning om øget andel af bæredygtigt brændstof, herunder SAF, med en målsætning om 14% i 2030. Ifølge lufthavnen har SAF dog en begrænset indvirkning på reduktion af UFP. Dette skyldes, at forureningen, som allerede er til stede i luften, bliver transformeret til UFP gennem flyenes motorer, da flymotorerne suger den omkringliggende luft ind. Det vil sige, at petroleum (kerosene) ikke er den primære kilde til UFP, men snarere den eksisterende forurening, som motorerne trækker ind fra omgivelserne. I et forsøg målte Schiphol, at den samlede mængde partikler var 30% højere end den mængde, der maksimalt kunne forventes fra afbrændingen af petroleum, og det vurderes, at det reelle tal kunne være 50-60% højere, da ikke al forurening kunne måles. SAF forbliver dog et vigtigt redskab i arbejdet med at reducere luftfartens samlede klimaftryk.

Det skal dog bemærkes, at resultater fra Københavns Lufthavn tyder på, at SAF kan have en betydelig indvirkning på reduktion af UFP. Der henvises til afsnit 2.2.2 for uddybning af erfaringerne fra København. Rambøll har ikke indenfor dette projekts rammer kunnet identificere dette spørgsmål yderligere.

3.2.2 Tog frem for fly ved kortere distancer

Schiphol Lufthavn opfordrer rejsende til at vælge toget frem for fly, især på kortere distancer. På deres hjemmeside fremhæver de, at togrejser på under 700 km er konkurrencedygtige på rejsetid sammenlignet med fly, samtidig med at de har en markant mindre miljøpåvirkning.

Lufthavnen giver eksempler på gode togforbindelser fra Schiphol, herunder indenrigsrejser i Holland samt internationale destinationer som Bruxelles, Paris, Antwerpen og flere byer i Tyskland. For at gøre det lettere for rejsende at vælge toget linker Schiphol direkte til NS International, hvor man kan finde og booke togbilletter.²²

3.2.3 Mere effektiv flyvning

Schiphol Lufthavn arbejder for en mere effektiv flyvning. Derfor anbefaler Schiphol direkte flyruter, da mellemlandinger ofte betyder omveje, hvilket resulterer i længere tid i luften og dermed højere udledninger. Mellemlandinger medfører også flere starter og landinger, hvilket markant øger udledningerne.

Lufthavnen arbejder desuden på at optimere flyruter ved at omstrukturere det europæiske luftrum for mere effektive flyvninger. De deltager blandt andet i projektet *SESAR* (Single European Sky ATM Research), som har til formål at samle det europæiske luftrum. I dag har hvert land sit eget luftrum, hvilket blandt andet gør det mere udfordrende at planlægge direkte ruter. Et fælles europæisk luftrum vil derfor kunne optimere flyruter og reducere unødvendige mellemlandinger.²³

²² [What can you do for the environment, Schiphol](#)

²³ [Flying more efficiently, Schiphol](#)

4. BRUXELLES LUFTHAVN

Bruxelles Lufthavn har netop påbegyndt et aktivt arbejde med at reducere sine udledninger af UFP. Interessen for luftkvalitet er steget markant de seneste år, hvilket har medført øget fokus på lufthavnens rolle i at overvåge og reducere luftforurening. Som en del af dette arbejde er lufthavnen nu i gang med at kortlægge omfanget af UFP-udledninger for bedre at forstå udfordringens størrelse.

En nylig fornyelse af lufthavnens miljøtilladelse har desuden gjort det obligatorisk at måle niveauet af UFP. I den forbindelse overtager lufthavnen i marts 2025 en målestation, placeret lige uden for lufthavnen, som tidligere var ejet af staten.

Da indsatsen stadig befinder sig i en tidlig fase, er der endnu ingen konkrete resultater. Fokus er i øjeblikket på at opbygge viden og erfaring, hvilket gør dette til en vigtig læringsproces for lufthavnen.

4.1 Kortsigtede tiltag

I dette afsnit beskrives kortsigtede tiltag, som Bruxelles Lufthavn har igangsat eller er i gang med at etablere, som forventes at have en effekt på den kortsigtede bane.

4.1.1 Grøn omstilling af køretøjer

For at reducere udledninger af blandt andet UFP er Bruxelles Lufthavn i gang med en gradvis elektrificering af sine køretøjer og andet ground-handling udstyr. Siden 2018 har al airside²⁴ passagertransport været udført med elektriske busser. Desuden bliver servicekøretøjer og firmabiler, der tidligere kørte på benzin og diesel, gradvist udskiftet med eldrevne køretøjer.

Som en del af det EU-støttede projekt *Stargate*²⁴ (Sustainable airports, the green heart of Europe) har lufthavnen samarbejdet med DHL Express om elektrificeringen af lufthavnsgrøj og køretøjer (ground support equipment). En vellykket testfase har ført til, at DHL Express har sat sig som mål at udvikle en 100% elektrisk flåde af køretøjer på jorden, hvilket vil resultere i mere bæredygtige og mindre støjende udstyr sammenlignet med dieselalternativet. Derudover bidrager det også til bedre arbejdsmiljø for de ansatte, som udsættes for mindre forurening.²⁵

4.1.2 Strømforsyning på standpladsen

Lufthavnen tilbyder strømforsyning ved standpladser med en bro, som forsyner fly med elektricitet (400 Hz) og klimastyring/air-condition bestående af forbehandlet luft (preconditioned air, PCA), så flyene kan slukke APU'en. Lufthavnen arbejder på at udvide dette til flere standpladser i fremtiden, dog er det allerede implementeret ved mange af gatene i forvejen. Derudover er elektricitet og klimastyring også tilgængelig i fragtområdet.

4.1.3 Overvågning af brug af hjælpemotor (APU)

Bruxelles Lufthavn undersøger mulighederne for at monitorere brugen af APU (hjælpemotoren), som forsyner fly med elektricitet og klimastyring, når de primære motorer er slukket. Ifølge lufthavnens regler må APU'en kun anvendes i maksimalt fem minutter efter ankomst og tændes tidligst 15 minutter før off block²⁶.

På nuværende tidspunkt har lufthavnen ingen systematisk overvågning af, om flyene overholder disse retningslinjer, og der er ingen sanktioner ved regelbrud. Første skridt er derfor at implementere en monitoreringsløsning, der kan give indsigt i APU-brugen. Hvis det viser sig, at retningslinjerne ikke

²⁴ [Stargate](#)

²⁵ [DHL Express leads the way in electrification of ground fleet at Brussels Airport, Brussels Airport](#)

²⁶ Refererer til det tidspunkt, hvor et fly begynder at bevæge sig fra sin standplads med egen kraft med henblik på afgang.

overholdes, vil lufthavnen vurdere, hvilke tiltag der kan reducere unødvendig brug af APU og dermed sænke emissionerne.

4.1.4 Optimering af taxi-procedurer

I dette afsnit beskrives tre forskellige tiltag, som alle har til formål at reducere udledningen af UFP under taxi-delen.

Single Engine Taxi

Flyselskaberne opfordres til at anvende Single Engine Taxi, hvor kun én motor bruges under taxiing, når det er muligt, som afspejlet i AIP'en for indgående trafik.²⁷ I Bruxelles Lufthavn er denne løsning dog begrænset af de korte taxi-afstande, da motorerne skal varmes op før afgang. Lufthavnen har observeret, at Single Engine Taxi oftere benyttes ved landing end ved afgang, men procedurerne varierer mellem flyselskaberne. Der er derfor en løbende dialog med selskaberne for at fremme brugen af denne metode, hvor det giver mening. Arbejdet med tiltaget er stadig i en tidlig fase og er først for alvor blevet intensiveret inden for de seneste måneder.

Bugsering af fly under taxi-proceduren

Arbejdet med taxi-bots, der trækker fly til og fra startbanerne uden brug af flyenes egne motorer, er stadig i en tidlig fase. Bruxelles Lufthavn har testet biodiesel-drevne taxi-bots og foretaget målinger af udledninger, som viste, at løsningen er mere bæredygtig. Resultaterne viste en markant reduktion af UFP, samtidig med at de tilbageværende partikler var større i størrelse. Til trods for brugen af dieselmotorer estimerer lufthavnen, at taxi-bots kan reducere udledningen af UFP fra taxiing med op til 83 % på baggrund af de foretagne målinger. Reduktionen er beregnet på baggrund af en sammenligning af de testede taxi-bots med taxiing, hvor begge flyets motorer er tændt. Dette inkluderer ikke hele taxi-operationen, da dele af operationen stadig kræver, at flyenes motorer skal være tændt, herunder skal de varme op inden afgang. Disse resultater gør teknologien til et væsentligt initiativ for nedbringelse af UFP. Dog medfører løsningen visse operationelle udfordringer. Lufthavnen er derfor i gang med at undersøge nærmere, hvordan denne løsning kan implementeres på sigt.

Optimering af taxitider

Lufthavnen arbejder på at forkorte taxitiderne. Generelt er taxitiderne relativt korte i Bruxelles Lufthavn grundet korte afstande. Fokus er derfor på outliers, hvor der observeres lange taxitider. På nuværende tidspunkt arbejder lufthavnen på at blive klogere på, hvorfor de sker, og hvad de kan gøre for at reducere dem.

4.1.5 Lufthavnstakster

Der er allerede implementeret lufthavnstakster for landing og take-off bl.a. baseret på flyenes støjniveau og NOx-forureningsniveauer for at fremme anvendelsen af mere moderne og mindre udledende fly. Der er på nuværende tidspunkt ikke implementeret nogen takster, som direkte er målrettet UFP.

4.2 Langsigtede tiltag

Da Bruxelles Lufthavns arbejde med UFP stadig er i et tidligt stadie, vil lufthavnen de kommende år udvikle en samlet strategi for luftkvalitet med konkrete KPI'er og målsætninger for reduktion af UFP. I et langsigtet perspektiv arbejder lufthavnen desuden med en række initiativer, som beskrives nedenfor.

²⁷ [Skeyes eATP - EBBR, section 1.3](#)

4.2.1 Forskning og nye teknologier

Bruxelles Lufthavn deltager i forskellige forskningsprojekter som *Stargate* og *Peacock*²⁸ (Predictable and Environmentally friendly operations of regional Airports with Connectivity and Climate as Key-word), der undersøger nye teknologier og strategier. Samarbejde med forskere omkring anvendelsen af nye teknologier skal bidrage til at reducere lufthavnens UFP-forurening. Lufthavnen holder desuden aktivt øje med andre lufthavne ift. vidensdeling.

²⁸ [SESAR Joint Undertaking | Green light for new Digital Sky Demonstrator on more sustainable airport operations](#)

5. KONKLUSION

Kortlægningen af virkemidler til at reducere UFP fra lufthavne med udgangspunkt i Københavns Lufthavn, Schiphol Lufthavn og Bruxelles Lufthavn viser, at lufthavnene har et fokus på at reducere UFP fra lufthavnsdrift. Mange af de identificerede tiltag er dog i et tidligt udviklingsstadium, hvilket betyder, at der er begrænset dokumentation af deres præcise effekt.

For at opnå en væsentlig reduktion af UFP er det nødvendigt at adressere udledningen fra flere vinkler. Schiphol Lufthavn arbejder eksempelvis ud fra en strategi baseret på tre søjler med fokus på at skubbe partiklerne væk fra de områder, hvor mennesker opholder sig, at filtrere UFP-koncentrationen fra luften samt eliminere udledningen af UFP ved kilden.

Blandt de mest lovende kortsigtede tiltag er optimering af taxi-procedurer, som alle tre lufthavne beskæftiger sig med i varierende grad. Formålet er at reducere flymotorernes driftstid, da dette direkte reducerer kilden til UFP. Tiltagene inkluderer blandt andet Single Engine Taxi samt brug af taxi-bots til bugsering af fly, hvoraf sidstnævnte især er effektiv over længere taxi-distancer.