

UV-lys og luftfiltre – Fremtidens smittebeskyttelse



Fagdyrlægeopgave, marts 2023

Sif Holmgaard

Resume

Opgaven er udført som et litteraturstudie og har til formål at afklare, hvorvidt luftfiltre og UV-lys kan være et brugbart værktøj i nuværende Porcint reproduktions- og respirations syndrom (PRRS) reduktionsplan i Danmark.

Luftfiltre og ultraviolet (UV) lys er i stand til at reducerer risikoen for luftbåren smitte med PRRS. Dog er det begrænset, hvor meget litteratur der foreligger på UV-lys på patogener i luftstrømme. Det er et område der er i rivende udvikling derfor må det forventes, at der indenfor de nærmeste år vil eksistere mere viden både vedrørende PRRS luftsmitte generelt samt UV- lys.

Brugen af luftfiltre samt UV-lys er forbeholdt de få og bliver på nuværende tidspunkt vanskeligt at udbrede generelt i den danske svineproduktion grundet omkostningerne til installering samt brugen. Derfor er anvendelsen dels til avlsbesætninger eller besætninger der har foretaget totalsanering i et område hvor der er stor risiko for reinfektion med PRRS.

Opgaven fokuserer primært på PRRS virus.

Indledning

Porcint reproduktions- og respirations syndrom (PRRS) har en stor økonomisk betydning ikke blot i udlandet men også i Danmark (Holtkamp et al., 2012) (Kristensen, 2013). Produktiviteten, dyrevelfærden samt medicinforbruget kan påvirkes af forekomsten af akut smitte med PRRS i negativ retning.

I Danmark har PRRS været en udbredt produktionssygdom siden starten af 90'erne, hvor oprindeligt PRRS-1 blev diagnosticeret (Bøtner et al., 1994). PRRS-2 blev indenfor samme årti introduceret ved hjælp af brugen af vacciner i det nationale kontrolprogram af PRRS fra det daværende "Danske slagterier"(Bøtner et al., 1997). Siden da har begge genotyper af PRRSV været i den danske svineproduktion. Udbredelsen af PRRS i Danmark svarer til at 56 % af de danske søer er i PRRS-negative SPF besætninger, det tilsvarende for slagtesvin er kun 22%. Dertil hører en del besætninger med ukendt PRRS status som ikke er med i SPF systemet. (FVST et al., 2022)

I 2022 er Landbrug & Fødevarer, Fødevarestyrelsen, Landbrug & Fødevarer Gris, Danske Slagterier og Dansk dyrlægeforening blevet enige om en national reduktionsplan af PRRS (FVST et al., 2022) Målet med ovenstående plan er at reducerer antallet af besætninger med PRRS.

Løbende vil besætninger blive fri for PRRSV, og denne opgave vil berøre de vigtigste eksterne smittebeskyttelsesmuligheder for luftbårne patogener vi har til rådighed og derudover svare på følgende spørgsmål:

1. Hvordan anvendes UV teknologi i ekstern smittebeskyttelse i svineproduktionen internationalt og nationalt på nuværende tidspunkt?
2. Har Luftfiltre og UV-lys effekt på især PRRS virus?
3. Kan luftfiltre og UV-teknologi anvendes i PRRS reduktionsplanen

Metode

Opgaven er et litteraturstudie. Kilderne der er benyttet i opgaven er videnskabelige artikler fundet i databaserne PubMed og Web of science. Derudover fra oversigtsartikler og bøgers referencer.

De følgende søgeord er benyttet under afsnittet UV-lys og i PubMed:

(((((PRRS) AND (Porcine Reproductive and respiratory syndrome)) AND (Swine)) AND (pigs)) AND (UV)) AND (Ultraviolet) 4 artikler

(((((Swine) AND (pigs)) AND (UV)) AND (Ultraviolet)) AND (inactivation) 45 artikler

(PRRS) AND (UV) 27 artikler

De følgende søgeord er benyttet under afsnittet Luftfiltre og i PubMed

(((((swine?) OR (pig?)) AND (airborne)) AND (PRRS)) AND (Filter) 3 artikler

((((Pig?) OR (Swine?)) AND (air filtration)) AND (biosecurity) 3 artikler

De følgende søgeord er benyttet under afsnittet UV-lys og i Web of science:

(((((ALL=(ultraviolet)) AND ALL=(pigs)) OR ALL=(Swine)) AND ALL=(aerosol))) AND ALL=(UV) 11 artikler

De fundne artikler og egnethed er vurderet ud fra titel og gennemlæsning af abstracts. Omfanget af litteratur er begrænset, hvilket også kan ses ud fra søgningerne og derfor er alle artiklers referencelister gennemgået for brugbart litteratur. Begrænsninger er foretaget på sprog således det kun er engelsk, tysk, svensk og dansk der har været valgt. Artikler er fravalgt, hvis filterløsningerne har været del af luftrensning for miljø på udsugningsluften eller som led i at forbedre luftkvaliteten i stalden ved at minimere støv.

PRRS

Porcint reproduktions- og respirations syndrom virus (PRRSV), blev første gang erkendt i slut 80'erne i USA. Forskere, først i Europa og senere USA beskrev PRRSV som et lille, indkapslet enkelstrengt RNA virus. Først senere blev det diagnostiske udstyr så veludviklet at PRRSV blev opdelt i 2 genotyper PRRS1 (type 1, Europæisk) og PRRS2 (Type 2, Nordamerikansk). (Lunney et al., 2010)

PRRSV kan blive udskilt i sekreter fra luftveje, i urin, sæd, fæces og mælk. (Charpin et al., 2012; Cho et al., 2006; Christopher-Hennings et al., 1995; Duan et al., 1997; Kang et al., 2010; Wagstrom et al., 2001; Wills et al., 1997) Varigheden og mængden af virus udskillelse varierer afhængig af dyrets alder og smittetidspunkt. Drægtige søer kan smitte fostrene igennem placenta, hvis soen smittes med PRRSV i sidste trimester. Dette kan resultere i foster død, svagfødte grise eller grise der umiddelbart er normale i udseende men viræmiske. (Benfield et al., 2000; Rowland et al., 2003) I nogle dyr er immunforsvaret ikke i stand til at kunne rense dyret for virus og det medfører at virus kan persistere i varierende grader. Virus sætter sig i tonsiler og i andet lymfoidt væv. Det betyder at blodprøver ikke er i stand til at kunne skelne dyr, der har gennemgået smitten og herefter ”renset sig” og dyr der vedbliver at være bærer af virus. (Benfield et al., 2000)

Smittevejen for grise med PRRSV er oral optagelse, gennem huden, optagelse i luftveje og inseminering. Den infektiøse dosis afhænger af infektionsvejen og genotype af PRRSV. (J. R. Hermann et al., 2005) Besætninger bliver smittet ved enten indkøb af positive dyr (Mortensen et al., 2002), indkøb af PRRSV positiv sæd, mennesker, insekter og mangelfuld rengøring af lastbiler og redskaber. (Pileri & Mateu, 2016). Almindeligvis er foranstaltninger i den eksterne smittebeskyttelse fokuseret på ovenstående smitteveje på trods af at luftbåren smitte mellem besætninger en væsentlig risiko.

Luftbåren smitte

Smitte mellem nabobesætninger uden direkte kontakt har man kendt til siden de første udbrud af PRRSV opstod. Luftbåren smitte forekommer ved hjælp af aerosoler, hvorvidt et patogen kan flyttes af aerosoler afhænger af hvilket patogen det drejer sig om. (La et al., 2022) Udskillelsen og koncentrationen af PRRSV i aerosoler er afhængig af hvilket genotype, dyret er inficeret med. (Cho et al., 2006) Derudover om patogenet vedbliver at være infektiøst afhænger af størrelsen på partiklen (Alonso et al., 2015). Aerosoler er suspensioner af faste partikler, der er små nok til at de kan forblive i luften på grund af deres lave faldhastighed og dermed kan flyttes med luftstrømme over længere afstande. (Tellier, 2009) PRRSV smitte fra smittede dyr til naive dyr ved luft er vist eksperimentelt (Kristensen et al., 2004). Et ældre eksperimentelt studie af A. Dee, 2005 konkluderer at smitte mellem besætninger ved aerosoler er usandsynligt under praktiske forhold (A. Dee et al., 2005). Dog er det senere vist at PRRSV kan flyttes mellem besætninger ved hjælp af aerosoler og dette er den almindelige opfattelse. (La et al., 2022; Otake et al., 2010)

En undersøgelse fra Danmark, viste at positive nabobesætninger er en væsentlig risikofaktor for en naiv besætning (Mortensen et al., 2002). I studiet indgik tilstedeværelsen af positive

nabobesætninger, størrelsen af nabobesætningerne og eksponering i antal dage, Mortensen et al., 2002 konkluderede at aerosol smitte var en sandsynlig smittekilde i de naive besætninger, hvor den eksterne smittebeskyttelse ellers var overholdt.

Flere undersøgelser har bekræftet at luftbåren infektiøs PRRSV kan findes henholdsvis 150m (A. Dee et al., 2005b), 4,7 km (S. Dee et al., 2009) og op til 9,1 km fra udgangspunktet (Otake et al., 2010). Det kan være vanskeligt at foretage studier under praktiske forhold da fund af PRRSV i luften afhænger af om dyrene udskiller nok virus, om der er omkring liggende faktorer der påvirker overlevelsen negativ og om der anvendes forsøgsudstyr der er i stand til at ”fange” virus. (S. Dee et al., 2009) Nirmala et al. var i stand til at finde PRRS virus fra luftfiltre siddende på besætninger med negativ PRRS status, hvilket indikerer at PRRSV er i stand til at flytte sig ved hjælp af aerosoler samt at de anvendte luftfiltre i studiet kan fange PRRSV. (Nirmala et al., 2021)

Fra litteraturen ved man at der findes en række omstændigheder der har en afgørende betydning for luftbårne smitte. Lav og direkte vindstyrke, lav temperatur, høj fugtighed og få solskinstimer er fordelagtige for PRRSV. (S. Dee et al., 2010) Halveringstiden af infektiøs virus er lavere og dermed er virus mere stabil ved lav temperatur samt ved en høj relativ fugtighed, konklusionen er dog at temperaturen har størst betydning. (J. Hermann et al., 2007)

Reduktion af risiko for luftbåren smitte med PRRS

Beskyttelse af besætningerne mod luftbåren smitte er en nyere tankegang. Hidtil har undersøgelser og studier været målrettet brugen af forskellige kommercielle luftfiltre til brug for at undgå smitte med PRRSV i svinebesætninger. Det er vist at fine luftfiltre kan forebygge PRRSV smitte, hvis det indkommende luft filtreres igennem filtrene. (S. Dee et al., 2005, 2010; S. A. Dee, Batista, et al., 2006; S. A. Dee, Deen, et al., 2006).

Afhængig af udgangspunktet vil brugen, og især installering af luftfiltre være en bekostelig affære. I de senere år er Ultraviolet(UV) lys dukket op som et led i den eksterne smittebeskyttelse.

Installeringen og særlig brugen af UV lys er også betydelig. (Li et al., 2021)

Ornestationer og flere avlsbesætninger har luftfiltre eller UV-lys installeret for at mindske risikoen for at falde i sundhedsstatus. I USA er luftfiltre mere anvendt i svinetætte områder og det er herfra megen viden samt praktiske erfaringer findes.

Virkingen og brugen af luftfiltre og især UV-lys vil omtales i følgende afsnit:

Luftfiltre

Luftfiltre i stalde fungerer på den måde, at de renses gennemstrømmende luft ved hjælp af en serie af filtre med mindre og mindre masker. (Han et al., 2021)

Luftfiltre fungerer ved hjælp af en eller flere dele af følgende processer: Impaktion, interception, diffusion, elektrostatisk tiltrækning og desposition. (Fuglsang, 2013; Han et al., 2021)

Impaktion er den vigtigste afsætningsmekanisme for partikler større end 200nm. Interception er afsætningsområdet for partikler i størrelsen 100-300nm. Diffusion opfanger partikler der er mindre end 100nm og dette er den dominerende afsætningsproces i de ultrafine filtre. (Fuglsang, 2013)

I praksis anvendes et prefilter til at opfange støv og andre større luftpartikler fra den gennemstrømmende luftstrøm inden det rammer det fineste filter, dels for at undgå at det tilstopper for hurtigt, samt for at spare på energien og for at udskyde udskiftningen af de bekostelige ultrafine filtre.

Der findes flere rangeringssystemer af luftfiltre på internationalplan. De mest anvendte er omtalt her. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) har udarbejdet et rangeringssystem, minimum efficiency rating value (MERV), således det er muligt at sammenligne filters effektivitet, derudover er der lavet en lignende europæisk standard EN1822. (se bilag 2). MERV-værdi på 17 og derover er High-efficiency particulate air (HEPA) filtre samt filtrer af typen H13/H14.

HEPA- filtre er i stand til at opfange 99% af partikler der er $\geq 0,3 \mu\text{m}$ i diameter. (Se bilag 2)

PRRSV har en størrelse på $0,05 \mu\text{m}$, virus bliver bundet til støv og dråber og derfor har filtrene god effekt alligevel da størrelsen total set bliver større. (Wenke et al., 2017)

Flere undersøgelser har vist at filtre af typen MERV 14, MERV 15 og MERV 16 samt HEPA er effektive imod spredning af luftbåren smitte. (S. Dee et al., 2005, 2010; S. A. Dee, Batista, et al., 2006; S. A. Dee, Deen, et al., 2006; Pitkin et al., 2009; Wenke et al., 2017) Dee et al 2005 har vist at filtrene er effektive i at reducerer aerosoltransmissionen af PRRSV under eksperimentelle forhold. Heri blev anvendt prefilter og hovedfilter i en gruppe mod ingen filtrering i en anden gruppe. (S. Dee et al., 2005) HEPA-filtre er ”golden standard” men også en meget dyr løsning, både arbejdsmæssigt og energimæssigt. (S. A. Dee, Deen, et al., 2006). Dee, 2010 fandt at MERV 14 filtre (EU 8) og et multi lag polypropylene filter behandlet med antimicrobiocidale komponenter var fuld effektive til at opfange PRRSV samt *Mycoplasma hyopneumonia*. (S. Dee et al., 2010)

Dette studie blev udført under praktiske forhold.

Andre mindre omkostningstunge filtre blev også undersøgt, men med noget mindre effekt til at opfange virus. (S. A. Dee, Deen, et al., 2006). I en undersøgelse, hvor der blev undersøgt metoder til at ”rense” PRRSV og Influenza virus af filtre, fandt man PRRSV siddende i luftfiltre i 2 besætninger med negativ PRRS status. Luftfiltrene var alle med MERV 14 eller derover. (Nirmala

et al., 2021) Ondartet lungesyge bakterie (AP) og PRRSV inaktiveres henholdsvis efter 4 timer og 24 timer efter det er fanget i et luftfilter. (Wenke et al., 2017)

Ultraviolet Lys

Meget af den litteratur der er til rådighed på nuværende tidspunkt, fokuserer på effekten af UV-lys på stille stående objekter og overflader, hvorimod få undersøgelser er publiceret på bakterier og virus i bevægelse. Hidtil har UV-lys været anvendt til desinfektion af små og mellemstore objekter på ejendomme i ind- og udland. Typisk foregår det ved at løsdele skal igennem en sluse fra uren til ren del. (S. Dee et al., 2011) Derudover er UV-lys anvendt blandt andet i lastbiler og vådfodertanke.

Virningen af Ultraviolet lys og faktorer der påvirker effekten

UV-lys er en elektromagnetisk energi som er usynlig for det menneskelige øje. Det menneskelige øje kan opfange lys med en bølgelængde på 400-800nm. Som det ses på figur 1 i bilag 1 ligger bølgelængden for UV-lys fra 100- 400 nm.

UV lys Inddeles i 4 grupper: Vacuum ultraviolet (VUV) 100-200nm, Ultraviolet C (UVC) 200-280 nm, Ultraviolet B (UVB) 280-315 nm, Ultraviolet A (UVA) 315-400 nm.

UVC kan påvirke mange bakterier og virus da især denne bølgelængde absorberes af proteiner og nukleotider som RNA og DNA består af. Absorptionen bevirker at der sker ændringer i RNA og DNA'et således at mikroorganismen (Bakterier, virus og svampe) ikke kan replikeres. Mangelfuld deling af mikroorganismen medfører, at det ikke kan føre til sygdom men teknisk set er mikroorganismen stadig i metabolisk live. Dobbelt strenget RNA virus er mere resistent overfor UVC lys end enkelt strenget RNA (Tseng & Li, 2005) Inaktiveringen af mikroorganismen og dermed en højere log reduktion af mikroorganismen afhænger af UV- dosis (fluence).

UV-dosis er udregnet af UV-intensiteten og eksponeringstiden. (1)

$$D = I \times T$$

D er UV-dosis (mJ/cm²), I er Intensiteten (mW/cm²) og T er eksponeringstiden.

Stiger afstanden til det objekt der skal bestråles falder intensiteten og dermed UV-dosis. Hvorimod øges eksponeringstiden vil UV dosis øges. (Holtkamp et al., 2020)

Øges UV-dosis påvirker UV-lys proteinerne i mikroorganismens ydre celle membran og dette fører herefter til mikroorganismens død. Afhængig af hvilken bølgelængde der anvendes kan der også forudsiges hvorvidt absorptionen primært er i proteiner i ydre membranen eller nukleotiderne, se figur 2. Generelt omtales UVC som den (germicidale) bakteriedræbende bølgelængde. Hvorvidt det er irreversible skader afhænger af UV-dosis samt den mikroorganisme der bestråles. (Bolton & Cotton, 2008).

UVC kan give celle mutationer, hudcancer eller medfører celledød. Hvis øjne eksponeres for UVC lys kan det medfører grå stær. (Bolton & Cotton, 2008; Pfeifer & Besaratinia, 2012) Derfor er UV-lys på 254 nm ikke beregnet til at være i umiddelbar nærhed af dyr og mennesker, hvor der kan ske direkte stråling af hud og øjne. Det traditionelle UV lys på 254 nm er meget tæt på begge peaks for absorption i proteiner på 280 nm og nukleotider 260-265, Se figur 2 i bilag 1. Under 230 nm ses der stor absorption i proteiner, hvilket kan påvirke mulighederne for, hvorvidt DNA'et er i stand til at reparerer sig selv efter UV-lys, da det afhænger af repair enzymerne. (Zimmer & Slawson, 2002)

Effekten af uv-lys afhænger af hvor modtagelig mikroorganismen er. Modtageligheden for UV-lys 254 nm bliver generelt betegnet som inaktiveringskonstant (k) som i følgende formel, (2):

$$k = \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{N_t}{N_0}\right)}{D}$$

Hvor k = inaktiveringskonstant, N_0 = antallet af levedygtige mikroorganismer ved tiden 0, N_t = antallet af levedygtige mikroorganismer ved UV 254nm eksponeringstiden "t", D= UVC dosis, se formel (1). Ovenstående formel beskriver et-trins inaktiverings modellen som blev beskrevet i 50'erne. Der ses en lineær forhold mellem overlevelsen af mikroorganismene og dosis. (T. Cutler et al., 2011) Formel (2) var i lang tid modellen for at beskrive mikroorganismers modtagelighed for UV lys. Men allerede i 60'erne blev man opmærksomme på dens begrænsninger. Man mente et-trins inaktiverings modellen kun vil få en præcis inaktiveringskonstant, hvis det var en homogen gruppe af mikroorganismer. Derudover blev der heller ikke taget højde for "tailing off" fænomenet og derfor fejlforklaret resultatet på grund af en overestimering af mængden af inaktivering (T. Cutler et al., 2011). "Tailing off" er et biologisk fænomen hvor der ikke ses en yderligere stigning i inaktivering trods højere UV – dosis. (Hijnen et al., 2006)

Kowalski et al 2000 beskrev en 2-trins model til inaktivering af virus. Her sammenlignede Kowalski et al. 2000, et-trinsmodellen mod 2-trins modellen og fandt inaktiveringskonstanten for henholdsvis PRRSV og bovine viral diarrhoea virus samt Influenza A og reovirus (Kowalski et al., 2000).

2 trins inaktiverings modellen (3):

$$\text{Log}_{10}N_t = \text{log}_{10}N_0 + \text{log}_{10}[(1 - f) \cdot 10^{-k_1 \cdot \text{Dose}_t} + f \cdot 10^{-k_2 \cdot \text{Dose}_t}]$$

N_t = Antallet af virus efter belysning med Dose_t , N_0 = Antallet af virus i den ikke belyste kontrol prøve, f = den resistente fraktion af den totale mængde af virus fra start med

inaktiveringskonstanten k_2 , $(1-f) =$ de følsomme fraktioner med inaktiveringskonstanten k_1 , $k_1 =$ inaktiveringskonstanten for den følsomme subpopulation, $k_2 =$ inaktiveringskonstanten for den resistente subpopulation, $Dose_t = I \times T$, formel se (1)

2 trins inaktiverings modellen tager højde for, hvis ikke det er en homogen gruppe af mikroorganismer, der belyses med UV- Lys 254 nm. Det betyder at UV- doseringen ikke underestimeres. (T. Cutler et al., 2011)

Udover hvilke mikroorganismer der er tale om, kan temperatur og den relativ luftfugtighed også påvirke effekten af UV-lys. Cutler et al, 2012 lavede et studie hvor der blev undersøgt UV lys 254 nm evne til at inaktiverer PRRSV ved forskellige temperaturer og relativ luftfugtighed. Her blev vist at PRRSV var mere følsom for UV bestråling når temperaturen lav. Det blev også vist at den relative luftfugtighed kan have indvirken på UV-lys effekten. Hvis der er en høj luftfugtighed $\geq 80\%$ har UV-lys mindst effekt mens hvis relativ luftfugtighed er $\leq 24\%$ påvirker det også effekten i negativ retning. Følsomheden for UV-lys er størst ved en relative luftfugtighed på imellem 25-79%. Studiet gør det derfor muligt at udregne den UV- dosis der kræves til at inaktiverer luftbåren PRRSV under forskellige forhold ved hjælp af de inaktiveringskonstanter, der er udregnet deri (T. D. Cutler et al., 2012). Lignende vedrørende relativ luftfugtighed blev fundet af henholdsvis Riley og Kaufman, 1972 hvor de undersøgte effekten af UV lys på aerosoler med en bakterie og af Tseng et al 2005, hvor virus i aerosoler blev skulle udsættes for en højere dosis af UV-lys ved højere luftfugtigheder (Riley & Kaufman, 1972; Tseng & Li, 2005). Nogle artikler beskriver årsagen hertil grundet et tyndt lag vand bundet til virus eller bakterien som absorbere noget af UV strålingen og dermed skal der en højere dosis til.

Ultraviolet lys's effekt på PRRS

UV-lys 254 nm har effekt på PRRSV. Dee et al, 2011 viste i deres undersøgelse at UV lys 254 nm er i stand til inaktivere PRRSV på overflader. I denne undersøgelse podede man forskellige overflader med modificeret levende PRRSV splittede dem i 2 grupper. En gruppe blev udsat for UV lys 254 nm og en anden gruppe der blev udsat for en almindelig gløde pære. Efter 10 minutters eksponering af UV lys sås inaktivering. (Dee et al., 2011). UV lys 254 nm har også vist inaktivering af PRRSV i aerosoler (T. D. Cutler et al., 2012; Li et al., 2022). Modsat Dee et al, 2006 som ikke fandt effekt af UV lys 254 nm på PRRSV i aerosoler. Dette resultat skyldes sandsynligvis for lav UV – dosis som følge af for kort eksponeringstid. (S. A. Dee, Batista, et al., 2006)

I de senere år har der været en interesse i at undersøge effekten af ”excimer” UV lamper med en bølgelængde på 207-222 nm. Det har vist sig at UV -lys med bølgelængde på 222 nm er langt

mindre skadelig for dyr og mennesker. (Buonanno et al., 2017). Derfor har denne bølgelængde været interessant i den humane forskning i forbindelse med COVID-19. Buonanno et al 2017 undersøgte effekten om UV-lys 222 nm ville kunne være i stand til at dræbe methicillin-resistent *Staphylococcus aureus* (MRSA) og i samme studie undersøgte man om UV-lys påvirkede humane hudceller. Sammenholdt med det konventionelle UV-lys 254 nm, var UV-Lys med bølgelængde på 222 nm i stand til at dræbe MRSA uden større påvirkning af hudceller. Welch et al. 2018 viste, at UV lys 222 nm også har en dræbende effekt mod influenza og kan nedsætte den luftbårne transmission af influenza ved mennesker. (Welch et al., 2018) Li et al. 2022 har sammenlignet UVA 365 (fluroescent og LED), UVC (222 nm) og UVC (254nm) effekt på PRRSV. Her sås at der var en effektiv bestråling af hurtig bevægelige PRRSV aerosoler af UVC lyset henholdsvis 222 nm og 254 nm på PRRSV (Li et al., 2022). Til forskel fra UVC 254 nm kan UVC 222 nm lamper dermed hænges op i loftet og være tændt imens der er dyr og mennesker tilstede. Hvilket dermed kan være et værktøj ved den interne smittebeskyttelse.

Diskussion

Luftfiltre og UV-lys er bekostelige i installering og brug. Der findes begrænsninger i effekten for både luftfiltre og UV-lys, hvis de anvendes forkert.

Ved begge typer af anlæg er der et nødvendigt vedligehold. Ved luftfiltre opsættes et prefilter, før den gennemstrømmende luft rammer det fine filter. Hvis ikke prefilteret er monteret vil de fine filtre slides op for hurtigt, stoppe til og der vil bruges for meget energi til at trække luft igennem anlægget. Især i sommerhalvåret, hvor der er behov for et stort luftskifte kan det give udfordringer, hvis filtrene er tættest. Ingen luftfiltre beskytter 100 %, se bilag 2 for klassifikation af filtre. Jo lavere MERV værdi jo mindre beskyttelse. (S. A. Dee, Deen, et al., 2006)

Ved UV-lys skal det sikres at UV-lamperne er rene, at der er installeret tilstrækkeligt med lamper således effekten forbliver høj i perioder med høj fugtighed. Det er især i vinterhalvåret, man skal være opmærksom på at den ønskede dosis UV-lys overholdes. Det er fordelagtigt at luftstrømmen bremses i hastighed forbi lamperne. Lamperne skal skiftes løbende efter producentens foreskrifter. Som tidligere beskrevet er langt de fleste af de undersøgelser, der er til gengængelig i litteraturen vedrørende effekten af UV-lys på PRRS eksperimenter lavet på stillestående objekter, hvorimod med denne opgave er der interesse for PRRSV i bevægelse ved hjælp af aerosoler. Generelt i de forsøg der er lavet anvendes der en mindre dosis UV på objekter der er i bevægelse frem for stillestående. Grunden hertil er sandsynligvis at et objekt i bevægelse bliver belyst fra alle vinkler

hvorimod et stillestående objekt kun belyses fra en vinkel. Belysningstiden er også kortere ved objekter i bevægelse. (Abkar et al., 2022; Li et al., 2022) Øgning af UV dosis i en luftstrøm vil kræve kraftigere lamper eller at luftstrømmen bremses. (Luo & Zhong, 2021) Den korrekte UV dosis er vigtigt. Det så man i det eksperimentelle forsøg af Dee, Bastista et al, 2006. Heri fandt man ingen effekt af UV -lys på PRRS, gennemlæses forsøgsopstillingen kan det konkluderes, at UV-lampen er sat distalt på i åbningen til luftstrømmen og det kan betyde at eksponeringstiden har været for kort. Forsøget blev gennemført inden man havde undersøgt inaktiveringskonstanten for PRRS af Cutler, 2011 (T. Cutler et al., 2011; S. A. Dee, Batista, et al., 2006)

Det er vanskeligt at lave eksperimentelle studier under praktiske forhold, der kan gengive det præcise scenarie. Udskiller grisene virus? Er der tale om blandingsinfektioner. Meteorologiske forhold kan spille ind, samt ændringer over tid. Man skal sikre at virus ikke flytter ind i den modtagelige besætning af andre veje end luften. (S. Dee et al., 2009, 2010; Pitkin et al., 2009) Dertil er der flere studier, hvor det er eksperimentelt 2-kamre system, hvor man ikke har ledt efter PRRSV i luften ved de grise der er modtagelige. Det betyder, hvis gruppen af grise er blevet inficeret kan vi ikke udelukke at der er sket en ”forurening” fra os. (S. Dee et al., 2009; S. A. Dee, Deen, et al., 2006; La et al., 2022)

Konklusion

Denne opgave har belyst den teoretiske virkning af luftfiltre og UV-lys.

Luftfiltre med en MERV værdi på 14 eller over, er effektive til at fange luftbåren PRRSV ligeledes er der lovende resultater for UV-lys med bølgelængde på 254nm og 222 nm om end der ikke er meget litteratur på området endnu. Der mangler undersøgelser under praktiske forhold for UV-lys' evne til at forhindre PRRSV smitte. Høje omkostningerne til installation og drift gør, at det er forbeholdt ornestationer, avl, opformeringer og/eller besætninger der har været igennem en total sanering, hvor der er høj risiko for reinfektion fra nabobesætninger med PRRS. Brugen af UV lys samt luftfiltre er af denne grund endnu ikke særlig udbredt i Danmark endnu men på grund af PRRS reduktionsplanen kan det bliver aktuelt i flere besætninger. Luftfiltre og UV-lys kan ikke stå alene i den eksterne smittebeskyttelse og alle andre kendte foranstaltninger skal fastholdes og i mange tilfælde optimeres.

Perspektivering

Der er flere udfordringer i den danske svineproduktion som gør, at det vanskeligt at implementerer luftfiltre og UV-bestråling af indsugningsluften på alle svinebedrifter. Uanset hvilken model der

vælges er det omkostningstungt, på nuværende tidspunkt er det almindeligvis ornestationer og avlssbesætninger, hvor der opsættes anlæg. Installering af luftfiltre og/ eller UV-lys til indsugningsluften er kompliceret af, at mange danske stalde er med diffus ventilation og / eller med loft-eller vægventiler. Der er ikke et centralt sted hvor indsugningsluften skal igennem, derved er det nødvendigt med flere montageplaceringer. Ved diffus ventileret stald kan det løses ved, at påsætte ekstra skorstene til indsugningsluften og lukke indsugningsarealet ved udhænget. Derved kan man lade indsugningsluften blive filtreret igennem filtre eller suges forbi filter eller UV-lys. Alternativt skal der ophænges UV lys langs hele udhænget. Der kan påsættes filter og UV løsninger på hver enkelt loft- eller vægventil.

De fleste stalde er undertryksventileret, det har den negative konsekvens, at ved små utætheder, åbne døre eller ældre stalde kan der suges luft ind i stalden udenom filter og UV lys. Hvor stor en betydning det har ved man endnu ikke. Undertryksventileret stalde er stadig anbefalingen, da overtryksventileret stalde kan have en negativ konsekvens for bygningsværket, da fugtig og varmt luft presses ud og danner kondens i konstruktionen.

De nuværende energipriser er ikke fordelagtige for udbredelsen af UV-lys da de kræver meget energi. UV-lys 222nm kan potentielt være en hjælp i den interne smittebeskyttelse. Lamperne kan opsættes i områder i besætningen, hvor der flyttes, udleveres eller sammenblandes grise, og derved nedsætte smittpresset af PRRS.

Litteraturliste

- A. Dee, S., Deen, J., Jacobson, L., Rossow, K. D., Mahlum, C., & Pijoan, C. (2005). Laboratory model to evaluate the role of aerosols in the transport of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Veterinary Record*, *156*(16), 501–504. <https://doi.org/10.1136/vr.156.16.501>
- Abkar, L., Zimmermann, K., Dixit, F., Kheyrandish, A., & Mohseni, M. (2022). COVID-19 pandemic lesson learned- critical parameters and research needs for UVC inactivation of viral aerosols. *Journal of Hazardous Materials Advances*, *8*, 100183. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100183>
- Alonso, C., Raynor, P. C., Davies, P. R., & Torremorell, M. (2015). Concentration, Size Distribution, and Infectivity of Airborne Particles Carrying Swine Viruses. *PLOS ONE*, *10*(8), e0135675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135675>
- Benfield, D., Nelson, J., Rossow, K., Nelson, C., Steffen, M., & Rowland, R. (2000). Diagnosis of persistent or prolonged porcine reproductive and respiratory syndrome virus infections. *Veterinary Research*, *31*(1), 71–71. <https://doi.org/10.1051/vetres:2000007>
- Bolton, J. R., & Cotton, C. A. (2008). *The Ultraviolet Disinfection Handbook* (First).
- Bøtner, A., Nielsen, J., & Bille-Hansen, V. (1994). Isolation of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus in a Danish swine herd and experimental infection of pregnant gilts with the virus. *Veterinary Microbiology*, *40*(3–4). [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(94\)90122-8](https://doi.org/10.1016/0378-1135(94)90122-8)
- Bøtner, A., Strandbygaard, B., Sørensen, K. J., Have, P., Madsen, K. G., Madsen, E. S., & Alexandersen, S. (1997). Appearance of acute PRRS-like symptoms in sow herds after vaccination with a modified live PRRS vaccine. *Veterinary Record*, *141*(19), 497–499. <https://doi.org/10.1136/vr.141.19.497>
- Brickner, P. W. (2003). The Application of Ultraviolet Germicidal Irradiation to Control Transmission of Airborne Disease: Bioterrorism Countermeasure. *Public Health Reports*, *118*(2), 99–114. <https://doi.org/10.1093/phr/118.2.99>
- Buonanno, M., Ponnaiya, B., Welch, D., Stanislauskas, M., Randers-Pehrson, G., Smilenov, L., Lowy, F. D., Owens, D. M., & Brenner, D. J. (2017). Germicidal Efficacy and Mammalian Skin Safety of 222-nm UV Light. *Radiation Research*, *187*(4), 493–501. <https://doi.org/10.1667/RR0010CC.1>
- Charpin, C., Mahé, S., Keranflec'h, A., Belloc, C., Carioret, R., le Potier, M.-F., & Rose, N. (2012). Infectiousness of pigs infected by the Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome virus (PRRSV) is time-dependent. *Veterinary Research*, *43*(1), 69. <https://doi.org/10.1186/1297-9716-43-69>
- Cho, J. G., Dee, S. A., Deen, J., Trincado, C., Fano, E., Jiang, Y., Faaberg, K., Murtaugh, M. P., Guedes, A., Collins, J. E., & Joo, H. S. (2006). The impact of animal age, bacterial coinfection, and isolate pathogenicity on the shedding of porcine reproductive and respiratory syndrome virus in aerosols from experimentally infected pigs. *Canadian Journal of Veterinary Research = Revue Canadienne de Recherche Veterinaire*, *70*(4), 297–301.
- Christopher-Hennings, J., Nelson, E. A., Hines, R. J., Nelson, J. K., Swenson, S. L., Zimmerman, J. J., Chase, C. C. L., Yaeger, M. J., & Benfield, D. A. (1995). Persistence of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus in Serum and Semen of Adult Boars. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, *7*(4), 456–464. <https://doi.org/10.1177/104063879500700406>
- Cutler, T. D., Wang, C., Hoff, S. J., & Zimmerman, J. J. (2012). Effect of temperature and relative humidity on ultraviolet (UV254) inactivation of airborne porcine respiratory and reproductive syndrome virus. *Veterinary Microbiology*, *159*(1–2), 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.03.044>

- Cutler, T., Wang, C., Qin, Q., Zhou, F., Warren, K., Yoon, K.-J., Hoff, S. J., Ridpath, J., & Zimmerman, J. (2011). Kinetics of UV254 inactivation of selected viral pathogens in a static system. *Journal of Applied Microbiology*, *111*(2), 389–395. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05046.x>
- Dee, S. A., Batista, L., Deen, J., & Pijoan, C. (2006). Evaluation of systems for reducing the transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus by aerosol. *Canadian Journal of Veterinary Research = Revue Canadienne de Recherche Veterinaire*, *70*(1), 28–33.
- Dee, S. A., Deen, J., Cano, J. P., Batista, L., & Pijoan, C. (2006). Further evaluation of alternative air-filtration systems for reducing the transmission of Porcine reproductive and respiratory syndrome virus by aerosol. *Canadian Journal of Veterinary Research = Revue Canadienne de Recherche Veterinaire*, *70*(3), 168–175.
- Dee, S., Batista, L., Deen, J., & Pijoan, C. (2005). Evaluation of an air-filtration system for preventing aerosol transmission of Porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Canadian Journal of Veterinary Research = Revue Canadienne de Recherche Veterinaire*, *69*(4), 293–298.
- Dee, S., Otake, S., & Deen, J. (2010). Use of a production region model to assess the efficacy of various air filtration systems for preventing airborne transmission of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and *Mycoplasma hyopneumoniae*: Results from a 2-year study. *Virus Research*, *154*(1–2), 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2010.07.022>
- Dee, S., Otake, S., & Deen, J. (2011). An evaluation of ultraviolet light (UV254) as a means to inactivate porcine reproductive and respiratory syndrome virus on common farm surfaces and materials. *Veterinary Microbiology*, *150*(1–2), 96–99. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2011.01.014>
- Dee, S., Otake, S., Oliveira, S., & Deen, J. (2009). Evidence of long distance airborne transport of porcine reproductive and respiratory syndrome virus and *Mycoplasma hyopneumoniae*. *Veterinary Research*, *40*(4), 39. <https://doi.org/10.1051/vetres/2009022>
- Duan, X., Nauwynck, H. J., & Pensaert, M. B. (1997). Virus quantification and identification of cellular targets in the lungs and lymphoid tissues of pigs at different time intervals after inoculation with porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV). *Veterinary Microbiology*, *56*(1–2), 9–19. [https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(96\)01347-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(96)01347-8)
- Fuglsang, K. (2013). *Industrielle partikelfiltres effekt overfor ultrafine partikler Projekt rapport*, Innovationsnetværk for miljøteknologi, Styrelsen for forskning og innovation.
- FVST, L&F, LFG, DSS, & DDD. (2022, May 3). *STRATEGI TIL REDUKTION AF PRRS HOS GRISE I DANMARK*. <https://svineproduktion.dk/Aktuelt/Temaer/PRRS>.
- Han, S., Kim, J., & Ko, S. H. (2021). Advances in air filtration technologies: structure-based and interaction-based approaches. *Materials Today Advances*, *9*, 100134. <https://doi.org/10.1016/j.mtadv.2021.100134>
- Hermann, J., Hoff, S., Muñoz-Zanzi, C., Yoon, K.-J., Roof, M., Burkhardt, A., & Zimmerman, J. (2007). Effect of temperature and relative humidity on the stability of infectious porcine reproductive and respiratory syndrome virus in aerosols. *Veterinary Research*, *38*(1), 81–93. <https://doi.org/10.1051/vetres:2006044>
- Hermann, J. R., Muñoz-Zanzi, C. A., Roof, M. B., Burkhardt, K., & Zimmerman, J. J. (2005). Probability of porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus infection as a function of exposure route and dose. *Veterinary Microbiology*, *110*(1–2), 7–16. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.06.012>

- Hijnen, W. A. M., Beerendonk, E. F., & Medema, G. J. (2006). Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review. *Water Research*, *40*(1), 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.10.030>
- Holtkamp, D. J., Johnson, C., Koziel, J. A., Li, P., Murray, D., Ruston, C. R., Stephan, A., Torremorell, M., & Wedel, K. (2020). *Ultraviolet C (UVC) Standards and Best Practices for the Swine Industry*.
- Holtkamp, D. J., Kliebenstein, J. B., Zimmerman, J. J., Neumann, E., Rotto, H., Yoder, T. K., Wang, C., Yeske, P., Mowrer, C. L., & Haley, C. (2012). *Economic Impact of Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus on U.S. Pork Producers*. https://doi.org/10.31274/ans_air-180814-28
- Kang, I., Ha, Y., Kim, D., Oh, Y., Cho, K.-D., Lee, B.-H., Lim, J., Kim, S.-H., Kwon, B., & Chae, C. (2010). Localization of porcine reproductive and respiratory syndrome virus in mammary glands of experimentally infected sows. *Research in Veterinary Science*, *88*(2), 304–306. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2009.08.008>
- Kowalski, W. J., Bahnfleth, W. P., Witham, D. L., Severin, B. F., & Whittam, T. S. (2000). Mathematical Modeling of Ultraviolet Germicidal Irradiation for Air Disinfection. *Quantitative Microbiology*, *2*(3), 249–270. <https://doi.org/10.1023/A:1013951313398>
- Kristensen, C. S. (2013). *ESTIMAT FOR OMKOSTNINGER VED PRRS I DANMARK medd. 985*. https://svineproduktion.dk/publikationer/kilder/lu_medd/2013/985.
- Kristensen, C. S., Bøtner, A., Takai, H., Nielsen, J. P., & Jorsal, S. E. (2004). Experimental airborne transmission of PRRS virus. *Veterinary Microbiology*, *99*(3–4), 197–202. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2004.01.005>
- La, A., Zhang, Q., Cicek, N., & Coombs, K. M. (2022). Current understanding of the airborne transmission of important viral animal pathogens in spreading disease. In *Biosystems Engineering* (Vol. 224, pp. 92–117). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.09.013>
- Li, P., Koziel, J. A., Zimmerman, J. J., Zhang, J., Cheng, T. Y., Yim-Im, W., Jenks, W. S., Lee, M., Chen, B., & Hoff, S. J. (2021). Mitigation of airborne PRRSV transmission with UV light treatment: Proof-of-concept. *Agriculture (Switzerland)*, *11*(3). <https://doi.org/10.3390/AGRICULTURE11030259>
- Li, P., Koziel, J. A., Zimmerman, J. J., Zhang, J., Cheng, T.-Y., Yim-Im, W., Jenks, W. S., Lee, M., Chen, B., & Hoff, S. J. (2022). Correction: Li et al. Mitigation of Airborne PRRSV Transmission with UV Light Treatment: Proof-of-Concept. *Agriculture* 2021, *11*, 259. *Agriculture*, *12*(5), 680. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050680>
- Lunney, J. K., Benfield, D. A., & Rowland, R. R. R. (2010). Porcine reproductive and respiratory syndrome virus: An update on an emerging and re-emerging viral disease of swine. *Virus Research*, *154*(1–2), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2010.10.009>
- Luo, H., & Zhong, L. (2021). Ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) for in-duct airborne bioaerosol disinfection: Review and analysis of design factors. *Building and Environment*, *197*, 107852. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2021.107852>
- Mortensen, S., Stryhn, H., Søggaard, R., Boklund, A., Stärk, K. D. C., Christensen, J., & Willeberg, P. (2002). Risk factors for infection of sow herds with porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) virus. *Preventive Veterinary Medicine*, *53*(1–2), 83–101. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(01\)00260-4](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(01)00260-4)

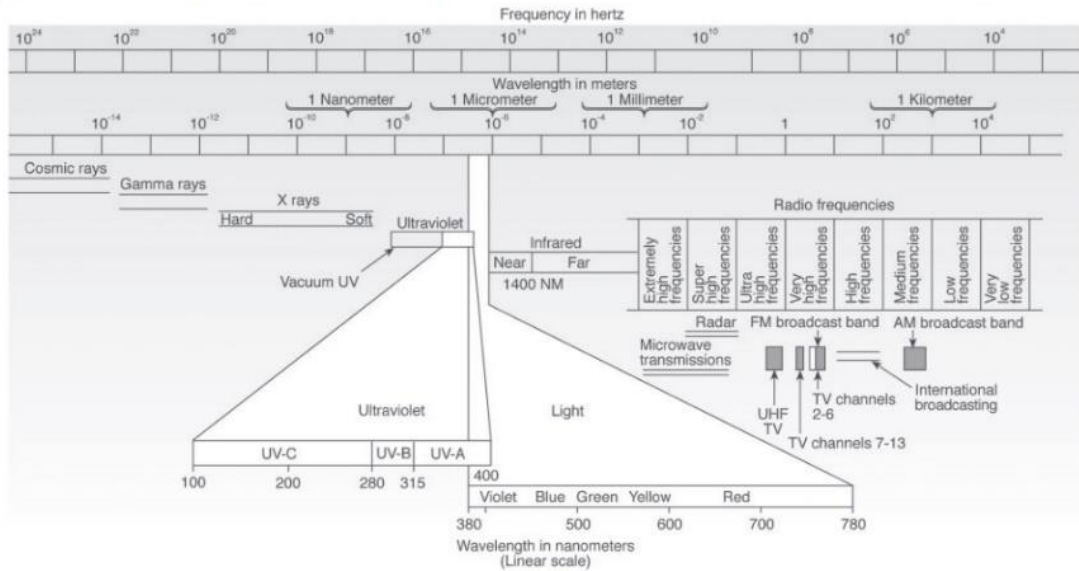
- Nirmala, J., Alves, G., Vilalta, C., Yang, M., Rendahl, A., Olson, B., & Torremorell, M. (2021). Evaluation of viral RNA extraction methods to detect porcine reproductive and respiratory syndrome and influenza A viruses from used commercial HVAC air filters from swine farms. *Journal of Aerosol Science*, *151*. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2020.105624>
- Otake, S., Dee, S., Corzo, C., Oliveira, S., & Deen, J. (2010). Long-distance airborne transport of infectious PRRSV and *Mycoplasma hyopneumoniae* from a swine population infected with multiple viral variants. *Veterinary Microbiology*, *145*(3–4), 198–208. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2010.03.028>
- Pfeifer, G. P., & Besaratinia, A. (2012). UV wavelength-dependent DNA damage and human non-melanoma and melanoma skin cancer. *Photochem. Photobiol. Sci.*, *11*(1), 90–97. <https://doi.org/10.1039/C1PP05144J>
- Pileri, E., & Mateu, E. (2016). Review on the transmission porcine reproductive and respiratory syndrome virus between pigs and farms and impact on vaccination. *Veterinary Research*, *47*(1), 108. <https://doi.org/10.1186/s13567-016-0391-4>
- Pitkin, A., Deen, J., & Dee, S. (2009). Use of a production region model to assess the airborne spread of porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *Veterinary Microbiology*, *136*(1–2), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.10.013>
- Riley, R. L., & Kaufman, J. E. (1972). Effect of Relative Humidity on the Inactivation of Airborne *Serratia marcescens* by Ultraviolet Radiation. *Applied Microbiology*, *23*(6), 1113–1120. <https://doi.org/10.1128/am.23.6.1113-1120.1972>
- Rowland, R. R. R., Lawson, S., Rossow, K., & Benfield, D. A. (2003). Lymphoid tissue tropism of porcine reproductive and respiratory syndrome virus replication during persistent infection of pigs originally exposed to virus in utero. *Veterinary Microbiology*, *96*(3), 219–235. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2003.07.006>
- Tellier, R. (2009). Aerosol transmission of influenza A virus: a review of new studies. *Journal of The Royal Society Interface*, *6*(suppl_6). <https://doi.org/10.1098/rsif.2009.0302.focus>
- Tseng, C.-C., & Li, C.-S. (2005). Inactivation of Virus-Containing Aerosols by Ultraviolet Germicidal Irradiation. *Aerosol Science and Technology*, *39*(12), 1136–1142. <https://doi.org/10.1080/02786820500428575>
- Wagstrom, E. A., Chang, C.-C., Yoon, K.-J., & Zimmerman, J. J. (2001). Shedding of porcine reproductive and respiratory syndrome virus in mammary gland secretions of sows. *American Journal of Veterinary Research*, *62*(12), 1876–1880. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2001.62.1876>
- Welch, D., Buonanno, M., Grilj, V., Shuryak, I., Crickmore, C., Bigelow, A. W., Randers-Pehrson, G., Johnson, G. W., & Brenner, D. J. (2018). Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. *Scientific Reports*, *8*(1), 2752. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21058-w>
- Wenke, C., Pospiech, J., Reutter, T., Truyen, U., & Speck, S. (2017). Efficiency of different air filter types for pig facilities at laboratory scale. *PLOS ONE*, *12*(10), e0186558. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186558>
- Wills, R. W., Zimmerman, J. J., Yoon, K.-J., Swenson, S. L., Hoffman, L. J., McGinley, M. J., Hill, H. T., & Platt, K. B. (1997). Porcine reproductive and respiratory syndrome virus: routes of excretion. *Veterinary Microbiology*, *57*(1), 69–81. [https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(97\)00079-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(97)00079-5)

Zimmer, J. L., & Slawson, R. M. (2002). Potential Repair of *Escherichia coli* DNA following Exposure to UV Radiation from Both Medium- and Low-Pressure UV Sources Used in Drinking Water Treatment. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(7), 3293–3299. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.7.3293-3299.2002>

Bilag

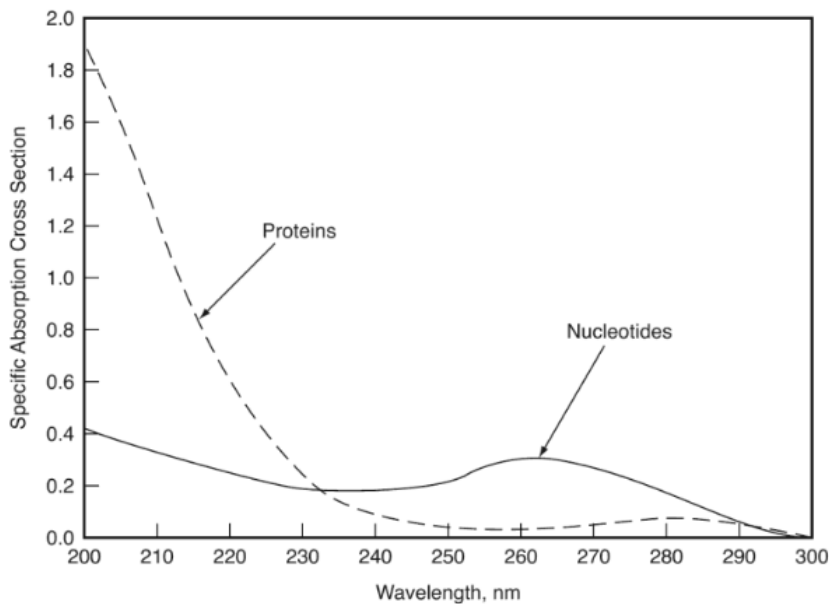
Bilag 1: UV-lys

Figure 1. Electromagnetic spectrum illustrating UV-C in relation to other UV-bandwidths and visible light.



SOURCE: IESNA Lighting Handbook, 9th Edition; 2000.

Figur 1 illustration over typer af UV-lys (Brickner, 2003)



Figur 2 illustration over hvilke bølgelængder(x-aksen) der absorberes af henholdsvis proteiner og nukleotider(Bolton & Cotton, 2008)

Bilag 2: Klassifikation af luftfiltre

Klassifikation af luftfiltre

ASHRAE Application Guidelines

Std 52.2 Minimum Efficiency Reporting Value (MERV)	Std 52.2 Particle size efficiency (%)			Std 52.1 Dust Spot Efficiency (%)	Std 52.1 Average Arrestance Efficiency (%)
	E1 0.30 to 1.0 µm	E2 1.0 to 3.0 µm	E3 3.0 to 10.0 µm		
1	n/a	n/a	E < 20	< 20	< 65
2	n/a	n/a	E < 20	< 20	65 ≤ E < 70
3	n/a	n/a	E < 20	< 20	70 ≤ E < 75
4	n/a	n/a	E < 20	< 20	75 ≤ E < 80
5	n/a	n/a	20 ≤ E < 35	< 20	80 ≤ E < 85
6	n/a	n/a	35 ≤ E < 50	< 20	85 ≤ E < 90
7	n/a	n/a	50 ≤ E < 70	25 ≤ E < 30	E > 90
8	n/a	n/a	70 ≤ E	30 ≤ E < 35	E > 90
9	n/a	E < 50	85 ≤ E	40 ≤ E < 45	E > 90
10	n/a	50 ≤ E < 65	85 ≤ E	50 ≤ E < 55	E > 95
11	n/a	65 ≤ E < 80	85 ≤ E	60 ≤ E < 65	E > 95
12	n/a	80 ≤ E	90 ≤ E	70 ≤ E < 75	E > 95
13	E < 75	90 ≤ E	90 ≤ E	80 ≤ E < 90	E > 98
14	75 ≤ E < 85	90 ≤ E	70 ≤ E	90 ≤ E < 95	E > 98
15	85 ≤ E < 95	90 ≤ E	90 ≤ E	E > 95	n/a
16	95 ≤ E	90 ≤ E	95 ≤ E	n/a	n/a
17	99.97 < E	n/a	n/a	n/a	n/a
18	99.99 < E	n/a	n/a	n/a	n/a
19	99.999 < E	n/a	n/a	n/a	n/a
20	99.999 < E	n/a	n/a	n/a	n/a

"E" indicates efficiency percentage

https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/COVID-19/52_2_2017_COVID-19_20200401.pdf

Europæisk standard EN 1822, HEPA filtre klassifikation:

BS EN 1822-1 2019			ISO 29463-1 2017		
Filter class and group	Overall value		Filter class and group	Overall value	
	Efficiency (%)	Penetration (%)		Efficiency (%)	Penetration (%)
E10	≥ 85	≤ 15			
E11	≥ 95	≤ 5	ISO 15E	≥ 95	≤ 5
			ISO 20E	≥ 99	≤ 1
E12	≥ 99.5	≤ 0.5	ISO 25E	≥ 99.5	≤ 0.5
			ISO 30E	≥ 99.9	≤ 0.1
H13	≥ 99.95	≤ 0.05	ISO 35H	≥ 99.95	≤ 0.05
			ISO 40H	≥ 99.99	≤ 0.01
H14	≥ 99.995	≤ 0.005	ISO 45H	≥ 99.995	≤ 0.005
			ISO 50U	≥ 99.999	≤ 0.001
U15	≥ 99.9995	≤ 0.0005	ISO 55U	≥ 99.9995	≤ 0.0005
			ISO 60U	≥ 99.9999	≤ 0.0001
U16	≥ 99.99995	≤ 0.00005	ISO 65U	≥ 99.99995	≤ 0.00005
			ISO 70U	≥ 99.99999	≤ 0.00001
U17	≥ 99.999995	≤ 0.000005	ISO 75U	≥ 99.999995	≤ 0.000005

Filter efficiency is for most penetrating particle size (MPPS)

<https://www.cibsejournal.com/technical/understanding-hepa-filters/>