



Stichting
Trainingen
Infectie
Preventie

LANDELIJK NETWERK
DE GROENE OK

Radboudumc

TU Delft



UMC Utrecht

TNO innovation
for life



MEDEXS



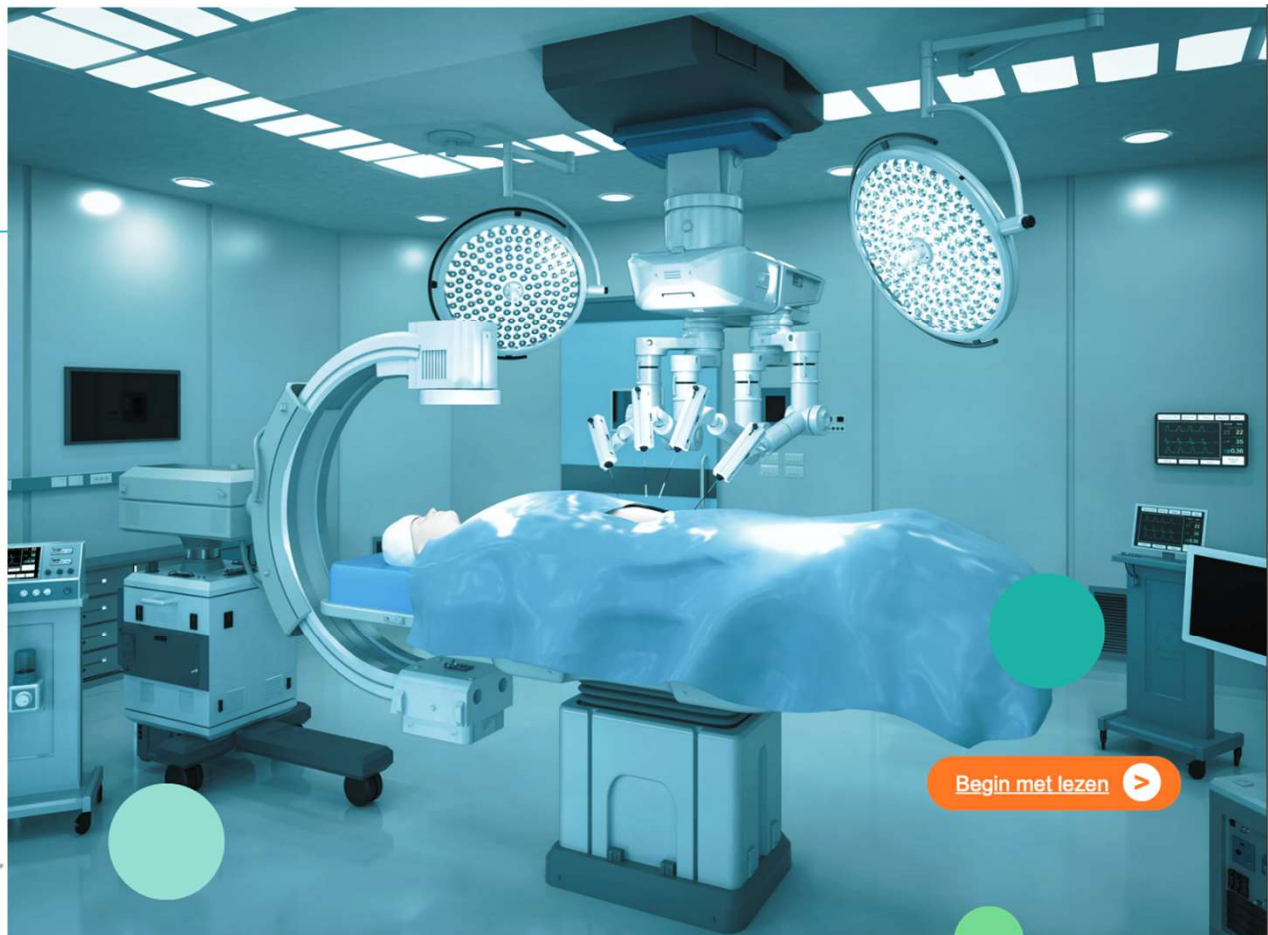
Royal
HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Pro OK Advies



Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport

Presentatie door: Dr. Jos Lans
3 Juni 2025



Begin met lezen 

Onderzoek naar energie-
besparingspotentieel Nederlandse
operatiekamers



(potentiële) belangenverstremgeling	Zie hieronder
Voor bijeenkomst mogelijk relevante relaties met bedrijven	Bedrijfsnaam
Eigenaar van	Medexs BV

Dit onderzoek is gefinancierd vanuit het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) op basis van de Urgenda agenda maatregel 51.

Onderzoek naar energiebesparingspotentieel Nederlandse operatiekamers

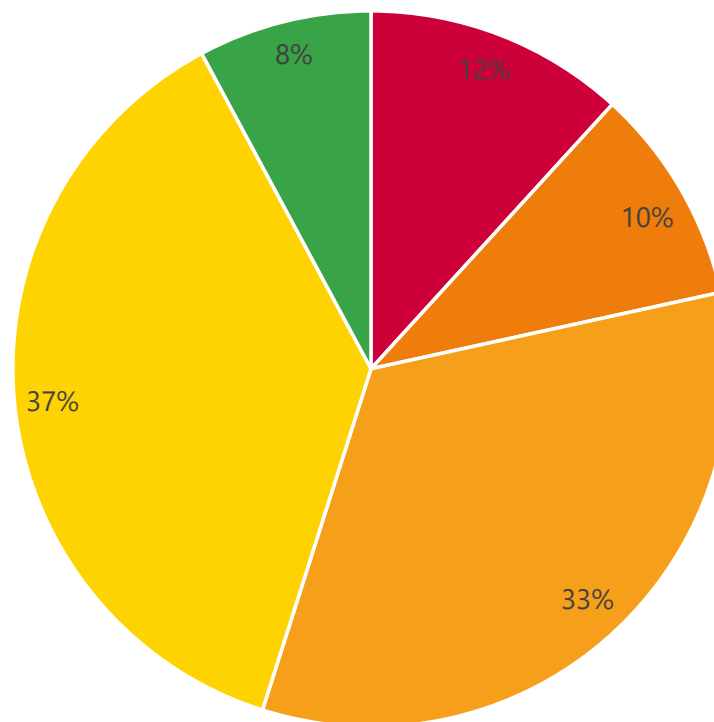
Deelresultaat 1 Inventariseren en definiëren energiebesparende maatregelen

Deelresultaat 2 Besparingspotentieel per maatregel

Deelresultaat 3 Communicatie en voorlichting naar ziekenhuizen

Deelresultaat 1
Inventariseren en definiëren energiebesparende maatregelen
Stap 1 Questionnaire

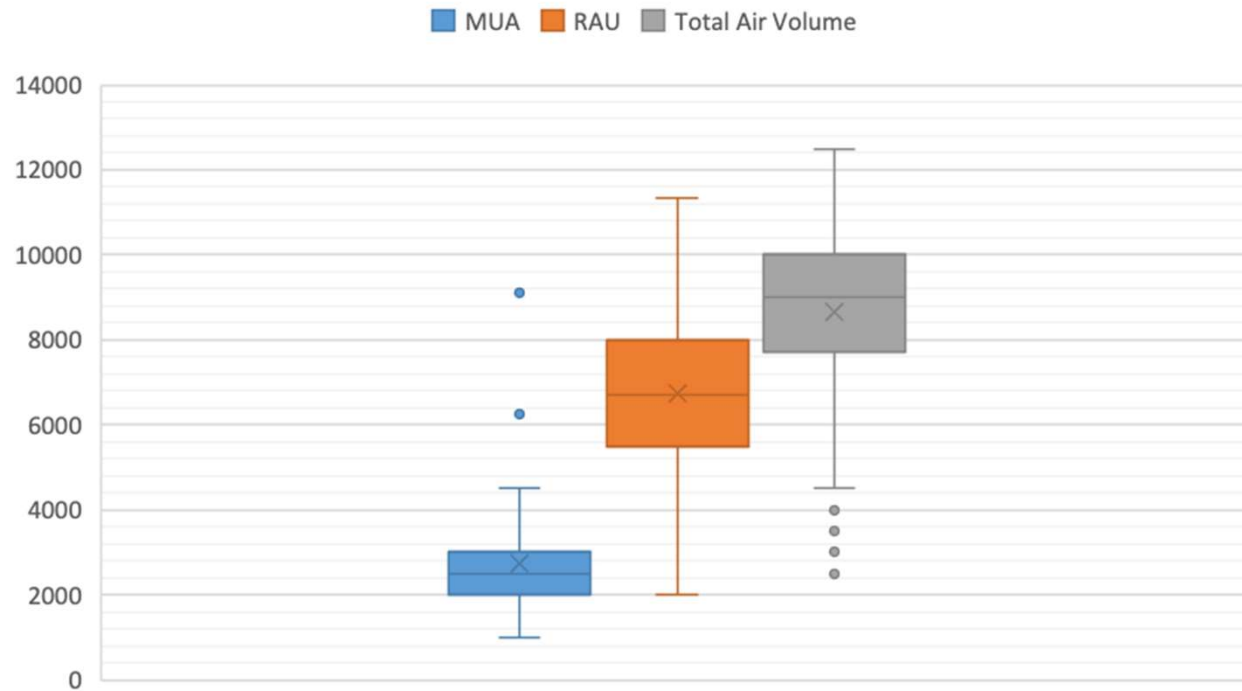
Leeftijd operatiekamer complexen



55% > 10 jaar
22% > 20 jaar
12% > 30 jaar

■ <1995 ■ 1995-2004 ■ 2005-2014 ■ 2014-2022 ■ 2023

Lucht volume operatiekamer [m³/h]



MUA (n=47) – (SD)

2.728 m³/h (1.317)

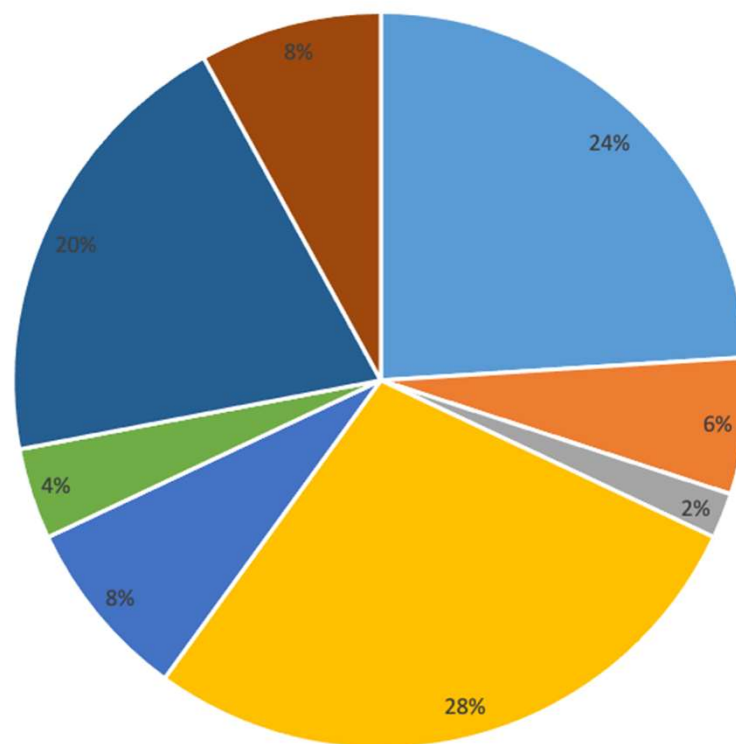
RAU (n=47) – (SD)

6.737 m³/h (2.044)

Total Air Volume (n=49) – (SD)

8.641 m³/h (2.363)

Nacht verlaging, weekend uit, recirculatie uit

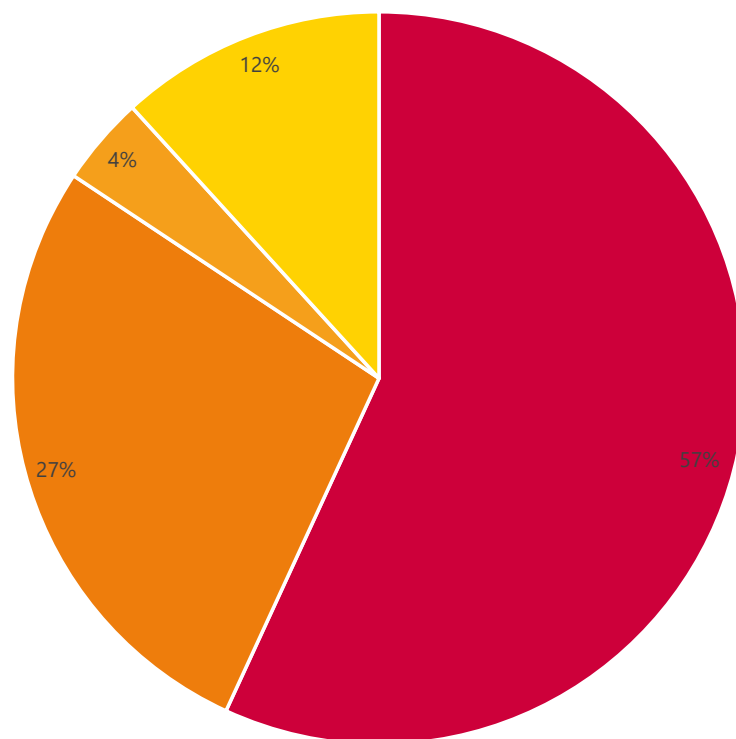


72% nacht en weekenden \leq 50%.
4%. recirculatie geheel uit

- 50% van zijn capaciteit
- 40% van zijn capaciteit
- 33% van zijn capaciteit
- 30% van zijn capaciteit
- 20% van zijn capaciteit
- Volledig UIT recirculatie
- Er wordt niets uitgezet
- Anders



Lucht bevochtiging

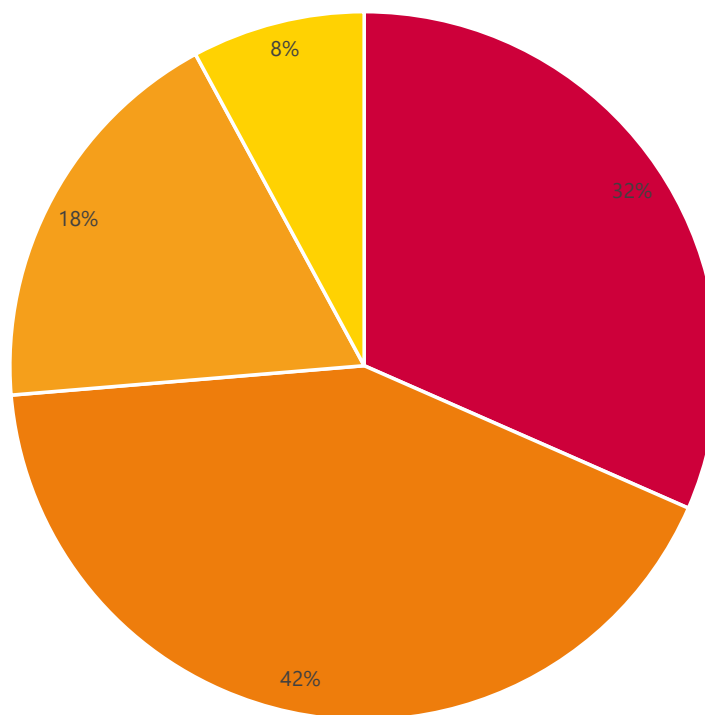


76% met aardgas opgewekte stoom
20% elektrische luchtbevochtigers
4% adiabatische bevochtiging.

57% set point tussen de 50-65%

■ Tussen 50-65% ■ Tussen 30-70% ■ Tussen 40-80% ■ Anders namelijk

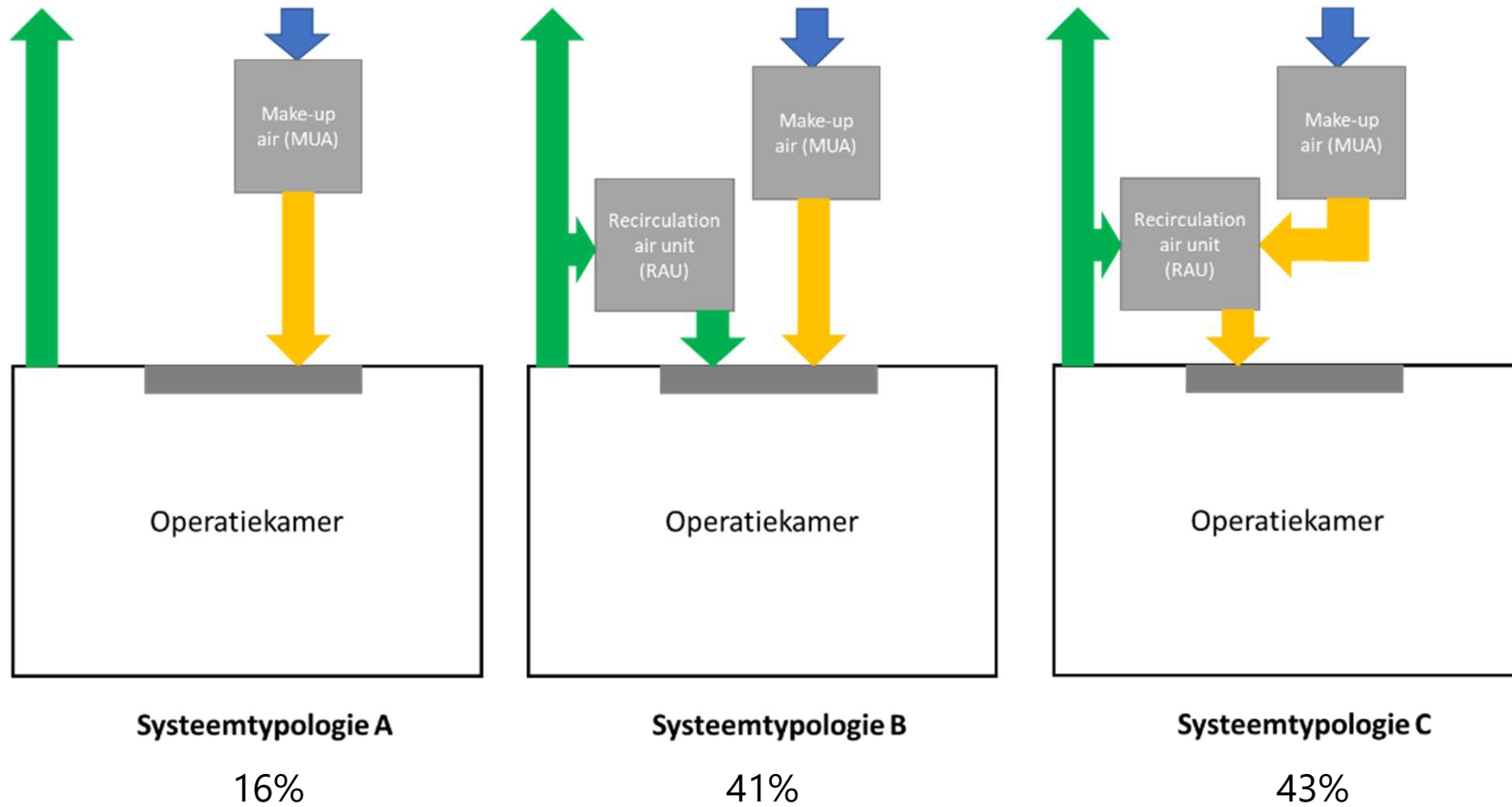
% OK's dat wordt gebruikt als FMS klasse 1+



■ Alle operatiekamers ■ 25% Van de operatiekamers ■ 50% Van de operatiekamers ■ 75% Van de operatiekamers



Typologieën OK luchtbehandelingsinstallatie



Deelresultaat 2

Besparingspotentieel per maatregel

Stap 2a Metingen aan luchttechnische installatie

Referentie ziekenhuizen

Bij selectie is rekening gehouden met:

- Verschillende OK typologieën (B en C)
- Verschillende warmteterugwinning systemen en buitenlucht hoeveelheden
- Geografisch verspreid
- Klasse 1+ en klasse 1 operatiekamers
- Verschillende Analyse van luchttechnische installatie en bepalen sensor posities
- Rekenmodel beschikbaar gesteld door TNO. Dit rekenmodel is opgebouwd op basis van luchttoestands grootheden
- Toetsen door middel van beproevingen of de theoretische scenario's in de praktijk te realiseren zijn
- Bepalen referentie situatie input voor rekenmodel
- Referentie set (9 ziekenhuizen) dient overeen te komen met het landelijk beeld vanuit deelresultaat 1

Sensoren geografisch verdeeld

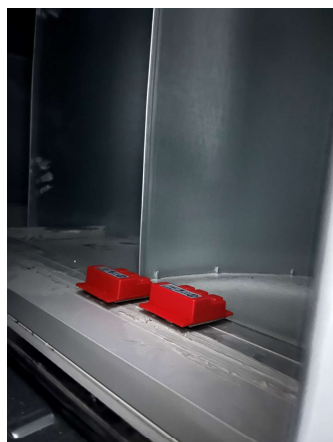
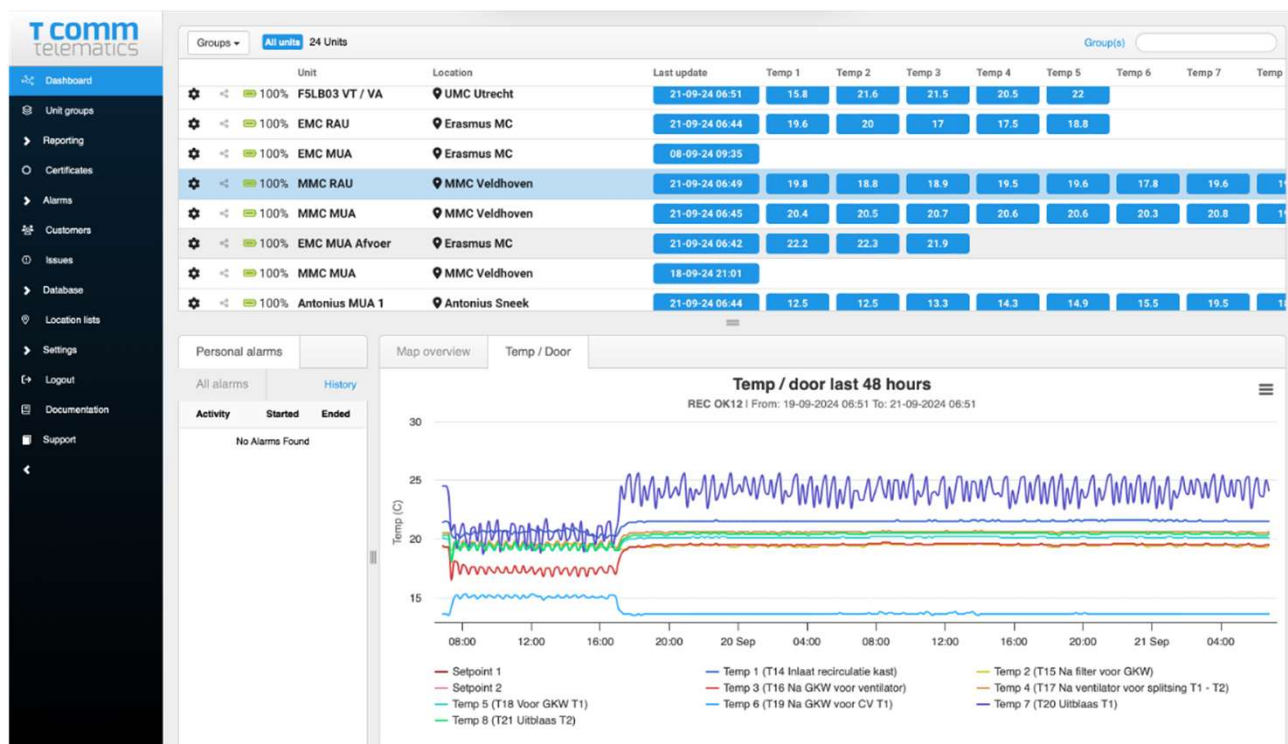
3 Universitaire ziekenhuizen

4 Perifere ziekenhuizen

2 Privéklinieken

Realtime RV en T

metingen elke 10 minuten





De referentie set

Ziekenhuis Scenario	1						
Type Luchtbehandelingsinstallatie	1	2	3	4	5	6	7
Type warmteterugwinning	Type C						
	Warmtewiel						
		RV	Kloktijd	ODA	Klasse 1	UltraClean	Generic
Referentie inblaasttemperatuur	19,73	19,73	19,73	19,73	19,73	19,73	19,73
Temperatuur verhoging in OK [°C]	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38
Temperatuur rendement WTW (EN 13141-7:2021)	Ro	Ro	Ro	Ro	Ro	Ro	Ro
Toename vocht in OK [g/kg]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Efficiëntie WTW (warmtewiel, EN 13141-7:2021)	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%
Temperatuur verhoging ventilator [°C]	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Altid altijd koelen tot dauwpunt en naverwarmen	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Maximale vochtigheid RV	65	70	65	65	65	70	70
Minimale vochtigheid RV	50	30	50	50	50	30	30
Starttijd	0	0	7	0	0	7	7
Eindtijd	24	24	18	24	24	18	18
Weekend uit	Nee	Nee	Ja	Nee	Nee	Ja	Ja
Buitenlucht hoeveelheid (ODA); normaal bedrijf	2.000	2.000	2.000	1.000	2.000	1.000	1.000
Buitenlucht hoeveelheid (ODA); verlaagd bedrijf	900	900	900	500	900	500	500
Recirculatie hoeveelheid (SEC); normaal bedrijf	11.728	11.728	11.728	11.728	1.000	11.728	3.000
Recirculatie hoeveelheid (SEC); verlaagd bedrijf	3.968	3.968	3.968	3.568	2.000	1.000	1.000

- Typologie Luchtbehandelingsinstallatie
- Warmteterugwinning
- Gemeten temperatuur (gemiddelde)
- Uit onderzoek blijkt verhoging RV - Nihil
- Gemeten temperatuur voor +/- na ventilator

↑
Kolom
van
referentie
scenario



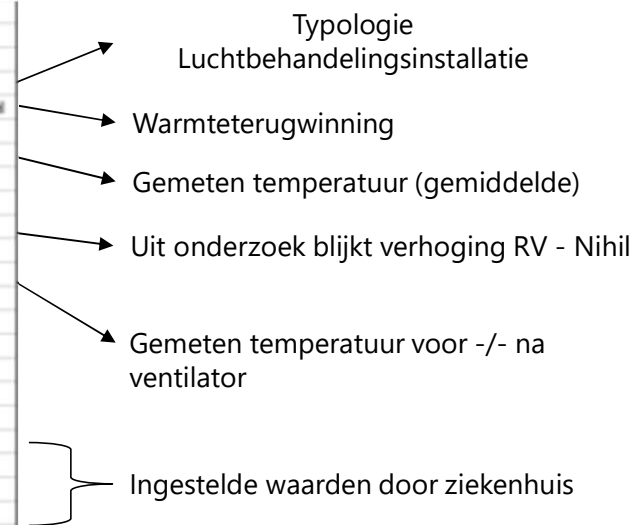
→ Velden die veranderen per actie t.o.v. de referentie

Referentie scenario bepaald op basis van uitkomsten questionnaire



De referentie set

Ziekenhuis Scenario	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Type Luchtbehandelingsinstallatie	Type C	Type B	Type C	Type C	Type C	Type C	Type B	Type B	Type B
Type warmteterugwinning	Warmtewiel	Twin Coil	Twin Coil	Warmtewiel	Warmtewiel	Warmtewiel	Twin Coil	Warmtewiel	Warmtewiel
Referentie inblaas temperatuur	19,73	21,01	19,03	18,91	19,52	20,61	18,95	19,12	20,64
Temperatuur verhoging in OK [°C]	2,38	1,84	1,31	1,06	0,73	1,3	3,08	2,56	0
Temperatuur rendement WTW (EN 13141-7:2021)	Ro	Ru	Ru	Ro	Ro	Ro	Ru	Ro	Ro
Toename vocht in OK [g/kg]	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Vochtrendement WTW (warmtewiel, EN 13141-7:2021)	65%	0%	0%	65%	65%	65%	0%	65%	65%
Temperatuur verhoging ventilator [°C]	1,5	0,79	1,19	1,53	1,35	0,67	1,2	1,2	1,2
Bij koeling altijd koelen tot dauwpunt en naverwarmen	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Maximale vochtigheid RV	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Minimale vochtigheid RV	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Starttijd	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eindtijd	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Weekend uit	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee
Buitenlucht hoeveelheid (ODA); normaal bedrijf	2.000	2.500	2.000	2.800	2.000	1.000	3.000	3.000	3.000
Buitenlucht hoeveelheid (ODA); verlaagd bedrijf	900	750	500	1.368	500	500	900	900	600
Recirculatie hoeveelheid (SEC); normaal bedrijf	11.728	7.300	15.040	7.000	15.129	2.000	7.368	7.836	1.320
Recirculatie hoeveelheid (SEC); verlaagd bedrijf	3.968	2.190	3.500	3.500	1.690	1.190	2.200	2.350	400



↑
Kolom van referentie scenario

Overige Uitgangspunten:

- Systeem staat 24/7 aan
- Rendement warmtewiel is 65%
- Rendement twin-coil is 41%
- Relatieve vochtigheid ingestelde waarde tussen 50—65%
- Altijd koelen tot dauwpunt

Referentie scenario bepaald op basis van uitkomsten questionnaire

Bevochtigingseisen in de zorghuisvesting

› BEVOCHTIGINGSEISEN IN DE ZORGHUISVESTING KENNISBASIS



TNO

auteurs

Dr. ir. M.G.L.C. Loomans (projectleider TU/e)
Dr. ir. E. Huisman (HU)
Ir. K. Kompatscher (TNO)
Dr. Ing. A.A.L. Traversari, MBA (projectleider TNO)
Prof.dr. H.S.M. Kort (TU/e)
Ir. W. Maasen, PDEng (TU/e)

opdrachtgever

NFU, NVZ

Datum: 18 mei 2021
Projectnummer: TNO 069_37543 | TU/e 10027758

TU/e
Technische
Universiteit
van
Eindhoven
**HOGESCHOOL
UTRECHT**



Effecten op het uitzetten van de installatie

American Journal of Infection Control 45 (2017) 139–44



Contents lists available at ScienceDirect

American Journal of Infection Control

journal homepage: www.ajicjournal.org



Major Article

Effect of switching off unidirectional downflow systems of operating theaters during prolonged inactivity on the period before the operating theater can safely be used



A.A.L. Traversari BSc, MBA ^{a,*}, C. Bottenheft MSc ^a, S.P.M. van Heumen MSc ^a,
C.A. Goedhart MSc ^b, M.C. Vos MSc, PhD, Prof ^c

^a TNO, Delft, The Netherlands

^b Department of Organism and Disease, Erasmus Medical Center, University Medical Center Rotterdam, Rotterdam, The Netherlands

^c Department of Medical Microbiology and Infectious Diseases, Erasmus Medical Center, University Medical Center Rotterdam, Rotterdam, The Netherlands

Key Words:

UDF system
Recovery time
Degree of protection
Energy saving
Air quality
Operating theater
Airborne particles

Background: Switching off air handling systems in operating theaters during periods of prolonged inactivity (eg. nights, weekends) can produce a substantial reduction of energy expenditure. However, little evidence is available regarding the effect of switching off the air handling system during periods of prolonged inactivity on the air quality in operating theaters during operational periods. The aim of this study is to determine the amount of time needed after restarting the ventilation system to return to a stable situation, with air quality at least equal to the situation before switching off the system.

Methods: Measurements were performed in 3 operating theaters, all of them equipped with a unidirectional downflow (UDF) system. Measurements (particle counts of emitted particles with a particle size $\geq 0.5 \mu\text{m}$) were taken during the start-up of the ventilation system to determine when prespecified degrees of protection were achieved. Temperature readings were taken to determine when a stable temperature difference between the periphery and the protected area was reached, signifying achievement of a stable condition.

Results: After starting up the system, the protected area achieved the required degrees of protection within 20 minutes (95% upper confidence limit). A stable temperature difference was achieved within 23 minutes (95% upper confidence limit). Both findings lie well within the period of 25 minutes normally required for preparations before the start of surgical procedures.

Conclusions: Switching off the ventilation system during prolonged inactivity (during the night and weekend) has no negative effect on the air quality in UDF operating theaters during normal operational hours.

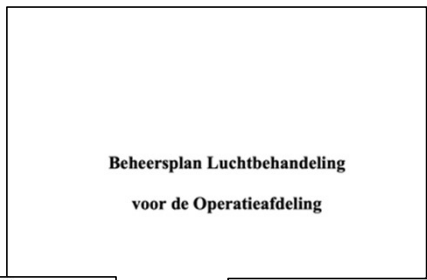
© 2017 Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology, Inc. Published by Elsevier Inc. All rights reserved.

Richtlijnen over de jaren in Nederland

1995



2005



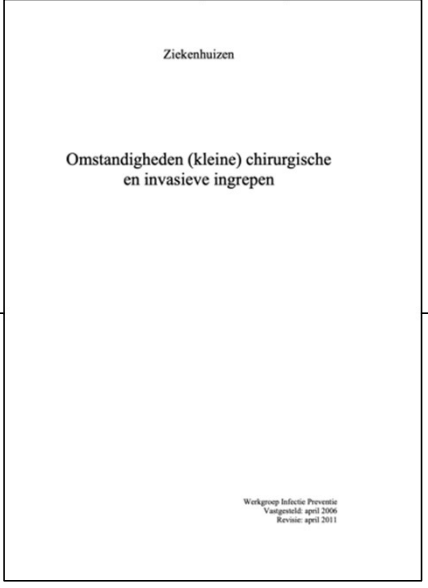
2014



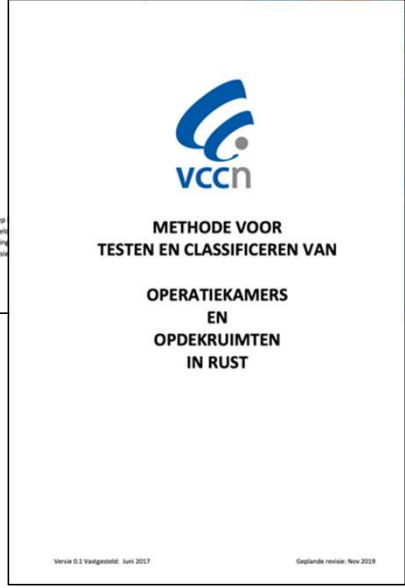
2019



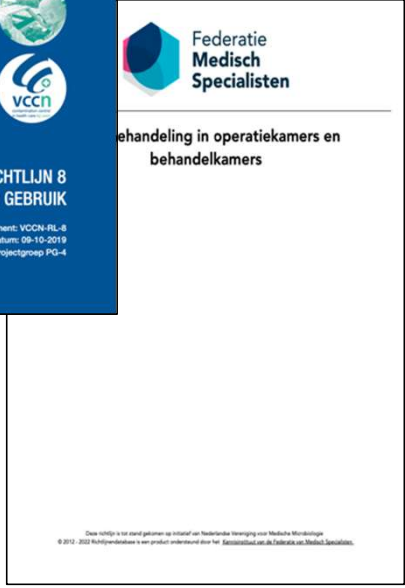
2004



2006



2014



2022

Arbo-catalogus inhalatieanesthetica (1/2)

Inblaas verse lucht is minimaal 2.000 m³/h

- Regelmatig gebruik van inhalatieanesthetica tijdens inleiding op de kap.

Inblaas verse lucht ligt tussen 1.500-2.000 m³/h

- Inleiding op de kap (met dampanesthetica) wordt alleen bij uitzondering toegepast gebruik dubbelmasker.
- Lachgas wordt niet gebruikt.
- Bij voorkeur worden intraveneuze anesthetica gebruikt en anders dampvormige inhalatieanesthetica.
- Puntafzuiging van diathermische rook en laserrook.
- Bij diathermische rook en laserrook wordt puntafzuiging altijd geadviseerd, ook bij een hoge ruimteventilatie (dus ook indien inblaas buitenlucht > 2.000 m³/h.)

Inblaas verse lucht 1.000-1.500 m³/h

- Inleiding op de kap (met dampanesthetica) alleen bij uitzondering.
- Het afzuigstelsel van het dubbelmasker wordt toegepast.
- Gebruik van puntafzuiging bij diathermische rook en laserrook.
- De mogelijkheid om puntafzuiging te gebruiken voor andere handelingen waarbij blootstelling aan gevaarlijke stoffen / carcinogenen mogelijk is, zoals aanmaak botcement.

Bijlage 3 RI&E luchtbehandeling nieuw operatiecentrum

- Doordat bronafzuiging veel effectiever is dan ruimteafzuiging kan volstaan worden met 1.000 m³/h.

Scenario's t.o.v. referentie situatie

0. Referentie situatie per ziekenhuis op basis van ons onderzoek

Maatregelen gevat in scenario's:

1. Verruimen grenzen relatieve vochtigheid -> 30-70%
2. Werken met vaste kloktijden -> 07.00 – 18.00 en weekend uit
3. Verlagen buitenluchthoeveelheid -> 1.000 m³/h, nacht 500 m³/h
4. Verlagen totale luchthoeveelheid -> 3.000 m³/h
5. Algemene operatiekamer (klasse 1) met 1,2,3,4 aanpassing
6. Ultra-clean operatiekamer (klasse 1+) met 1,2,3,4 aanpassing

Deelresultaat 2

Besparingspotentieel per maatregel

Stap 2b Aanbevelingen



Resultaten bij verschillende scenario's (1/2)

Scenario A: Relatieve vochtigheid (30 - 70%)



- Verruimen van relatieve vochtigheid naar 30 - 70%
- **Resultaat:** Gemiddeld 33% minder thermische energievraag

Scenario B: Nacht- en weekendinstellingen



- Luchtbehandelingsinstallaties terugschakelen.
- **Resultaat:** 41% thermische en 60% elektrisch/mechanische energiebesparing.



Resultaten bij verschillende scenario's (2/2)

Scenario C: Buitenlucht (ODA)



- ODA terugbrengen naar 1.000 m³/h (werkuren) en 500 m³/h (buiten werkuren).
- **Resultaat:** Gemiddeld 53% thermische en 49% elektrisch/mechanische energiebesparing.

Scenario D: Verlagen OK-classificatie



- Overstap van klasse 1+ naar klasse 1.
- **Resultaat:** 36% minder elektrisch/mechanische energie.
- Extra: Verminderde ondersteuningsverwarming voor nog meer besparing.



Resultaten van onderzoek

Scenario	A RV	B Kloktijden	C ODA	D OK classificatie	Generic/ Conventional Alle scenarios meegenomen	Ultra-Clean Alle scenarios meegenomen
Thermal (min-max)	33% (29%-39%)	41% (31%-49%)	53% (0%-67%)	0% (0%)		
Electrical /Mechanical (min-max)	0% (0%)	60% (47%-64%)	49% (0%-92%)	36% (0%-64%)		
Thermal (min-max)					78% (52%-85%)	78% (52%-85%)
Electrical /Mechanical (min-max)					93% (56%-99%)	82% (56%-99%)

Stappenplan:

Stap 1: Aanpassen kloktijden

Motivatie: weinig tot geen aanpassingen aan bestaande installatie(s).

Stap 2: Verruimen grenzen relatieve vochtigheid (advies TNO/TUe)

Motivatie: weinig tot geen aanpassingen aan bestaande installatie(s).

Stap 3: Reduceren ODA

Motivatie: niet mogelijk bij elke type luchtbehandelingsinstallatie – regelinstallatie, aanpassingen noodzakelijk aan bestaande installatie(s) (Investerings)

Stap 4: schakelen tussen OK classificatie

Motivatie: niet mogelijk bij elke type luchtbehandelingsinstallatie - regelinstallatie, aanpassingen noodzakelijk aan bestaande installatie(s) (Investerings)

Overwegingen bij aanpassingen

- Luchtbehandeling gaat **ook** over veiligheid/comfort medewerkers
- Luchtkwaliteit is multifactorieel
- Niet elk luchtbehandeling systeem kan 'zomaar' worden aangepast
- Het energiebesparingspotentieel is groot

Antwoord op de Urgenda vraag

Er is een (heel) groot energie besparing potentieel!

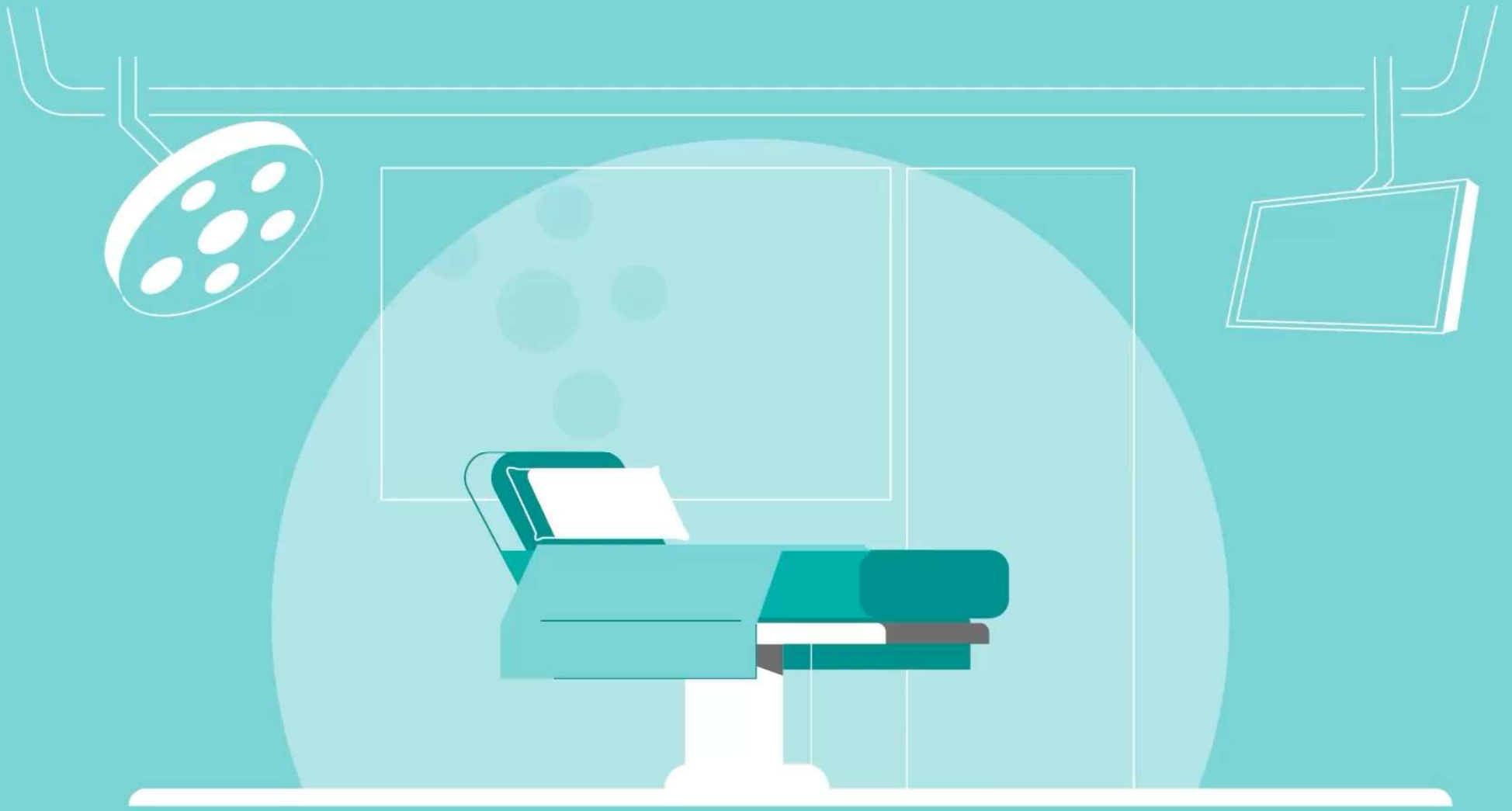
Als alle maatregelen uit dit onderzoek worden doorgevoerd kan er tussen de 78 - 93% bespaart worden op de energie vraag ten opzichte van de referentie situatie.

Nb 1. Hoe deze energie wordt opgewekt (Warmte Kracht Koppeling (WKK), Warmte Koude Opslag (WKO), stoom, groen stroom, restwarmte, stadsverwarming etc.) viel buiten dit onderzoek

Nb 2. Ons onderzoek geeft een representatief beeld van de Nederlandse ziekenhuizen. Bij de geselecteerde ziekenhuizen zijn verschillen typologieën luchttechnische installaties, warmte terugwinning systemen en OK classificaties meegenomen.

Deelresultaat 3 Communicatie en voorlichting naar ziekenhuizen

Stap 3 Communicatie





Begin met lezen >

Luchtbehandeling operatiekamers: veel
potentie voor energiebesparing

<https://degroeneok.nl/algemeen/luchtbehandeling-op-de-ok-hoe-groen-kan-het/>



Bedankt voor uw aandacht!

Vragen?