

Energie besparen in cleanrooms middels slimme regeltechniek



VDL cleanroom Eindhoven

Projectteam:

Rolf Hendriks
Edison 24
8071 RC Nunspeet

Henri van de Sande
Achtseweg Noord 5
5651 GG Eindhoven

Martin Derks
Van Heemstraweg 19a
6657 KD Boven Leeuwen



Datum: December 2014

In industrieën, zoals de farmaceutische-, elektronische- en voedingsindustrie, is het noodzakelijk om gedurende de productie bepaalde producten te beschermen tegen verontreinigingen. Dit beschermen gebeurt in stofarme ruimten. Vervuiling kan o.a. ontstaan door in de lucht zwevende deeltjes, die voor het oog onzichtbaar zijn; deze stofdeeltjes, bacteriën, kiemen e.d., worden in het algemeen aerosolen genoemd.

De NEN-EN-ISO 14644-1 1999 “stof- en kiemarme ruimten en omgevingen – Deel 1; indeling van luchtreinheid” uit januari 1999 is een Wereldwijde ISO-norm en kent 9 classificaties: ISO- klasse 1 t/m 9. Hierin staan zoals bekend het maximale aantal (stof)deeltjes per m³ lucht beschreven.

ISO 14644-1 Cleanroom Classification							
ISO Class	≥0.1µm (m ³)	≥0.2µm (m ³)	≥0.3µm (m ³)	≥0.5µm (m ³)	≥1.0µm (m ³)	≥5.0µm (m ³)	FED-STD-209e Class (FT ³)
ISO 5	100.000	23.700	10.200	3.520	832	29	100
ISO 6	1.000.000	237.000	102.000	35.200	8.320	293	1000
ISO 7				352.000	83.200	2930	10000
ISO 8				3.520.000	832.000	29300	100000
ISO 9				35.200.000	8.320.000	293000	-

Tabel 1 Maximale toelaatbare deeltjes/m³ (bron: ISO 14644-1 Cleanroom Classifications)

Het luchttechnische ontwerp wordt bepaald op basis van een stof-technisch, thermisch, en luchtbalans ontwerp. Het voornaamste doel van dit ontwerp is het onder controle houden van het aantal stofdeeltjes in de stofarme ruimten. De stofemissie in de ruimte is maatgevend voor de hoeveelheid toegevoerde lucht en de mate van stofvrijheid die hiermee haalbaar is. De grootste stofproducent in een cleanroom is de gebruiker zelf. Daarnaast blijkt een veelvoorkomend probleem in cleanrooms het tochtverschijnsel.

In de eerste fase zal het stoftechnische ontwerp worden uitgewerkt, welke bestaat uit de filterefficiëntie, hoeveelheid luchttoevoer en doorspoeling van de ruimte. Als dat eenmaal is vastgesteld zal de drukhiërarchie, geluid, technische opstelling en detaillering verder plaatsvinden.

Vraagstelling, cq. doelstelling

De vraag naar energie-efficiënte oplossingen in een cleanroom groeit gestaag, zo ook bij VDL Enabling Technologies. Om inzicht te krijgen in nieuwe technieken vanuit de Europese markt met betrekking tot energiebesparingen, hebben zij een cleanroom voor een testperiode ter beschikking gesteld. De doelstelling was om de aanwezige ISO-klasse (7) te waarborgen, het comfortniveau te verbeteren en de energieverbruik te verlagen. Er is door de betrokkenen veelvuldig buiten de denkkaders getreden, om zo efficiënt mogelijk te werk te gaan.



Fig. 1 Trias Energetica

Om de doelstelling te realiseren is zowel de werktuigbouwkundige als de regeltechnische installatie beoordeeld.

Inzicht in de installatie

De installatie beschikt over gescheiden kanalen, waarbij de lucht vanaf het hoofdkanaal, door gescheiden kanalen wordt toegevoerd aan separate modules en uiteindelijk de ruimte instroomt. Uiteindelijk stroomt de lucht weer de ruimte uit, middels retourroosters in de zijwand nabij de vloer.

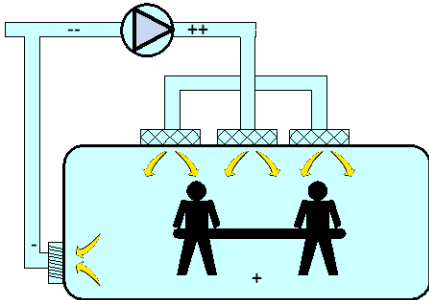


Fig. 2 Systeem met gescheiden kanalen

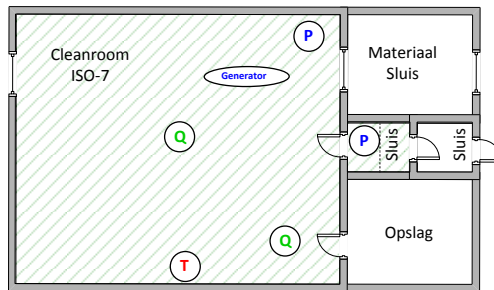


Fig. 3 Opstelling meetapparatuur cleanroom VDL Eindhoven

Er wordt dan ook wel gesproken over een turbulente-rijke ruimte (conventionele luchtstroom). De nadruk bij deze installatie ligt op de filtratie van de lucht. De schone lucht, die de ruimte instroomt, vermengt zich met de vervuilde lucht in de ruimte. Hierdoor neemt de hoeveelheid stofdeeltjes per m³ lucht af.

Voor de optimalisatie van de cleanroom zijn verschillende werktuigbouwkundige en regeltechnische werkzaamheden verricht zoals het installeren van frequentieregelaars ten behoeve van de ventilatoren voor een variabele luchtstroom, het plaatsen van deeltjestellers en het toepassen van Climotion software, welke geïntegreerd is in de DDC4200 regelaar van Kieback & Peter.

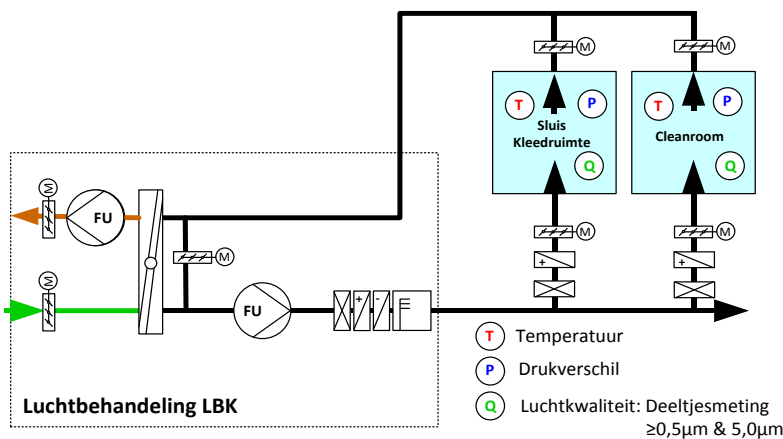


Fig. 4 Installatieprincipe (Climotion, Bosch)

De cleanroom wordt volledig geventileerd met minimale temperatuurstratificatie. Voor een optimale werking wordt 24/7 de vereiste overdruk, gewenste ruimtetemperatuur en het maximaal toelaatbare aantal airborne deeltjes bewaakt. In hoofdlijnen is koel- of verwarmingsbedrijf en luchtkwaliteitsbedrijf van toepassing. Door deze vraaggestuurde regeling, ontstaan aanzienlijke energiebesparingen tijdens rust en operationeel bedrijf in de cleanroom.

Aanvang van de proef

Kieback & Peter heeft de discipline in huis om de regelinstallatie te ontwerpen, samen te stellen, in bedrijf te stellen en te optimaliseren. Voor deze testopstelling is de bestaande regelinstallatie vervangen door regelapparatuur van Kieback & Peter, wat het hart is van de installatie. Alle toe-, en afvoerventilatoren werden voorzien van frequentieregelaars. Uiteindelijk is de regeltechnische installatie geïntegreerd en gevisualiseerd op het Kieback & Peter gebouwbeheersysteem.



Fig. 5 DDC4200 regelaar

De deeltjestellers van Lighthouse Benelux worden veelvuldig toegepast, waarbij “clean” absoluut een vereiste is. Voor deze testopstelling is o.a. gebruik gemaakt van twee R5102 deeltjessensoren welke input gaven aan de LBK regelaar.



Fig. 6 Particle Counter R5102

In de beide geclassificeerde zones zijn deeltjessensoren aangebracht voor de optimale regeling, met als doel besparing van energie, met behoud van vooraf gedefinieerde kwaliteitsparameters. Bij deze opstelling wordt, per zone, gebruik gemaakt van een drukverschil sensor, een temperatuur sensor en een deeltjessensor. Voor overdruk is gekozen voor handhaving van een verschil van 5 Pascal per zone. De gewenste temperatuur was 19°C en voor de deeltjesconcentratie is de prestatie eis van de cleanroom ISO-7 gehanteerd.

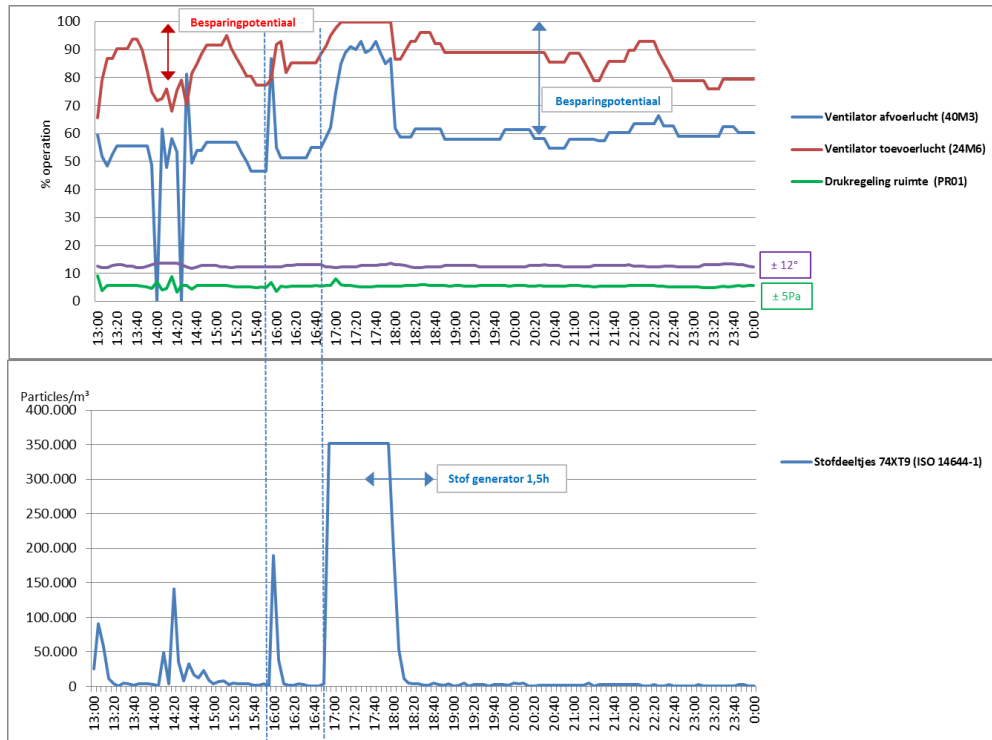
Om de installatie op proef te stellen is naast de dagelijkse operationele belasting ook een stofbron (aërosol generator ATM226) geplaatst welke dagelijks tussen 17:00 en 18:30u een constante deeltjesbelasting aanbrengt. In grafiek 1 is te zien dat de toe-, en –afvoer ventilatoren hierop reageren, met als doel het in stand houden van de uitgangsparemeters.



Fig. 7 Aërosol generator

Resultaten van de proef

Op grafiek 1 (woensdag 5 augustus) is te zien dat gedurende de dag de overdruk in de cleanroom t.o.v. de personeelssluis netjes 5 Pascal is gebleven met enkele schommelingen bij reactie van het regelsysteem op belasting (stof en dagelijkse gebruik). De stofbelasting geeft reactie op de klimaatregeling, waarbij de toe- en afvoerventilatoren in hun verbruik afgestemd worden op de gebruikersvraag.



Grafiek 1 Energiebesparing met instandhouding van de uitgangsparameters

De afvoerventilatoren hebben gemiddeld op 59% gedraaid en de toevoerventilatoren op een gemiddelde van 86%. Hierbij is vast te stellen dat de wensen/eisen van de eindgebruiker haalbaar zijn met minder energieverbruik door toepassing van de slimme vraaggestuurde regeling.

Bijlage 1. Installatietechniek

De bestaande luchtbehandelinginstallatie is uitgevoerd met een toevoerkast in combinatie met een recirculatiekast. Het gele tekstvak "aanpassen" geeft per situatie aan, welke aanvullende componenten benodigd zijn voor een goede werking van de toegepaste regelstrategieën.

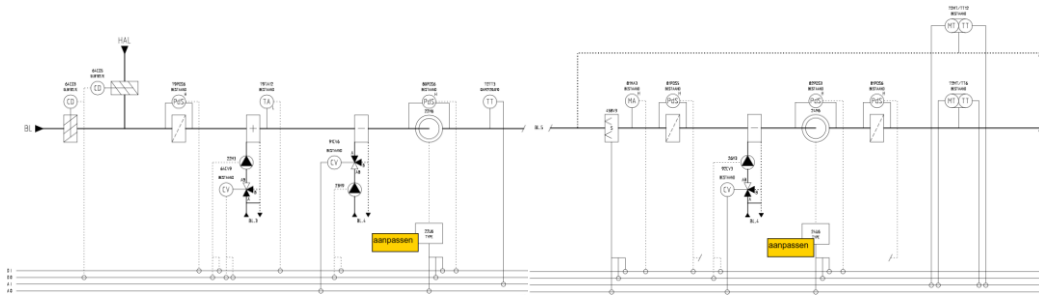


Fig. 9 Luchtbehandelingkast 1 en 2

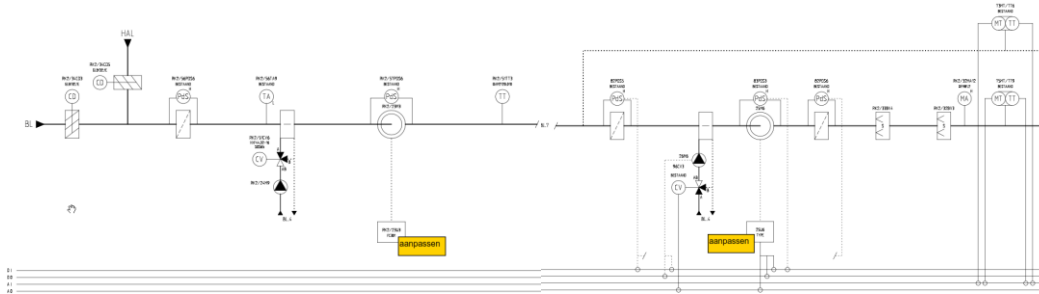


Fig. 10 Luchtbehandelingkast 4 en 3

In de clean room zijn twee separate afvoerventilatoren gesitueerd, welke voorzien zijn van een modulerende sturing. Daarnaast zijn Climotion drukopnemers, ruimtetemperatuur en deeltjesopnemers in de ruimte opgenomen.

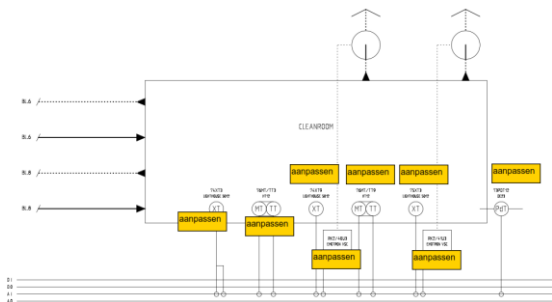


Fig. 11 cleanroom principeschema