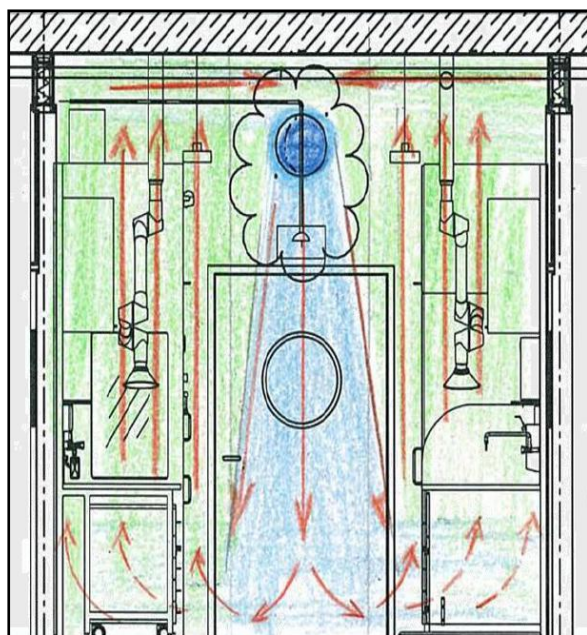


Op figuur 4.60 zien we hiervan een principeschets: de koude lucht wordt van boven naar beneden in de ruimte geblazen, de warme lucht wordt afgezogen aan de zijkant. Zo bekomen we een optimale luchtstroming en optimale luchtcondities voor de werknemers zonder onnodige koeling.



Figuur 4.60 Principe schets luchtstromingen Figuur 4.61 Toepassing in het PJRC

Zoals op figuur 4.61 te zien is, is dit reeds toegepast in de labo's van het PJRC. Boven de tafel zien we een extractie plenum waar de warme lucht afgezogen wordt. Aan de zijkanten wordt de warme lucht afgezogen door de trekkasten. De toevoer is boven de werkruimte voorzien. Soms wordt de luchtcirculatie getest d.m.v. rooktesten.

Mogelijke besparingen bij het gebruik van het HVAC-systeem

Trekkast gebruik

We proberen het luchtverbruik in de trekkasten te verminderen. Deze kan verwezenlijkt worden door het menselijk gedrag aan te passen. Een trekkast dient om de personen die ermee werken te beschermen tegen de gevormde gassen die in de trekkast ontstaan. Zo wordt geurhinder en irritatie vermeden.

Het luchtdebiet in de trekkasten kunnen we bepalen aan de hand van formule 4.7.

$$\text{Luchtdebiet} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = \text{Opening trekkast (m)} * \text{breedte(m)} * \text{luchtsnelheid} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \quad \text{Formule 4.7}$$

Volgens de voorschriften moet er een minimum luchtsnelheid onderhouden worden in de trekkasten, afhankelijk van het soort reacties die er gebeuren. Bij Janssen hanteren ze een gemiddelde luchtsnelheid van 0,5 m/s in de opening van de trekkast. Dit wordt verwezenlijkt door constante meting van de opening van de trekkast.

In functie van de meting worden de sturingskleppen gestuurd, waardoor het gewenste debiet stroomt. Als de trekkast verder open staat, zal er dan ook een groter debiet stromen om de gemiddelde snelheid van 0,5 m/s te behouden. Daarom is het belangrijk om de trekkasten zoveel mogelijk dicht te houden, zodat het minder luchtdebiet vraagt en we minder lucht moeten behandelen.

Lokaalgegevens:

- volume van 288 m³;
- minimum 8 luchtwisselingen per uur overdag (luchtdebiet van 2.304 m³/u);
- minimum 6 luchtwisselingen per uur 's nachts (luchtdebiet van 1.728 m³/u).

Trekkastgegevens:

- 8 trekkasten zijn aanwezig in één module;
- breedte 1,75 meter;
- maximale opening 60 cm (maximaal debiet 1.890 m³/u per trekkast);
- in minimale stand zuigen trekkasten 20% aan van maximum debiet (378 m³/u per trekkast).

We bekomen voor 8 trekkasten een maximaal debiet van 15.120 m³/u. Voor 8 trekkasten in de minimale stand bekomen we een luchtdebiet van 3.024 m³/u. Deze minimale stand heeft nog steeds een luchtdebiet dat groter is dan vereist.

We rekenen de potentiële besparing voor de vereiste luchtwisselingen uit van het slechtste geval naar het beste geval tijdens de dag en de nacht. In het beste geval kunnen een aantal trekkasten, waar niet in gewerkt wordt, afgezet worden.

Voor dag: $15.120 \frac{m^3}{u} - 2.304 \frac{m^3}{u} = 12.816 \frac{m^3}{u}$ en voor nacht: $15.120 \frac{m^3}{u} - 1.728 \frac{m^3}{u} = 13.392 \frac{m^3}{u}$

$$\left[13.392 \frac{m^3}{u} + 12.816 \frac{m^3}{u} \right] * 365 \frac{dagen}{jaar} * 12 \frac{u}{dag} = 114.791.040 m^3 \text{ lucht/jaar}$$

Via eerdere studie werd bepaald hoeveel energie er gemiddeld per jaar naar 1000 m³ lucht gaat voor de energievoorziening. Zo bekomen we:

- Recuperatiebatterij: 17.645 kWh energieverbruik van een jaar lang 1000 m³/u lucht (rondpompen water)
- Verwarmingsbatterij: 20.716 kWh energieverbruik van een jaar lang 1000 m³/u lucht
- Koelingsbatterij: 2.228 kWh energieverbruik van een jaar lang 1000 m³/u lucht
- Ventilators en pompen: 9.726 kWh energieverbruik van een jaar lang 1000 m³/u lucht
- Stoom: 13.511 kWh energieverbruik van een jaar lang 1000 m³/u lucht

Zo bekomen we een totaal van 63,826 kWh energieverbruik van een jaar lang 1000 m³/u lucht. Dit resulteert in $7,29 * 10^{-6}$ MWh per m³ lucht.

Hoeveelheid energiebesparing per medicinale chemielabo:

$$114.791.040 \frac{m^3 \text{ lucht}}{jaar} * 7,29 * 10^{-6} * \frac{MWh}{m^3 \text{ lucht}} = 836,38 \frac{MWh}{jaar}$$

De besparing die we kunnen verwezenlijken in heel het gebouw (20,5 gelijkaardige labo's) is dan 17.145,71 MWh/jaar.

Rekenen we nu uit wat de besparing is t.o.v. de huidige situatie. Gemiddeld staan de trekkasten overdag 30 cm en 's nachts 20 cm open. Dit resulteert in een debiet in het lokaal overdag van 7.560 m³/u en 's nachts van 5.040 m³/u.

De besparing die nog mogelijk is, wordt als volgt bepaald:

Voor dag: $7.560 \frac{m^3}{u} - 2.304 \frac{m^3}{u} = 5.256 \frac{m^3}{u}$ en voor nacht: $5.040 \frac{m^3}{u} - 1.728 \frac{m^3}{u} = 3.312 \frac{m^3}{u}$

$$\left[3.312 \frac{m^3}{u} + 5.256 \frac{m^3}{u} \right] * 365 \frac{dagen}{jaar} * 12 \frac{u}{dag} = 37.527.840 m^3 \text{ lucht/jaar}$$

Hoeveelheid energiebesparing per medicinale chemielabo:

$$37.527.840 m^3 \frac{lucht}{jaar} * 7,29 * 10^{-6} * \frac{MWh}{m^3 \text{ luch}} = 273,43 MWh/jaar$$

De besparing die we kunnen verwezenlijken in heel het gebouw is dan 5.605,32 MWh/jaar.

Deze besparing kunnen we verwezenlijken door:

- menselijk gedrag aanpassen (sluiten trekkasten);
- automatisch sluiten van de trekkast (sensoren);
- afschakelen van niet gebruikte trekkasten;
- kleinere luchtsnelheid gebruiken (indien mogelijk);
- betere verdeling van de luchtsnelheid (minimum in heel oppervlakte).

Het uitschakelen van de trekkasten willen we bij Janssen niet toepassen om veiligheidsredenen. Iemand kan vergeten de trekkast op te zetten als er terug in gewerkt wordt. Een automatisch detectiesysteem kan hier eventueel helpen.

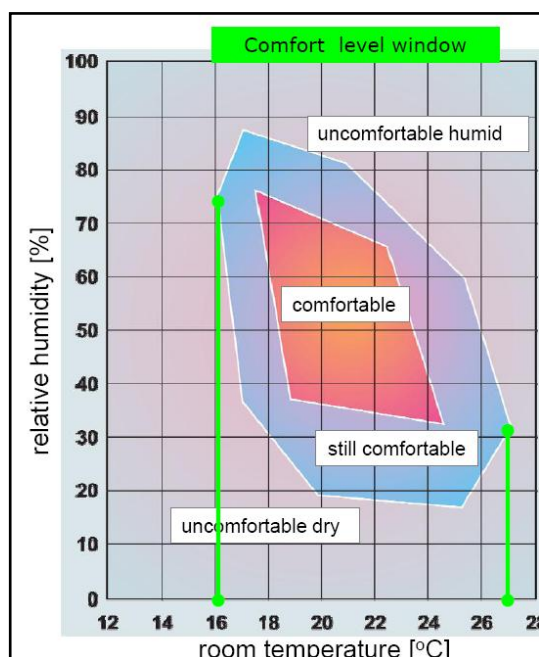
We zien dat er al een enorme energiebesparing (11.540,38 MWh/jaar) gebeurd is t.o.v. de vorige situatie. Hieruit kunnen we concluderen dat de trekkasten een enorme energieverbruiker zijn en dat we ons hierop zeker moeten focussen om verdere energiereductie te verwezenlijken.

Set-point instellen

Het set-point is de streefwaarde voor het HVAC-systeem waardoor de optimale luchttoestand voor de werknemers aanwezig is. We kunnen op bepaalde tijdstippen het set-point wat aanpassen zodat er minder energie gevraagd wordt van het HVAC-systeem. Zo kunnen we verschillende set-points instellen voor dag en nacht, week en weekend en warme en koude perioden.

In de nacht en het weekend wordt het labo meestal niet gebruikt waardoor we het set-point kunnen verlagen. In warme periodes kunnen we het set-point iets verhogen, in koude periodes kunnen we het set-point iets verlagen. Mensen passen zich aan aan de algemene weerstoestand waardoor hun gevoelstemperatuur mee evolueert.

We moeten er op letten dat de luchttoestand in de comfortzone blijft. Deze wordt aangegeven in figuur 4.62. Hierbij is geen rekening gehouden met de luchtsnelheid die ook een invloed heeft op de comfortzone.



Figuur 4.62 comfortzone

Een temperatuursverschil van 1°C betekent in ons HVAC-systeem een besparing van 60,24 kWh/uur warmte in de luchtbehandeling AA01. Een constant vochtigheidsverschil van 1% bij een ruimtetemperatuur van 20°C komt overeen met 24,10 kWh/uur.

Het set-point voor de temperatuur is als volgt geregeld:

- Dag: verwarmen tot 20°C, koelen vanaf 22°C
- Nacht: verwarmen tot 18°C, koelen vanaf 25°C

Onze set-point van de vochtigheid:

- Dag en nacht: bevochtigen vanaf 45%, geen ingestelde ontvochtiging

Bevochtiging zou eventueel kunnen vanaf 35% terwijl je nog steeds in de comfortzone blijft. Dit is een verschil t.o.v. het huidig systeem van 10%. Via het Mollier diagram (bijlage 6) bekommen we dat er 2773 uren bevochtigd wordt tussen 35% en 45%. Voor heel het gebouw (3 gelijkaardige luchtinstallaties) betekent dit een besparing van 668,19 MWh/jaar.

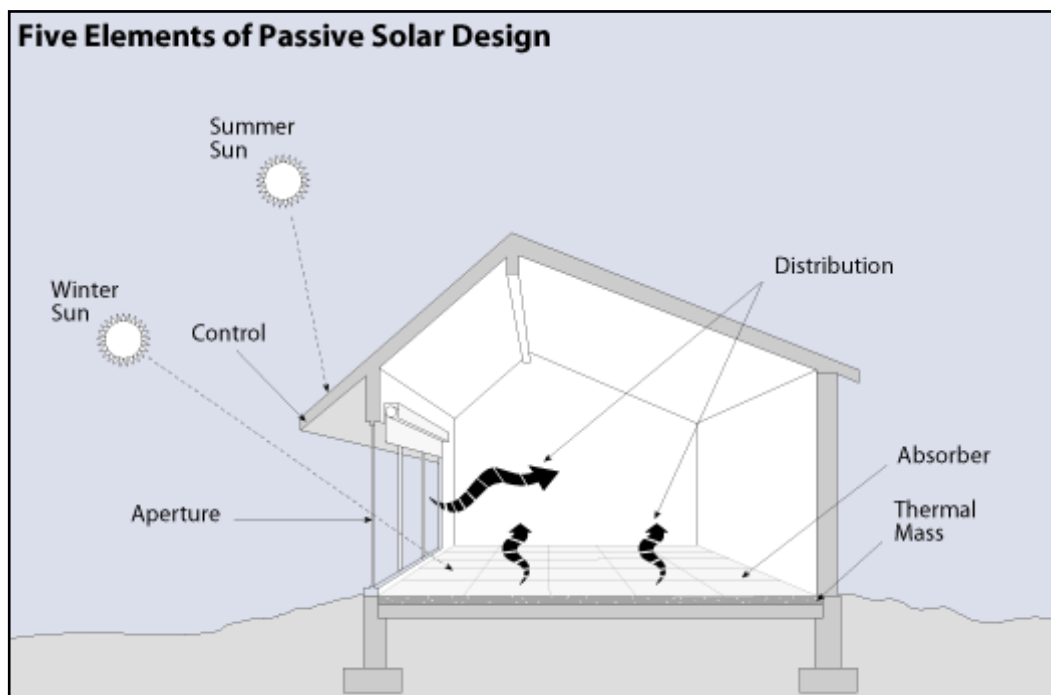
Kantoorruimtes scheiden van labo

Omdat de vraag in de kantoorruimtes anders is dan in de labo's moeten we proberen deze apart te behandelen. Bij het PJRC wordt dit toegepast door de afvoer van de lucht in kantoorruimtes langs de labo's te voorzien.

4.5.3.3 Design gebouw

Schaduwtechnieken

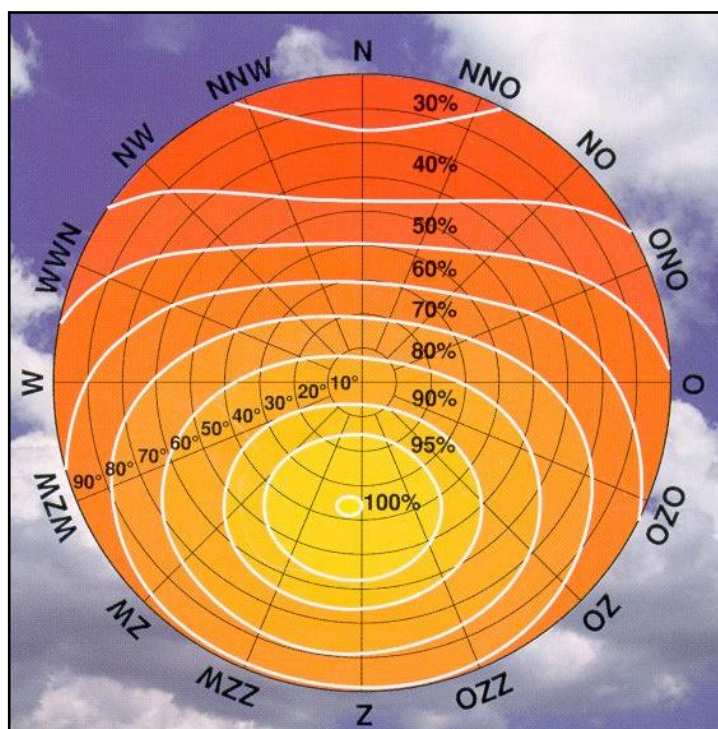
Via schaduwtechnieken proberen we de zonnearmte buiten te houden in de zomer en binnen te brengen in de winter (zie figuur 4.63). Hierbij moet men rekening houden met de bestaande interne warmtelast van de betreffende ruimte.



Figuur 4.63 Gebruik zonlicht en zonnewarmte

De zon straalt 1000 W/m^2 aardoppervlak, gemiddeld zijn er 1000 uren zonneshijn. Dit komt overeen met een energiehoeveelheid van 1 MWh/m^2 per jaar.

Met behulp van de technische tekeningen berekenen we de oppervlakte van de zuidkant van het gebouw, deze is gelijk aan 546 m^2 . Via de grafiek van figuur 4.64 bekomen we, voor een oriëntatie naar het zuiden en een hoek van 90° met het aardoppervlak, 70% zonlichtinval.



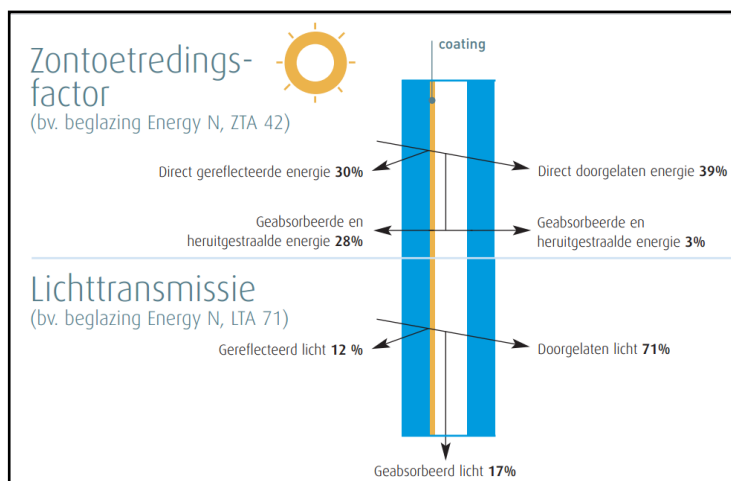
Figuur 4.64 Percentage zonlicht inval afhankelijk van oriëntatie

70 % van dit zonlicht wordt door het standaard dubbelglas doorgelaten. We bekomen zo een besparing van:

$$\text{Inval in lokalen zuidkant} = \frac{1 \text{ MWh}}{\text{m}^2} * 546 \text{ m}^2 * 0,7 * 0,7 = 267,54 \text{ MWh per jaar}$$

Het licht van de zon wordt ook gebruikt als verlichting van het gebouw, hierbij moeten we wel vermijden dat het zonlicht hinder veroorzaakt bij de werknemers.

Het zonnewerend glas gebruikt in het PJRC laat 39% van de zonne-energie door. Zo komen we tot een extra mogelijke besparing van 149,06 MWh/jaar.



Figuur 4.65 Zonnewerend glas (AGC, s.a.)

Oriëntatie

Door een juiste oriëntatie kan licht en warmtestraling van de zon benut worden of juist zorgen voor extra warmtelast. In ons gebouw ligt het bioscience labo aan de noordkant en het medicinale chemie en analytische labo aan de zuidkant.

Het analytisch labo is hierbij niet optimaal geplaatst omdat dit labo de grootste interne warmtelast heeft die afkomstig is van de grote plug load. Bovendien zijn er in dit labo minder interne luchtwisselingen. De zonnewarmte verhoogt nog de warmtelast waardoor de benodigde koeling stijgt. Dit labo zou dus beter aan de noordkant liggen.

In het medicinale chemielabo wordt de extra zonnewarmte door de grotere luchtwisselingen weggezogen.

Het bioscience labo aan de noordkant is wel goed geplaatst. Er zijn minder luchtwisselingen waardoor, indien aan zuidkant, de zonnewarmte de interne warmtelast en dus de benodigde koeling zou verhogen.

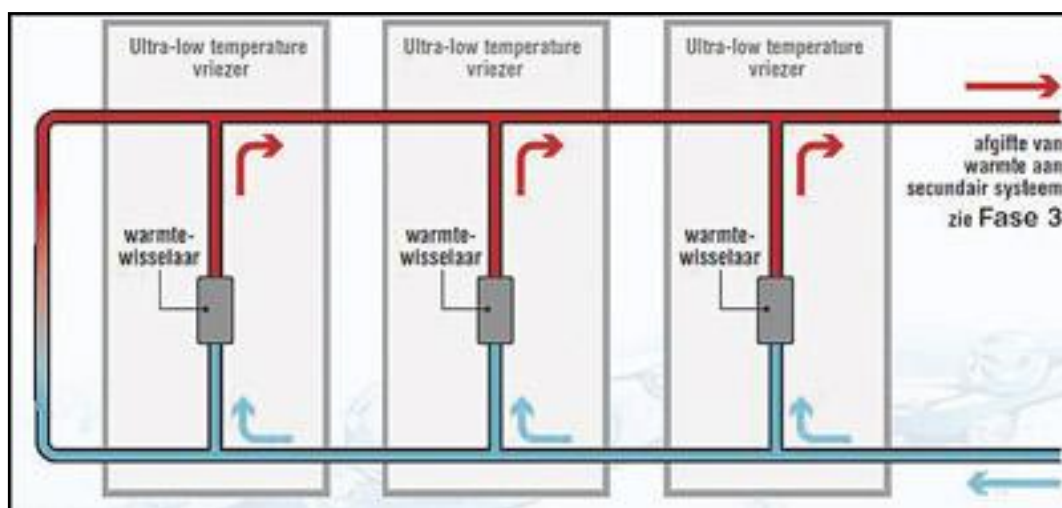
Optimale plaatsing ruimtes

Om warmteverliezen te voorkomen is het best om koude ruimtes zoals koelkamers en koude apparatuur zoals vriezers te scheiden van warmere ruimtes en ovens.

4.5.3.4 Verbeteringen afgeleid uit de meetresultaten

Benutten warmte vriezers

In de vriezer wordt via een koelcyclus warmte van in de vriezer onttrokken door een verdampers en naar buiten afgevoerd via een condensor. Dit is het principe van een warmtepomp. Deze warmte kan gebruikt worden om water op te warmen of kan in andere processen gebruikt worden. (figuur 4.66)



Figuur 4.66 Recuperatie van warmte uit de condensor (LabVision, 2011)

Een ander voordeel is het verminderen van de warmtelast in de ruimte waar deze vriezers zijn opgesteld. De warmte van de condensor wordt immers hergebruikt voor het opwarmen van water. Koeling van de ruimte vraagt dan ook veel minder energie.

Wanneer de vriezer op temperatuur is, is de warmte die onttrokken wordt uit de vriezer afkomstig van de ruimte er rond. Deze warmte zorgt dus niet voor een grotere interne warmtelast omdat ze al onttrokken is uit de ruimte. De extra interne warmtelast is afkomstig van de toegevoegde elektrische energie.

Door deze techniek wordt tot 30% van de geproduceerde warmte overgedragen aan het water in de condensor. We bekomen nog een extra besparing omdat deze vriezers efficiënter werken door de betere koeling van de condensor. Dit resulteert nog eens in een besparing op het elektrische verbruik van 30%. (LabVision, 2011)

De totale elektrische energie van de vriezers is gemeten. In het gebouw zijn er 38 ULT-vriezers aanwezig (waarvan 19 in stand-by) en 47 gewone vriezers (waarvan 8 in stand-by). De ULT-vriezers in stand-by verbruiken evenveel als de vriezers in normale werking, de gewone vriezers in stand-by zijn gewoon uitgeschakeld. Het totaal elektrisch verbruik van de vriezers in het gebouw is 177,23 MWh/jaar.

De gemiddelde COP-factor van de vriezers is 4,5. We houden rekening met de COP-factor voor de 30% van de geproduceerde warmte. Voor de besparing van het elektrisch verbruik rekenen we enkel het elektrische uit.

Zo bekomen we:

$$\text{Energie besparing} = 177,23 * 4,5 * 30\% (\text{warmte}) + 177,23 * 30\% (\text{bespaarde elektriciteit}) = 292,42 \text{ MWh}$$

Analytische toestellen

Eerder werd reeds vermeld dat deze toestellen continu in werking zijn. Het afzetten van een toestel is economisch rendabel indien het toestel langer dan 50 jaar kan afgezet worden. Deze strategie kunnen we dan ook niet toepassen.

Een betere planning van het gebruik en de bezettingsgraad van deze toestellen kan wel toegepast worden. Een maat om te meten hoe efficiënt het toestel gebruikt wordt in de labo's, is het aantal stalen getest per toestel.

Mogelijke verbeteringen door juiste toestellenpolitiek:

- optimaal benutten van de bestaande toestellen;
- in ploegensysteem werken;
- gedrag van de mensen sturen bij het gebruik van de toestellen;
- Een aantal efficiëntere toestellen gebruiken.

Het ploegensysteem draagt bij tot minder toestellen. Aangezien nu alle mensen op hetzelfde uur aanwezig zijn, moeten ze allemaal een toestel ter beschikking hebben. In een ploegensysteem werken de helft mensen tegelijkertijd en zijn er ook minder toestellen nodig. De verlichting zou in dit geval wel langer aanblijven.

Er zijn een aantal toestellen die gelijkaardig werk doen maar verschillen in snelheid van werken. Het verbruik van de toestellen blijft echter hetzelfde. Als een aantal trage toestellen door één snel toestel worden vervangen, zijn er dus een aantal toestellen bespaard.

Via opzoekingswerk, metingen en rondvraag bekomen we dat er 5 toestellen vervangen konden worden door één sneller toestel. Het verbruik van de analytische toestellen zijn in een eerder hoofdstuk bepaald. We bekomen zo een besparing van 59,57 MWh/jaar.

Extra kosten bij het invoeren van deze vervanging zijn de aankoopkost van een nieuw UPLC-toestel met nieuwe software en de trainingskost voor de werknemers. De labo-opstelling moet eveneens aangepast worden omdat bestaande toestellen aan elkaar gelinkt zijn. Dit maakt het moeilijk om hier een UPLC tussen te schakelen.

Energiezuinigere vriezers

Er werd gekeken naar nieuwe energiezuinigere ultravriezers en gewone vriezers.

Zo vonden we volgende vriezers:

- Bosch GSN 40AW40 (-20°C, 190 kWh/jaar, 330l, €1.800)
- Bosch GSN 40A32 (-20°C, 286 kWh/jaar, 330l, €900)
- MDF-U700VX SANYO (-80°C, 6.460,5 kWh/jaar, 728l, €13.000)

Onze vriezers:

- BOSCH economic (-20°C, 613,2 kWh/jaar, 200l, €500)
- GRAM - 3343 (-20°C, 594,95 kWh/jaar, 200l, €500)
- FORMA 906 (-80°C, 6.701,4 kWh/jaar, 651,3l, €10.788)
- FORMA 907 (-80°C, 7.900 kWh/jaar, 792,8l, €12.202)

Het jaar van prijsbepaling is 2011. In tabel 4.45 vinden we de elektriciteitsbesparingen rekening houdend met de inhoud van de vriezer als we de oude vriezers door de nieuwe vervangen.

Tabel 4.45 Elektrische energiebesparing vriezers

Naam nieuwe vriezer	Energieverbruik/jaar per liter (1)	Gemiddeld oude vriezer (2)	Besparing (2-1)* inhoud	Terugverdientijd
Bosch GSN 40AW40	0,58 kWh/l	3,06 kWh/l	818,40 kWh/jaar	> 100 jaar
BOSCH GSN 40A32	0,87 kWh/l	2,97 kWh/l	693 kWh/jaar	10 jaar
MDF-U700VX SANYO	8,87 kWh/l	10,29 kWh/l	1.033,76 kWh/jaar	17 jaar

De terugverdientijd is berekend op basis van de meerkost van een nieuwe aankoop die nodig is en de energiebesparing die ermee mogelijk is. Hierbij is rekening gehouden met een elektriciteitsprijs van 0,08 €/kWh, prijsstijging van elektriciteit van 3%/jaar en een interest van 10% zoals op formule 4.8 te zien is.

*Kostenbesparing per jaar = Elektriciteitsbesparing * prijs elektr * SVP*

Formule 4.8

$$\text{Met } SVP = \left(\frac{1}{1+\text{interest}} \right)^{\text{aantal jaar}}$$

We zien dat de SANYO ULT-vriezer en BOSCH GSN 40A32 zichzelf op een redelijke termijn terugverdienen. Deze worden aangeraden aan Janssen Pharmaceutica.

De terugverdientijd zal nog verminderen indien de prijs beter onderhandeld wordt. Er is nog geen rekening gehouden met de energie die bespaard wordt door de kleinere warmtelast in de ruimte. Hierdoor zal de werkelijke terugverdientijd nog kleiner zijn.

In het gebouw zijn 38 ULT-vriezers aanwezig (waarvan 19 in stand-by) en 47 gewone vriezers (waarvan 8 in stand-by). De totale jaarlijkse elektriciteitsbesparing die verwezenlijkt kan worden door alle oude vriezers te vervangen door deze nieuwe vriezers is 51,56 MWh/jaar. Deze besparing is uitgerekend met veronderstelling dat vriezers in stand-by geen energie verbruiken. Er is dus nog een iets grotere besparing mogelijk aangezien ze in stand-by nog wel energie verbruiken.

Door minder ULT-vriezers in stand-by te zetten kan er nog een grotere besparing verwezenlijkt worden maar dit is niet mogelijk omwille van de vereiste beschikbaarheid van de extra ULT-vriezers.

Verlichting

Toegepaste technologieën:

- daglichtregeling (dimmen in functie van daglicht, 0 – 9% besparing);
- aanwezigheidsregeling (uitschakelen als er een half uur geen beweging is, 10 - 19% besparing);
- elektronische ballasten (20% besparing).

Mogelijke verbeteringen:

- beter afstellen sensoren;
- ter plaatse het licht controleren (gebruiken van lichtschakelaars in combinatie met het domoticasysteem);
- beïnvloeden van het gedrag van de werknemers in de ruimte (zelf licht uitschakelen);
- kuisploeg overdag laten kuisen (dit is echter geen optie);
- opsplitsen in kleinere ruimtes die apart regelbaar zijn.

De bewegingssensoren schakelen de verlichting in gedurende minstens een half uur nadat ze beweging detecteren. Deze tijd kan vermindert worden, waardoor het licht sneller uitgaat nadat iedereen de kantoormuimte verlaten heeft.

Er kan een betere regeling van de gevoeligheid en het detectiegebied van de bewegingssensor gebeuren om ongewenst inschakelen van de verlichting te vermijden.

Eigen voorstel: jaarlijks aanpassen en bijregeling van het domoticasysteem a.d.h.v. navraag en controle in de kantoormuimtes en labo's. Dit zou ongeveer 5% van het huidig lichtverbruik kunnen verminderen. Dit komt overeen met een halfuur verlichting per dag.

Uit de metingen blijkt het totaal verbruik van de verlichting van 222,73 MWh/jaar. We bekomen dus een besparing van 11,39 MWh/jaar.

4.5.3.5 Andere

Cogen

Er loopt momenteel een project om een cogen (warmtekrachtkoppeling) te installeren in het gebouw naast het PJRC. Deze cogen zou het gebouw voorzien van warm water en elektriciteit. Er zijn twee installaties geselecteerd, het project is geschat op 2,1 miljoen euro.

Jaarlijkse energie beide installaties:

- Input brandstof: 22.263,2 MWh/jaar
- Thermische energie: 9.988,8 MWh/jaar
- Elektrische energie: 8.593,2 MWh/jaar

Voor site NZEB geeft dit:

$$\text{Besparing op negatieve energie} = \frac{9.988,8}{0,9} + 8.593,2 - 22.263,2 = -2.571,33 \text{ MWh per jaar}$$

Voor source NZEB geeft dit:

$$\text{Besparing} = \text{Elektrische besparing} * 2,45 + \text{Gasbesparing} * 1 - \text{Gasverbruik cogen} * 1$$

$$\text{Besparing} = 8.593,2 * 2,45 + \frac{9.988,8}{0,9} * 1 - 22.263,2 * 1 = 9.888,81 \text{ MWh per jaar}$$

Menselijk gedrag aanpassen

Een grote factor bij het realiseren van energiereductie is het menselijk gedrag, door controleren, motiveren en informeren van de werknemers kunnen we dit sterk beïnvloeden. Dit gedrag bepaald bijvoorbeeld of de trekkasten open blijven staan of niet, of men de computers laat opstaan, of men het licht laat branden, etc.

Bij Janssen zijn we erin geslaagd om het verbruik van HVAC met 30% te doen dalen, doordat de werknemers de trekkasten sneller en vaker dichtdoen. Eerst werden allerlei methodes toegepast om het energieverbruik zichtbaar te maken maar dit hielp niet. Een eenvoudig systeem leidde tot deze besparing, hierbij werd in de labo's zelf een groene hand bevestigd voor goed gedrag en een rode hand voor slecht gedrag.

4.5.3.6 Overzicht

Tabel 4.46: Overzicht van de besparingen

Wat	Hoeveel besparing (MWh/jaar)	Procent besparing (t.o.v. totaal energieverbruik)
HVAC		
<u>Productie</u>		
Batterijbesparing	496,04 MWh	1,13 %
Adiabatisch koelen	329,94 MWh	0,75 %
Koelwater koelen met koude buitenlucht	8,95 MWh	0,02 %
Recirculatie van de lucht	/	/
Frequentiesturing	/	/
Optimale regeling HVAC	/	/
<u>Distributie</u>		
Ontwerpen van leidingen	/	/
Plaatsing toe- en afvoer	/	/
<u>Consumptie</u>		
Trekast gebruik	5.605,32 MWh	12,72 %
Set-point instellen	668,19 MWh	1,51 %
Kantoorruimtes scheiden van labo's	/	/
Design gebouw		
Schaduwtechnieken	149,06 MWh	0,34 %
Oriëntatie gebouw	/	/
Optimale plaatsing ruimtes	/	/
Verbeteringen afgeleid uit de meetresultaten		
Benutten warmte vriezers	292,42 MWh	0,66 %
Analytische toestellen	59,57 MWh	0,14 %
Energiezuinige vriezers	51,56 MWh	0,12 %
Verlichting	11,39 MWh	0,03 %
Andere		
Cogen in gebouw bij site NZEB	-2.571,33 MWh	/
Cogen in gebouw bij source NZEB	9.888,81 MWh	22,43 %
Menselijk gedrag aanpassen	/	/
Totaal		
Totale besparing mogelijk:	17.561,25 MWh	39,84 %

De percentages zijn bekomen door de energiebesparing te bekijken t.o.v. het totale energieverbruik van het gebouw zoals het bij site NZEB staat (44.078,69). Een cogen kan bij een site NZEB geen energiebesparing verwezenlijken. Dit omdat de verliezen in het gebouw zelf gebeuren. Bij een source NZEB verwezenlijkt dit wel een besparing omdat het t.o.v. de bron gerekend, voordeliger is. We besparen elektriciteit uit met een factor 2,45 voor opwekking en transport. Voor warm water is er een besparing met factor 1,11 voor opwekking.

De totale besparing is 39,84% van het totaal energieverbruik van het gebouw (gerekend met site NZEB). Bij een site NZEB zouden we dus 39,84% van het negatieve energieverbruik compenseren.

4.5.4 Stap 3: positieve energieopwekking (hernieuwbare energie)

4.5.4.1 Inleiding

We geven aan hoeveel hernieuwbare energie we moeten opwekken om de negatieve energie van site en source NZEB te compenseren.

4.5.4.2 Zonnethermische systemen

We behandelen eerst zonnethermische systemen omdat deze meer energie per oppervlakte opwekken dan zonnepanelen. Daarna kijken we hoeveel extra zonnepanelen er nog nodig zijn.

We veronderstellen dat we al het warm water (geen heet water) in het PJRC kunnen opwarmen met zonneboilers. Dit geeft een maximale opwekking van 51.456,54 MWh/jaar (57.173,93 MWh/jaar aardgas met rendement van 90%) m.b.v. zonnecollectoren geplaatst op en rond PJRC.

Zonnecollectoren brengen gemiddeld 390 kWh/m² per jaar op (BIM, 2009, p2). Het dakoppervlakte van ons gebouw is 4.200 m². Hiervan is 20% niet bruikbaar omdat er zonnepanelen staan en extractieventilatoren. Zo bekomen we dat er 3.360 m² gebruikt kan worden. Stel dat we deze volledige oppervlakte kunnen bedekken met zonnecollectoren dan bekomen we een opwekking van 1.310,4 MWh/jaar.

We kunnen nog warm water genereren door één of meerdere 'batch heaters' naast het gebouw te zetten (figuur 4.67). Dit is een goedkope, simpele techniek die in warme klimaten efficiënt toegepast kan worden. We gebruiken deze oppervlakte echter om zonnecollectoren te plaatsen.

De bruikbare oppervlakte rond het gebouw bedraagt 1.280 m². Met zonnecollectoren bekomen we zo een opwekking van 499,2 MWh/jaar.

Onze totale thermische zonne-installatie wekt zo 1.809,6 MWh/jaar op.



Figuur 4.67 Batch heater

4.5.4.3 Geothermische energie

Dit is al uitgezocht door de medewerkers van WWE&TO en is niet haalbaar voor onze site in Beerse.

4.5.4.4 Windmolen

Een windmolen is een goede oplossing om tot een NZEB te komen, deze is zelfs effectiever dan het plaatsen van zonnepanelen. Op de site in Beerse is het plaatsen van een windmolen moeilijk omdat deze site omringt is door woon- en villawijken, de slagschaduw en het geluid van de wieken kan de bewoners hinderen. Het mogelijk bruikbare gebied is weergegeven op figuur 4.68.



Figuur 4.68 Plaatsing windmolen

Het donkergrijze is de Beerse-site van Janssen Pharmaceutica, de zwarte lijnen zijn 200 meter lang en bepalen het gebied van de slagschaduw, de zwarte zone bepaald het bruikbare gebied. Er zijn een aantal bezwaren die de installatie van een windmolen op de site praktisch onmogelijk maken zoals de minimale hoogte nodig voor voldoende rendement, de grote ruimte nodig voor de funderingen en mogelijk plaatsgebrek voor de installatie van kranen en toegangswegen naar de windmolen.

Site NZEB:

We hebben al een opwekking van 1.809,6 MWh/jaar via de zonnecollectoren en 5,19 MWh/jaar via de bestaande zonnepanelen. De totale compensatie die nog nodig is bedraagt 42.062,83 MWh/jaar (44.078,69 – 1.809,6/0,9 – 5,19). We gebruiken het verbrandingsrendement van 90% om de hoeveelheid aardgasbesparing uit te rekenen omdat het warm water lokaal wordt opgewekt.

Om deze energie op te wekken moeten we 7 windmolens van 3 MW plaatsen.

Berekeningen:

$$\text{Vermogen windmolens} = \frac{\text{Energie nodig}}{2050 \text{ uren}} = \frac{42.062,83}{2050} = 20,52 \text{ MW}$$

Een windmolen werkt gemiddeld tussen 1800 en 2300 uren per jaar op nominaal vermogen. (BIM, 2009, p3). We rekenen met 2050 uren.

Source NZEB:

Voor een source NZEB moeten we 54.978,06 MWh/jaar (57.001,45 – 12,72 – 1.809,6/0,9) compenseren. Met een site-to-source factor voor elektriciteit van 2,39 komt het aantal windmolens van 3 MW op 4 stuks.

In 2002 waren er concrete plannen om op de site van Geel een windmolen te plaatsten. Deze site is uitstekend geschikt en biedt voldoende ruimte. De site is gelegen in industriegebied en langs het kanaal met voldoende wind. De vergunning voor de

start ervan bleef echter uit en het project werd afgeblazen. Op dit ogenblik heeft men plannen om dit project terug op te starten.

4.5.4.5 Hydro-elektriciteit

Niet beschikbaar omdat er geen rivier of zee in de nabije buurt is.

4.5.4.6 Biomassa

We kunnen biomassa gebruiken om elektriciteit op te wekken of warm water te genereren. Bemerken we hierbij dat biomassa een off-site bron is waardoor de klasse van NZEB lager is.

We gebruiken bio-afbreekbaar afval. Zo bekomen we een rendement van 25% voor het opwekken van elektriciteit en een rendement van 80% voor warm water opwekking. (Peeters, 2006, bijlage I en II)

We gebruiken 51.456,54 MWh/jaar warm water (aardgasverbruik * 90%) in het gebouw waarvan al 1.809,6 MWh/jaar opgewekt wordt door zonnecollectoren. Deze hoeveelheid warm water kan ook aan de omliggende gebouwen geleverd worden ter compensatie van de negatieve energie. Indien het warm water niet voor de volledige compensatie kan zorgen, kan de rest gecompenseerd worden door elektriciteitsgeneratie.

Site NZEB

Voor een site NZEB moeten we nog 42.062,83 MWh/jaar compenseren (zonneboiler reeds toegepast). Dit kan volledig met warm water gebeuren aangezien er nog 49.646,94 MWh/jaar (57.173,93 aardgas met 90% rendement – 1.809,6 van zonneboiler) warm water kan opgewekt worden m.b.v. biomassa in het PJRC.

Het water wordt lokaal opgewekt en we moeten 37.856,55 MWh/jaar warm water opwekken om 42.062,83 aardgas te compenseren (verbrandingsrendement van 90%) aangezien het warm water in het gebouw zelf wordt opgewekt.

We moeten dus 47.320,68 MWh/jaar (37.856,55 MWh/jaar gedeeld door het verbrandingsrendement van 80%) biomassa aankopen voor warm waterproductie om een site NZEB te bekomen.

1 kg hout of ander droog biologisch materiaal gebruikt als biomassa heeft een energie-inhoud van ± 19 MJ (of 5,27 kWh) (ODE-vlaanderen, 2012, p4). We moeten hiervoor dus 8.979,26 ton biomassa verbranden.

Source NZEB

Voor een source NZEB moeten we 54.978,06 MWh/jaar (57.001,45 – 12,72 - 1809,6/0,9) compenseren. Voor warm water gebruiken we een verbrandingsrendement van 90% omwille van verliezen bij opwekking (hier zelfde als site). We bekomen dat we met al het warm water 55.163,26 MWh/jaar opbrengen. We kunnen dus alles compenseren met warm water.

Zo bekomen we via verbrandingsrendement van 90% dat er 49.480,25 MWh/jaar warm water moet opgewekt worden om een source NZEB te compenseren. Dit komt overeen met 61.850,32 MWh/jaar (verbrandingsrendement van 80%) biomassa, of 11.736,30 ton.

Rekenen we nu uit voor elektriciteit:

$$8026 * 2,45 \text{ (lokaal gebruikt)} + X * 2,39 \text{ (terug naar net)} = 54.978,06 \text{ (compensatie nodig)}$$

$$X = 14.775,88$$

$$\text{Totale elektriciteit} = X + 8026 = 22.801,88 \text{ MWh/jaar}$$

Als we alle biomassa voor elektriciteit (met opwekkingsrendement van 25%) hadden gebruikt, verkregen we 91.207,52 MWh/jaar biomassa per jaar. Er is dus meer biomassa nodig als we er elektriciteit mee opwekken, omwille van het lagere rendement bij opwekking.

De biomassa kan best van een lokale bron komen. Eventueel kan een WKK-installatie gebruikt worden, gevoed door biomassa. Hiermee bekomen we hogere rendementen.

4.5.4.7 Zonnepanelen

Als we geen off-site NZEB willen bekomen, moeten we gebruik maken van zonnepanelen i.p.v. biomassa. Hier wordt berekend welke oppervlakte er extra nodig is om de zonnepanelen te installeren.

Op dit moment hebben de meeste geïnstalleerde zonnepanelen een opbrengst van 119 kWh/m² per jaar. (Voltonomy, 2012)

De rendementen van zonnepanelen stijgen nog verder. Wij rekenen verder met 120 kWh/m² per jaar.

Een gedeelte van de elektrische energie van de zonnepanelen wordt direct verbruikt. Een ander gedeelte wordt naar het net gestuurd. We stellen dat 10% van het elektrisch verbruik (802,6 MWh/jaar) direct in het gebouw verbruikt wordt. De rest gaat naar het net.

Site NZEB

Voor een site NZEB maakt het niet uit of we de elektriciteit rechtstreeks in het gebouw gebruiken of terugsturen naar het net. We moeten 42.062,83 MWh/jaar compenseren met elektriciteit. Dit komt overeen met 350.523,52 m². Deze oppervlakte is bijna gelijk aan de site van Beerse (grootste vestiging van Janssen Pharmaceutica, 384.000 m² inclusief parking). Dit allemaal voor één labogebouw van 4.200 m².

Source NZEB

Voor een source NZEB moeten we 54.978,06 MWh/jaar compenseren. De gegenereerde elektriciteit wordt bijna volledig naar het net gestuurd omdat ze op het moment van generatie niet volledig in het gebouw kan gebruikt worden.

We rekenen met een factor van 2,45 voor uitgespaarde elektriciteit en een factor 2,39 voor elektriciteit die terug naar het net wordt gestuurd.

De uitgespaarde elektrisch energie bedraagt 802,6 MWh/jaar elektriciteit en telt via site-to-source factor voor 1.966,37 MWh/jaar.

We moeten nog 53.011,69 MWh/jaar (54.978,06 – 1.966,37) compenseren. Dit kunnen we via site-to-source factor van 2,39 met 22.180,62 MWh/jaar.

We hebben in totaal een zonnepaneleninstallatie van 22.983,22 MWh/jaar. Dit komt overeen met 191.526,83 m², of de halve site van Beerse.

4.5.4.8 Overzicht

Hierna volgt een overzicht van de positieve energieopwekking voor zowel site en source NZEB als off-site en on-site NZEB.

Site NZEB

Tabel 4.47 Off- site site NZEB

Wat	Hoeveel per jaar	Omrekeningsfactor	Energie/jaar
Zonneboiler	1.809,6 MWh	1/0,9	2.010,67 MWh (aardgasbesparing)
Biomassa (warmte)	47.320,68 MWh	0,8/0,9	42.062,83 MWh (aardgasbesparing)
Bestaande zonnepanelen	5,19 MWh	1	5,19 MWh

Som positieve energie: 44.078,69 MWh/jaar

Tabel 4.48 On-site site NZEB

Wat	Hoeveel per jaar	Omrekeningsfactor	Energie/jaar
Zonneboiler	1.809,6 MWh	1/0,9	2.010,67 MWh (aardgasbesparing)
Zonnepanelen	42.062,83 MWh	1	42.062,83 MWh
Bestaande zonnepanelen	5,19 MWh	1	5,19 MWh

Som positieve energie: 44.078,69 MWh/jaar

Source NZEB

Tabel 4.49 Off-site source NZEB

Wat	Hoeveel per jaar	Omrekeningsfactor	Energie/jaar
Zonneboiler	1.809,6 MWh	1/0,9	2.010,67 MWh (aardgasbesparing)
Biomassa (warmte)	61.850,32 MWh	0,8/0,9	54.978,06 MWh (aardgasbesparing)
Bestaande zonnepanelen	5,19 MWh	2,45	12,71 MWh

Som positieve energie: 57.001,44 MWh/jaar

Tabel 4.50 On-site source NZEB

Wat	Hoeveel per jaar	Omrekeningsfactor	Energie/jaar
Zonneboiler	1.809,6 MWh	1/0,9	2.010,67 MWh (aardgasbesparing)
Zonnepanelen naar net	22.180,62 MWh	2,39	53.011,69 MWh
Zonnepanelen direct in gebouw	802,6 MWh	2,45	1.966,37 MWh
Bestaande zonnepanelen	5,19 MWh	2,45	12,71 MWh

Som positieve energie: 57.001,44 MWh/jaar

We hebben dus enorme installaties nodig om de positieve energie op te wekken. Het is niet realistisch om dit op een efficiënte manier toe te passen. Het zou eveneens te veel geld kosten.

4.5.5 Besluit berekeningen

Met de bekomen resultaten zien we dat door de voorgestelde technieken in totaal 39,84% van het totaal energieverbruik (site NZEB) in het gebouw bespaard kan worden.

De hernieuwbare installatie voor een on-site NZEB waarbij we geen rekening houden met de voorgestelde besparingen bestaat uit:

- 1809,6 MWh/jaar zonnecollectoren op het PJRC (het dak vol + terrein er rond)
- 42.062,83 MWh/jaar zonnepanelen (oppervlakte van heel de Beerse-site)

Om van het PJRC een NZEB te maken moet nog veel studiewerk verricht worden. Uit de hoger vermelde resultaten blijkt dat PJRC als labo zeer veel energie verbruikt. Het PJRC is een gebouw waarbij nu al zoveel mogelijk energie bespaard wordt waardoor het nog moeilijker is om verdere besparingen te zoeken. Bij het omvormen naar NZEB moeten de nieuwste technieken gebruikt worden en zal waarschijnlijk het uitzicht van de site grondig veranderen door de grootte hernieuwbare energie-installaties. Het zal heel wat tijd en inspanningen vergen om van dit gebouw een NZEB maken.

Om een NZEB te bereiken moet vanaf het ontwerp aan energiebesparing een hoge prioriteit gegeven worden.

Belangrijke aandachtspunten zijn:

- combineren van verschillende technieken;
- raadplegen van nieuwe en ervaren mensen bij het ontwerp van de gebouwen en installaties voor een frissere en kritische benadering;
- vooraf rekening houden met de bestemming en gebruik van ruimtes in het gebouw.

BESLUIT

De term NZEB is verduidelijkt binnen en buiten de afdeling WWE&TO. We hebben daarbij deelgenomen aan verschillende evenementen zoals de jaarlijkse meeting van Egnaton, vergaderingen en conference calls met onze collega's in China en Amerika. Ook het hoofd van de afdeling WWE&TO werd persoonlijk bereikt en ingelicht over dit onderwerp. Bovendien wordt dit eindwerk gepubliceerd op de website van Egnaton.

Duurzaamheid wordt bij Janssen Pharmaceutica zoveel mogelijk toegepast. Er wordt bij het plannen en uitvoeren van de verschillende projecten steeds de nodige aandacht aan gegeven. Ook in de maatschappij wordt duurzaamheid steeds belangrijker. Duurzaamheid heeft niet enkel een positief effect op het milieu, maar creëert omwille van de gebruikte technologieën gebouwen die langer meegaan en technologisch vooruitstrevend zijn. Dit op zich is tevens een kostenbesparing. Efficiëntie is het geheim van een duurzaam gebouw.

De literatuurstudie over NZEB helderde vele zaken op die belangrijk zijn als men een NZEB wil bereiken. De verschillende definitieën hebben een groot gevolg op het ontwerp van NZEB en moeten daarom op voorhand goed begrepen zijn.

NZEB zal in de toekomst nog verder gebruikt worden over heel de wereld. Er zijn heel wat termen die te maken hebben met gebouwen met een laag energieverbruik. Ook in Europa is men bezig met energiereductie in gebouwen en hernieuwbare energie opwekking. Alle nieuwe gebouwen vanaf 2021 in Europa moeten 'bijna nulenergie-gebouwen' zijn. Dit is al een stap in de richting van NZEB.

Het elektriciteitsverbruik van de verschillende labo's binnen het PJRC werd in kaart gebracht. Het energiemodel van Egnaton werd aangepast a.d.h.v. de meetresultaten die verder nog gebruikt werden bij de berekening van mogelijke energiebesparingen in het PJRC. De resultaten van de metingen en berekeningen kunnen verder gebruikt worden bij het ontwerp van nieuwe gelijkaardige labo gebouwen zodat men op voorhand met de juiste interne warmtelast en dimensionering van de elektriciteitsdistributie in het gebouw rekening kan houden. 21,1% van het elektriciteitsverbruik in het PJRC gaat naar de plug load en verlichting van de verschillende labo's en kantoorruimtes.

Via de meetresultaten en literatuurstudie hadden we al een vermoeden dat het moeilijk zou zijn om van het PJRC een NZEB te maken. De berekeningen bevestigen ons vermoeden.

Via de verschillende berekeningen op het PJRC komen we aan een besparing van 39,84% op het totaal energieverbruik in het gebouw (t.o.v. site NZEB). De belangrijkste besparing (22,43%) is afkomstig van een lopend project om een cogen (warmtekrachtkoppeling) naast het gebouw te zetten. De site definitie maakt het moeilijker om een cogen in een NZEB te gebruiken. De source definitie is een betere definitie voor een cogen.

De andere 17,41% is vooral afkomstig van:

- consumptie van de lucht verminderen door trekkasten zoveel mogelijk dicht te houden (12,72%, dit is menselijk gedrag);
- Set-point control (1,51%);
- Batterijbesparing in toevoer van lucht (1,13%).

De meeste besparing in het PJRC zijn dan ook in de toevoer van lucht te situeren. De andere besparingen hebben te maken met oriëntatie gebouwen en energiezuinige toestellen. Het menselijk gedrag is een zeer belangrijke factor en moet goed gemanaged worden.

Vele van de bestaande besparingstechnieken waren al toegepast in het PJRC. Het was daarom moeilijk om te zoeken naar nog meer energiebesparende maatregelen.

Een NZEB maken van het PJRC vereist ook hernieuwbare energieopwekking. Om het huidige energieverbruik van het PJRC te compenseren (volgens definitie site NZEB) zijn er:

- 4.640 m² zonnecollectoren nodig (op en rond het gebouw);
- Voor on-site NZEB: 350.523,52 m² zonnepanelen (de hele oppervlakte van Beerse-site, 83 keer het gebouwoppervlakte zelf);
- Voor off-site NZEB: 8.979,26 ton biomassa (gemiddelde laadcapaciteit van 4 binnenvaart nieuwbouwschepen).

De source definitie vereist maar de helft van de zonnepanelen omdat elektrische energieopwekking hier zwaarder doorweegt dan bij een site NZEB omwille van de site-to-source factoren.

Een NZEB kan op elk gebouw toegepast worden. Het is zeer moeilijk om van een hoog energieverbruikend gebouw (zoals labo gebouw) een NZEB te maken. We moeten daarbij gebruik maken van off-site hernieuwbare energie zoals biomassa in combinatie met zoveel mogelijk on-site hernieuwbare energieopwekking. Een on-site NZEB is meer geschikt voor kantoorgebouwen.

Momenteel is Janssen Pharmaceutica bezig om van een gebouw op de site in Beerse een NZEB te maken. Hiervoor werden mijn tabellen met technologieën overlopen om de geschikte technologieën toe te passen op dat gebouw. De praktische toepassing op het PJRC in dit eindwerk kan gebruikt worden als voorbeeld om aan te tonen wat er nodig is om een NZEB te bekomen.

Dit eindwerk kan gebruikt worden om duurzaamheid te integreren, duidelijkheid over het onderwerp NZEB te bekomen, moeilijkheden van NZEB te situeren, een goed ontwerp van energiezuinige labo gebouwen te bekomen, goede techniekvoorbeelden gebruiken en het aanreiken van ideeën.

Voor mij was dit eindwerk een leerrijke studie. Mijn stage was een goede ervaring die ik in mijn verdere carrière als ingenieur zeker zal meedragen en kan gebruiken.

Het opzoeken van informatie binnen een groot bedrijf en op een duurzame manier denken vooral vanuit het oogpunt energie is iets wat ik verder meeneem.

LITERATUURLIJST

- AAaRGh. (2009). *Cartoon*. Gevonden op het internet:
<http://cartoon.blog.nl/cartoon/2009/07/28/aaargh-klimaatverandering>
- AGC. (s.a.). *Zonwerend glas*. Gevonden op het internet: http://www.agc-glass.eu/glassday/NL/PDFs/zonwerend_NL.pdf
- Architecture 2030. (s.a.). *Buildings consume more energy than any other sector*. Gevonden op het internet:
http://architecture2030.org/the_problem/buildings_problem_why
- BIM. (2009). *Windturbines, p.3*. Gevonden op het internet:
http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/IF_Energie_ER11_part_NL.PDF
- Deru, M., Torcellini, P., (2007). *Source energy and emission factors for energy use in buildings*. Gevonden op het internet: <http://www.nrel.gov/docs/fy07osti/38617.pdf>
- DOE. (s.a.). *Aldo Leopold Legacy Center*. Gevonden op het internet:
<http://zeb.buildinggreen.com/overview.cfm?projectid=946>
- DOE. (s.a.). *Adam Joseph Lewis Center For Environmental Studiess – Oberlin College*. Gevonden op het internet: <http://zeb.buildinggreen.com/overview.cfm?projectid=946>
- Een derde minder uitstoten. (2012, 5 maart). *De Standaard*, p.1.
- Egnaton. (s.a.). *Algemene info*. Gevonden op het internet: <http://www.egnaton.com>
- KNMI. (s.a.). *Dagwaarden van de gemiddelde temperatuur*. Gevonden op het internet:
<http://www.knmi.nl/klimatologie/grafieken/jaar/index.cgi>
- LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction*. (2009). Onuitgegeven scriptie, U.S. Green Building Council.
- Mackay, D. (s.a.). *Greenhouse gas pollution by region and country*. Gevonden op het internet:
<http://www.inference.phy.cam.ac.uk/sustainable/refs/carbon/FIGURES.pdf>
- Ministerieel besluit inzake de vastlegging van referentierendementen voor toepassing van de voorwaarden voor kwalitatieve warmtekrachtinstallaties. (2006). Gevonden op het internet:
<http://www.vreg.be/sites/default/files/uploads/documenten/besluiten/41360.pdf>
- ODE-Vlaanderen vzw. (). *Biomassa, p.4*. Gevonden op het internet:
http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/doc/brochure_biomassa.pdf
- Pless, T., Torcellini, P. (2010). *Net-Zero energy buildings: A classification system based on renewable energy supply options*, p.5, p.6, p.8. Gevonden op het internet:
http://www.nrel.gov/sustainable_nrel/pdfs/44586.pdf
- Ponting, C. (1992). *Een groene geschiedenis van de wereld*. Amsterdam: Boekeriej.
- Programmawet (1), titel 8, hoofdstuk 1, art. 121, e). (2009, 23 december). *Belgisch staatsblad*.

Spierenburg, I. (2011, juni). Efficiënt omgaan met energie bij ultralaag vriezen. *Labvision, editie 13*. Gevonden op het internet: <http://www.labvision.nl/index.php/archief/lv13/23-at-your-service/211-efficient-omgaan-met-energie-bij-ultralaag-vriezen>

Torcellini, P., Pless, S., Deru, M., Crawley, D. (2006). *Zero energy buildings: A critical look at the definition, p.5*. Gevonden op het internet: <http://www.nrel.gov/docs/fy06osti/39833.pdf>

Van den Brandt, S. (2011). *Eerste LEED-gebouw in België: Inmetseling van duurzaamheid in de projectvoering*. Onuitgegeven masterthesis, Katholieke Hogeschool Geel, Departement Industriële en Biowetenschappen

Vandepopuliere, K. (2012, 13 februari). E-Cube: nulenergiewoning binnen ieders bereik. *Energymag, nr 19*. Gevonden op het internet: <http://www.energymag.be/nl/technology/61-technology/522-e-cube-nulenergiewoning-binnen-ieders-bereik>

Voltonomy. (s.a.). *Hoeveel levert een zonnepaneel eigenlijk op?*. Gevonden op het internet: <http://www.voltonomy.be/NL/faq>

Vreg. (s.a.). *Info over het gemiddelde elektriciteits- en aardgasverbruik*. Gevonden op 12 februari op het internet: <http://www.vreg.be/info-over-het-gemiddelde-elektriciteits-en-aardgasverbruik>

Vreg. (s.a.). *Samenstelling energieprijjs*. Gevonden op 12 februari op het internet: <http://www.vreg.be/samenstelling-energieprijs>

Wouters, J. (2007). *Energiebewust gebruik van koelwater: Koelwaterdistributie en koelbatterijen*. Onuitgegeven masterthesis, Katholieke Hogeschool Geel, Departement Industriële en Biowetenschappen. Gevonden via DoKS: <https://doks2.khk.be/eindwerk/do/record/Get?dispatch=view&recordId=SKHKff808081107d882601109c71f9da0568>

BIJLAGE

Bijlage 1:	Vergelijkingstabellen LEED en NZEB.....	122
Bijlage 2:	Verdeling elektriciteit in gebouw PJRC.....	125
Bijlage 3:	Elektrische verdeling verdeelbord 020XE029.....	126
Bijlage 4:	Gedetailleerd totaal meetplan.....	127
Bijlage 5:	Gedetailleerd meetplan analytische toestellen.....	128
Bijlage 6:	Mollierdiagramma's adiabatische koeling.....	129

Bijlage 1: Vergelijkingstabellen LEED en NZEB

'X' means that it is allowed for LEED or all types of NZEB. A+, A, B, C, D refers to the types of NZEB.

Table 1: Reduce energy demand of a system

System	LEED	NZEB
Increase efficiency with a more efficient building envelope, lighting system, and by using appropriately sized HVAC systems. More efficient systems reduces energy demand and energy use.	X	X
Recover waste energy through exhaust air energy recovery systems, gray water heat recovery systems and cogeneration.	X	X
Electrical motor efficiency (Variable-voltage, variable frequency, and regenerative drives that re- uses the braking energy)	X	X
Glazing techniques for insulation can reduce the warm loses (smart glass, heated glass, low-e glass, etc.) Note: it is not always a benefit, it depends on the circumstances (counts for another credit in LEED)		X
Night and natural ventilation (counts for another credit in LEED). During the night you can use the cold air outside the building for cooling.		X
Cold, green roofs (counts for another credit in LEED). In summer they don't warm up so you'll need less cooling.		X
Reduce demand by optimizing building form and orientation. Reducing internal loads through lighting improvements and shifting load to off-peak periods. (Daylight is another credit for LEED)		X
Insulation techniques (counts for another credit in LEED)		X
Shading strategies (counts for another credit in LEED)		X
Sensors and special arrangements counting with more factors to reduce the systems energy use (internal and external temperature sensors, flow sensors, thermostats, present sensing device, etc ...)		X
Making people aware of their energy use (it can reduce plug loads). Change User's behaviour and expectations and column free space in building (if you have extra space, you have more possibility's)		X

Table 2: Demand side technologies (that brings energy in the building)

System	LEED	NZEB
Free energy by using resources such as daylight, natural ventilation and cooling, solar heating to satisfy needs for space conditioning and service water heating. (Daylight is another credit for LEED)		X
Inside paints, reflections for light (counts for another credit in LEED)		X
Geothermal heating systems using deep-earth water or steam sources (but not vapor compression systems for heat transfer)	X	B,C,D
Geo-exchange systems (geothermal or ground-source heat pumps) using vapor-compression systems for heat transfer.		B,C,D
Passive solar strategies. (Heating and cooling spaces with solar energy) Thermal storage wall or using the sun heat to obtain natural ventilation.	X	X
Solar thermal systems that employ collection panels, heat transfer mechanical components (such as pumps or fans), thermo-siphon solar and storage tank "batch heaters", and defined heat storage systems (such as hot water tanks).	X	X
Glazing techniques to bring in light and warmth (smart glass, low-e glass, etc.) Note that it's not always a benefit. It depends on the circumstances that you have.	X	X
Combined Heat and Power (Only if the energy is directly used in the building site itself. That means that it can't be send back to the grid for energy balance)	X	X

Table 3: Creation of electrical active renewable energy (can be used for sending back to grid)

System	LEED	NZEB
Photovoltaic systems	X	X
Wind energy systems (mostly not integrated in the building itself, but it's possible)	X	X
Low-impact hydroelectric power systems (it may not change natural systems like river flows, mostly this is off-site)	X	C,D
Wave and tidal power systems (mostly this is off-site)	X	C,D
Biofuel-based electrical systems (used biofuels: untreated wood waste including mill residues, agricultural crops or waste, animal waste and other organic waste, and landfill gas)	X	C,D
Biofuel-based electrical systems (used biofuels: combustion of municipal solid waste; forestry biomass waste other than mill residue; wood coated with paints, plastics, or formica; wood treated for preservation with materials containing halogens, chlorine compounds, halide compounds, chromate copper arsenate, or arsenic if more than 1% of the wood fuel has been treated with these compounds)		
Geothermal electric systems using earth steam to drive a turbine that generates electrical power.	X	B,C,D
Buy renewable energy certificates (RECs) or alike. This is not recommended by J&J. (counts for another credit in LEED)		D

Bijlage 2: Verdeling elektriciteit in gebouw PJRC

Dit document is eigendom van Janssen Pharmaceutica N.V. Informatie hieraangaande is strikt vertrouwelijk en mag niet gereproduceerd, openbaar gemaakt of verzonden worden naar derden zonder schriftelijke toestemming. Dit document dient op verzoek terugbezorgd te worden.

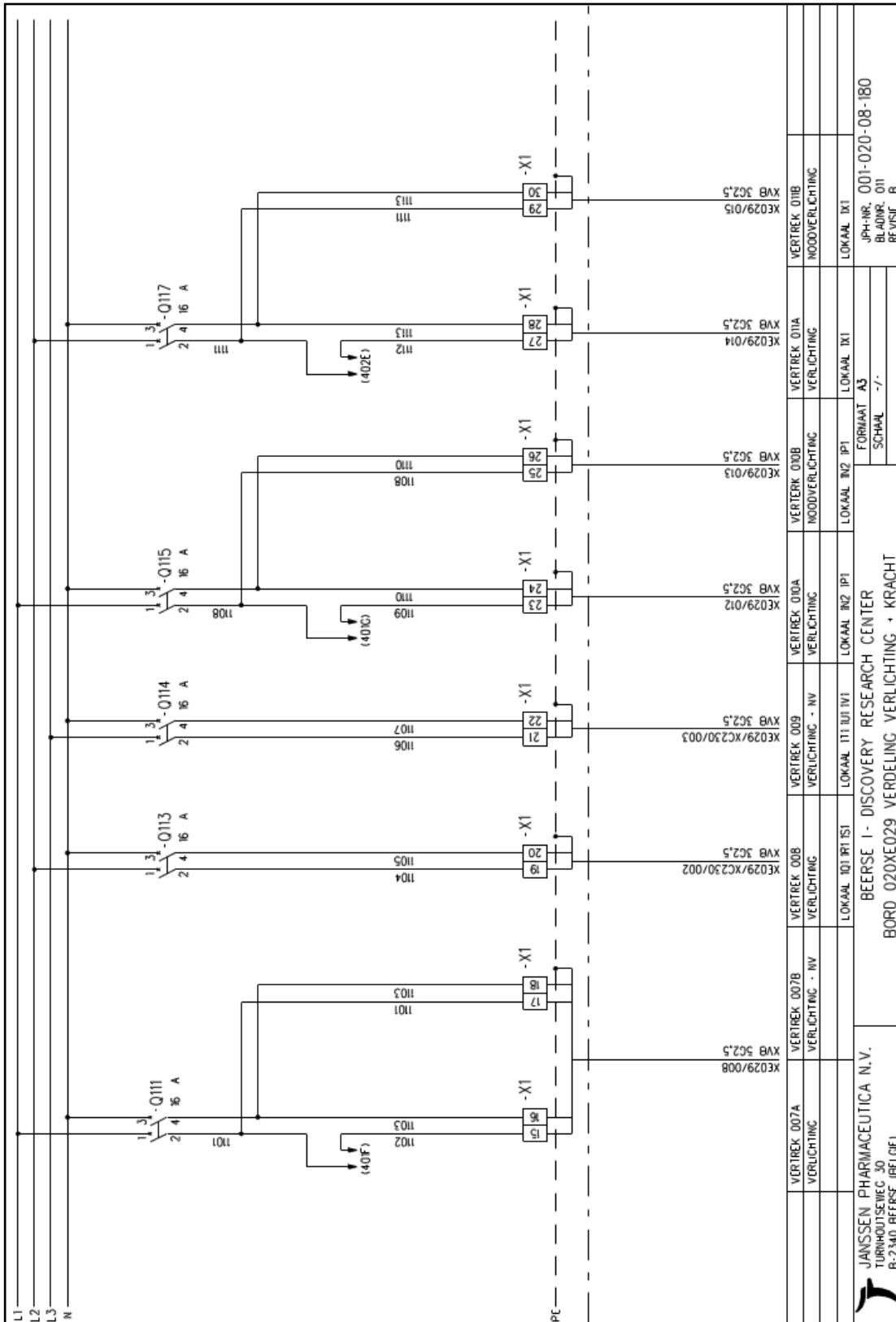
Dit document is bijgevoegd in PDF formaat op de site vanwaar dit eindwerk komt: <http://doks2.khk.be>

DoKS: Eindwerkportaal Vlaamse Hogescholen

Katholieke Hogeschool Kempen

Bijlage 3: Elektrische verdeling verdeelbord 020XE029

Dit document is eigendom van Janssen Pharmaceutica N.V. Informatie hieraangaande is strikt vertrouwelijk en mag niet gereproduceerd, openbaar gemaakt of verzonden worden naar derden zonder schriftelijke toestemming. Dit document dient op verzoek terugbezorgd te worden.



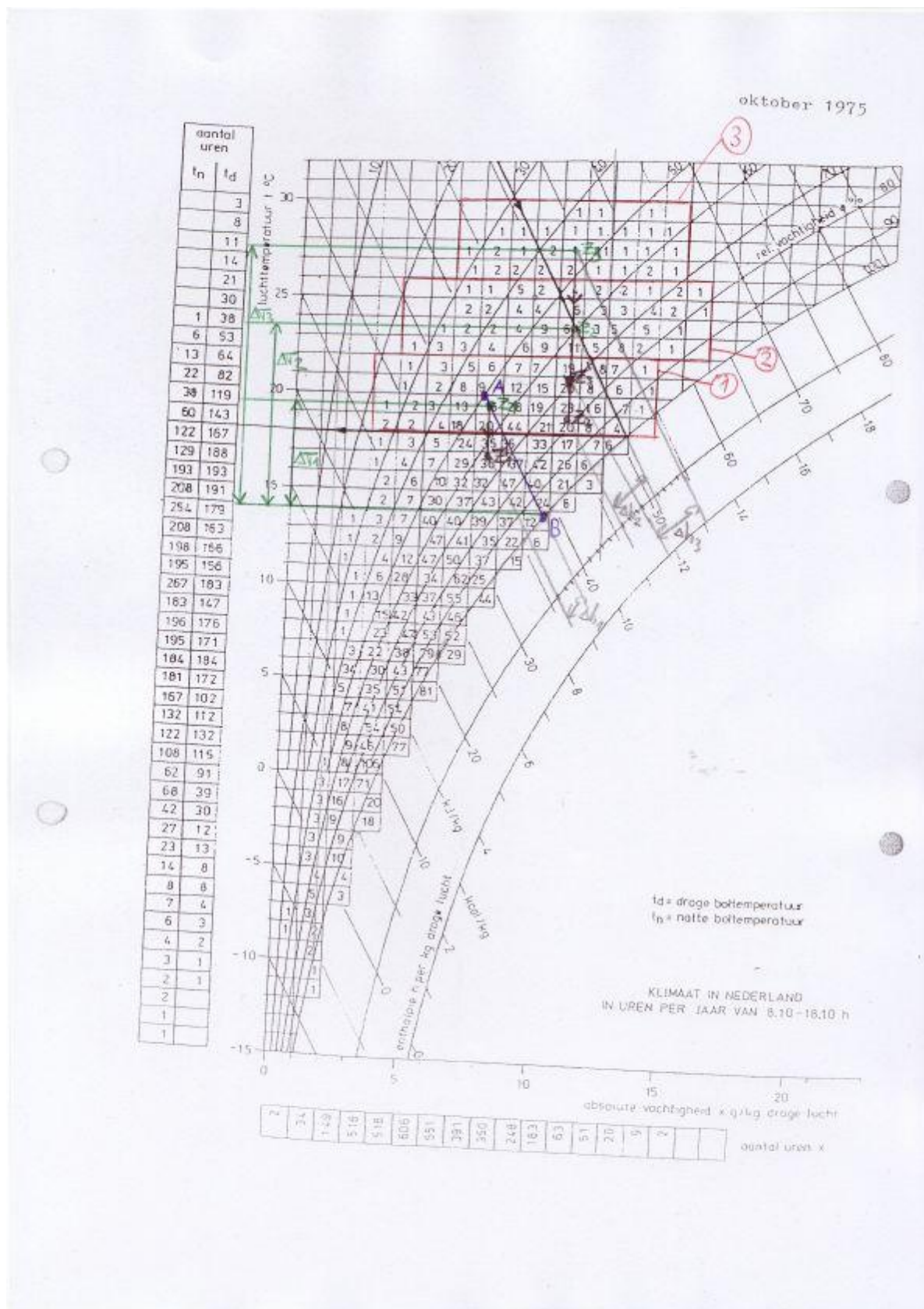
Bijlage 4: Gedetailleerd totaal meetplan

Van		Tot						
Dag	Uur	Dag	Uur	Lokaal	Bord - Vertrek	Fase	Meter	lijn
di 6 september 2011	09u40	wo 7 september 2011	15u10	OD1, OD2 en OD3	Bord 030 - 101	3	Fluke	Alle
""	""	""	""	1S1	Bord 029 - 070	1	Codam	L1
""	""	""	""	1S1	Bord 029 - 071	1	Codam	L2
""	""	""	""	1S1	Bord 029 - 002	1	Codam	L3
wo 7 september 2011	16u30	ma 12 september 2011	15u15	1S2	Bord 029 - 102	3	Fluke	Alle
""	""	""	""	1S2	Bord 072 - 014	1	Codam	L1
""	""	""	""	1S2	Bord 072 - 015	1	Codam	L2
""	""	""	""	1S2	Bord 072 - 001	1	Codam	L3
ma 12 september 2011	16u10	wo 14 september 2011	13u	verschillende vertrekken nameten aan bord 90 (OR1) zie apart meetplan				
wo 14 september 2011	15u45	ma 19 september 2011	15u30	OR1	Bord 014 - 001	3	Fluke	Alle
vr 16 september 2011	15u	zo 18 september 2011	08u	Anal. Verlicht.	Bord 031 - 002	1	Codam	L1
""	""	""	""	Anal. Verlicht.	Bord 031 - 007A	1	Codam	L2
""	""	""	""	Anal. Verlicht.	Bord 031 - 008	1	Codam	L3
di 20 september 2011	06u	do 22 september 2011	00u	Anal. Verlicht.	Bord 031 - 002	1	Codam	L1
""	""	""	""	Anal. Verlicht.	Bord 031 - 004	1	Codam	L2
""	""	""	""	Anal. Verlicht.	Bord 031 - 006A	1	Codam	L3
ma 19 september 2011	15u	vr 23 september 2011	15u30	Anal. Trekast	Bord 090 - 182	1	Fluke	L1
""	""	""	""	Anal. Trekast	Bord 090 - 184	1	Fluke	L2
""	""	""	""	Anal. Trekast	Bord 090 - 185	1	Fluke	L3
vr 23 september 2011	15u30	ma 26 september 2011	09u45	OD1, OD2 en OD3	Bord 030 - 101	3	Fluke	Alle
ma 26 september 2011	10u	di 27 september 2011	15u	Med Chem Trekast	Bord 072 - 028	1	Codam	L1
""	""	""	""	Med Chem Trekast	Bord 072 - 031	1	Codam	L2
""	""	""	""	Med Chem Trekast	Bord 072 - 032	1	Codam	L3

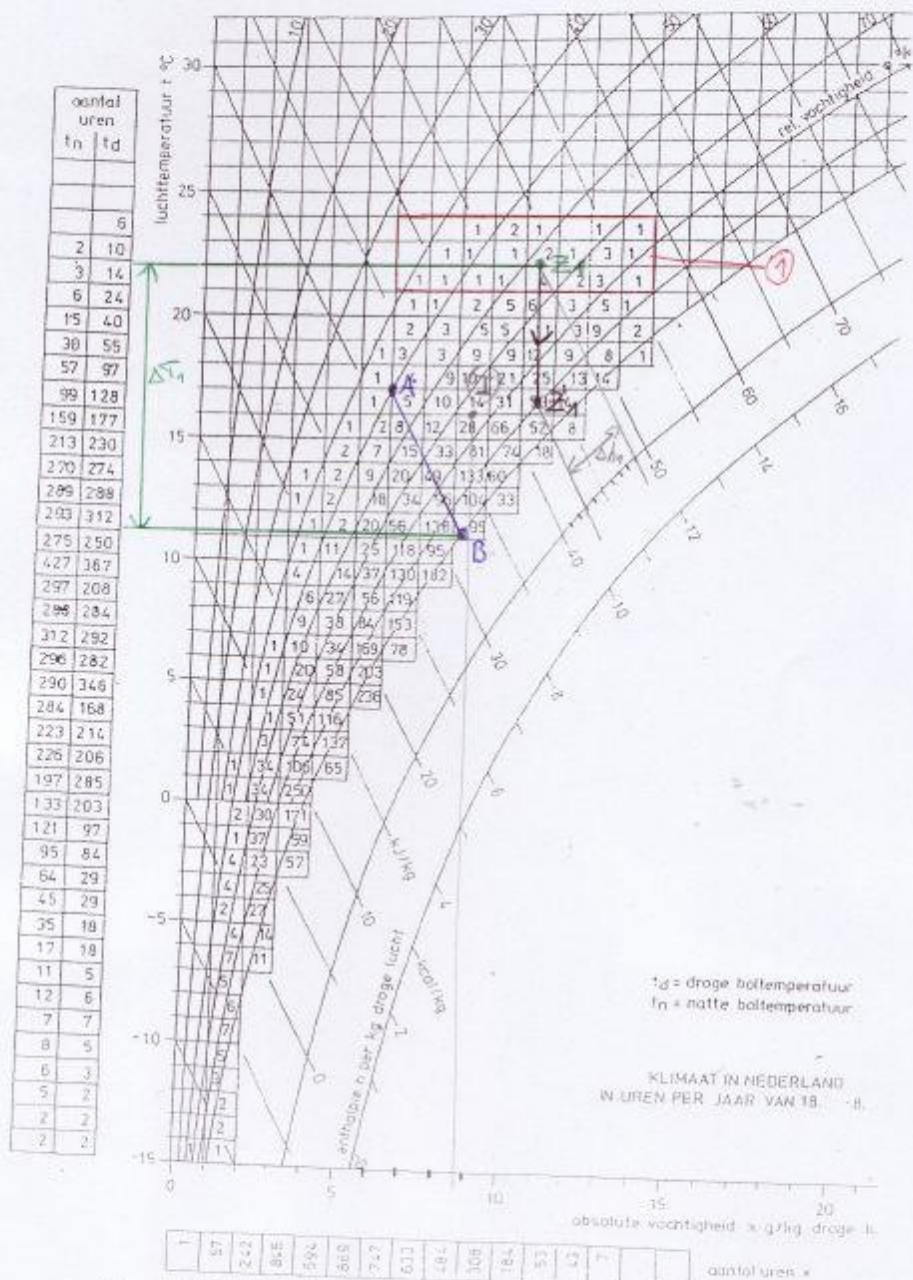
Bijlage 5: Gedetailleerd meetplan analytische toestellen

Toestel	Vertrek	Begin meting	Eind meting	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Dinsdag 13 september				Fluke			Codam		
GCMS-1	116.118	9u20	10u10	116	118				
LCMS-8 (UPLC)	133 t/m 136	9u40	10u10			136	133	134	135
Unit 6 (lokaal 0Q1) OA prep	47 t/m 52	10u20	11u15	47	48	49	50	51	52
LCMS-1	147.150	11u20	12u30	147	150				
LCMS	112 t/m 114	11u20	12u30				112	113	114
Zuurkast 6	187.188.190	12u40	13u55	187	188	190			
LCMS-5	157.159.160	12u40	13u55				157	159	160
Unit 3 (lokaal 0Q1)	21 t/m 26	14u	14u40	21	22	23	24	25	26
Lokaal OT1	93 - 004	14u50	15u50	93-004					
Screening - system 1	78,82	14u50	15u50				78	82	
Van dinsdag 13 september tot woensdag 14 september									
SFC prep	59,61,62,63	16u	13u	59	61	62			63
Screening - system 1	78,82	14u50	15u50				78	82	
woensdag 14 september									
Unit 2 (lokaal 0Q1)	11 t/m 16	13u	14u	11	12	13	14	15	16
Unit 2 (lokaal 0Q1)	17 t/m 19	14u	15u	17	18	19			
Unit 6 (lokaal 0Q1) OA prep	47 t/m 52	14u	15u				50	51	52

Bijlage 6: Mollierdiagramma's adiabatische koeling



oktober 1975



N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN EINDHOVEN - NEDERLAND