



Onderweg naar een 'slimme supermarkt'
Slim sturen en batterijopslag in

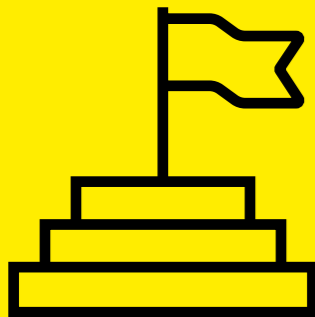
Supermarkten



EIGENVERBRUIK OF ZELF-CONSUMPTIE

Het eigenverbruik of de zelfconsumptie van een installatie voor hernieuwbare energie is het deel van de zelf geproduceerde elektriciteit dat ogenblikkelijk zelf wordt gebruikt.

Vanaf 2019 worden de klassieke energiemeters stelselmatig vervangen door digitale meters. Deze meters houden verbruik en injectie van elektriciteit apart bij en draaien dus niet meer terug zoals klassieke meters. Een overgangsregeling voor bestaande kleine installaties wordt door de Vlaamse regering uitgewerkt.



Deze brochure is geschreven in het kader van het VLAIO-VIS-project SAVE 'Slim Aansturen Van Elektriciteit' (2014-2018).

Met deze brochure wil het SAVE-consortium illustreren hoe supermarkten de elektrische energie die ze zelf produceren maximaal kunnen inzetten op het eigen bedrijf. Vraag en aanbod zo goed mogelijk op elkaar afstemmen, kan door in te spelen op flexibele lasten en door energieoverschotten op te slaan.

ACHTERGROND

Energie is een grote kost voor een supermarkt. Deze kost drukken kan door energie te besparen en/of zelf op te wekken. De voorbije jaren hebben veel bedrijven geïnvesteerd in de productie van hernieuwbare energie. De productie van zonne-energie en windenergie is variabel en niet stuurbaar.

Wanneer het omvormervermogen van zo een installatie meer dan 10 kVA bedraagt, heeft een bedrijf geen recht op een terugdraaiende teller. Het moet zijn elektriciteit verkopen op momenten dat er een overproductie van hernieuwbare energie is.

De vergoeding voor de injectie van deze ogenblikkelijke overschotten aan elektrische energie op het net ligt een stuk lager dan wat het bedrijf uitspaart aan aangekochte elektriciteit als het de stroom onmiddellijk zelf kan verbruiken. Om de productie van hernieuwbare energie op bedrijfsniveau rendabeler te maken, hebben bedrijven er belang bij hun verbruik zoveel mogelijk af te stemmen op hun productie ('demand side management'). Zo kunnen ze hun eigenverbruik of zelfconsumptie verhogen.

In deze brochure gaat het over installaties voor de productie van hernieuwbare energie zonder terugdraaiende teller.

STAPPENPLAN

Om te komen tot een slimme installatie van elektrische opwekkers en gebruikers, doorloop je volgende stappen:

Stap 1 - Besparen

De meest rendabele investeringen voor een lagere elektriciteitskost zijn investeringen gericht op het besparen van energie. Daarom blijft besparen de eerste stap!

Stap 2 - Zelf duurzaam elektriciteit produceren

Installaties voor decentrale opwekking van elektriciteit zijn onder andere fotovoltaïsche of PV-installaties, warmte-krachtkoppeling (wkk) en windmolens. Bij een goede investering is de eenheidsprijs van de zelf geproduceerde elektriciteit lager dan die van elektriciteit van het net.

Stap 3 - Slim aansturen van elektriciteit

In deze stap worden flexibele gebruikers slim aangestuurd. De complexiteit van de regeling kan sterk variëren, van een eenvoudige tijds klok tot het aansturen van meerdere processen op basis van de zelf geproduceerde elektriciteit.

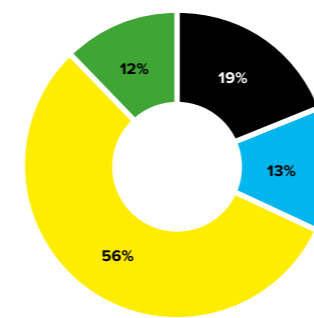
Stap 4 - Batterijopslag

De laatste stap in een slimme installatie is opslag van de zelf geproduceerde energie. Dat kan bijvoorbeeld in een elektrisch batterijsysteem.

Energieverbruik en verbruiksprofiel

Tabel 1: Verbruiksgegevens supermarkten Vlaanderen

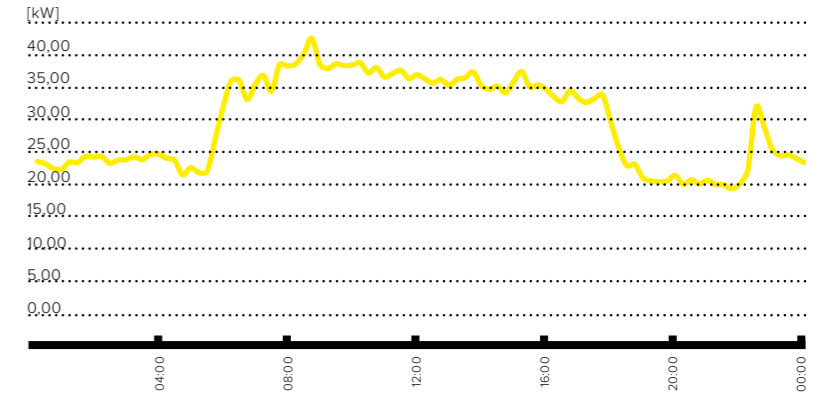
	jaarverbruik elektriciteit	jaarverbruik elektriciteit/m ²
gemiddeld	436 MWh	463 kWh/m ²
minimum	31 MWh	140 kWh/m ²
maximum	1 494 MWh	781 kWh/m ²



Figuur 1: Verdeling elektriciteitsverbruik supermarkt

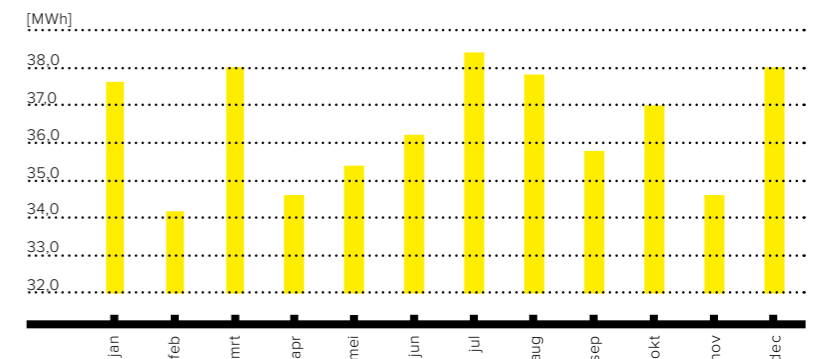
- verbruik verlichting
- rest verbruik
- verbruik koelmeubels
- verbruik koel- en vriescellen

Figuur 2: Vermogenprofiel supermarkt werkdag



Op het **dagprofiel** zien we dat er een aanzienlijke basislast is. Grotendeels is deze te verklaren door de koelinstallaties. Vanaf de opening van de winkel verhoogt het verbruik. Dat komt door de verlichting en andere verbruiken zoals slagerijmachines en ovens, maar ook het verbruik van de koelinstallaties zal overdag stijgen omdat deze dan meer geopend worden.

Figuur 3: Jaarprofiel supermarkt



Op het **jaarprofiel** zien we dat er tijdens de zomermaanden meer verbruik is dan tijdens de wintermaanden. De verlichting in winkels zal evenveel verbruiken tijdens de zomer en de winter, maar het zijn voornamelijk de koelinstallaties die zorgen voor een hoger verbruik omdat de koellast hoger wordt en de koelmachines met een lager rendement werken.

Stap 1: Besparen

Energie besparen met **korte terugverdientijd** (max. 1 - 5 jaar):

- LED-verlichting in ruimtes met veel branduren
- Dag- en nachtafdekking koelmeubelen
- Regeling verwarmings- en koelinstallatie

Energie besparen met **langere terugverdientijd** (min. 5 jaar):

- Isolatie gebouwschil
- Energie-efficiënte koel- en vriesmeubelen met CO₂ als koelmiddel
- Isolatie koel- en vriescellen

Stap 2: Zelf produceren van elektriciteit

BEGRIIP PV-FACTOR

De PV-factor is de verhouding van het geïnstalleerde piekvermogen tot het totale jaarverbruik.

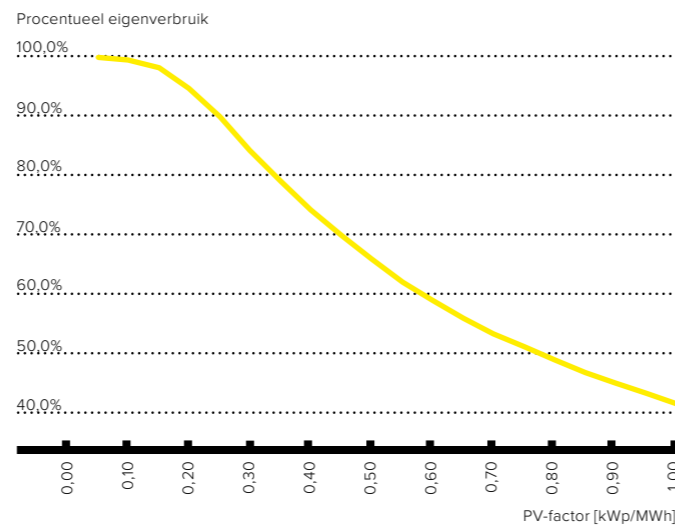
$$PV\text{factor} = \frac{\text{geïnstalleerd vermogen PV}}{\text{totaal verbruik per jaar}} \left[\frac{\text{kWp}}{\text{kWh}} \right]$$

Deze factor zegt iets over de mate waarin een PV-installatie onder- of overgedimensioneerd is. Een lage PV-factor betekent een eerder ondergedimensioneerde PV-installatie. Een lage PV-factor levert meestal een hoger eigenverbruik op. Bij een hoge PV-factor is de PV-installatie groot in verhouding tot het totale jaarverbruik. PV-installaties met een hoge PV-factor hebben meer kans om te injecteren op het net en hebben dus meestal een lager eigenverbruik.

A. PV-INSTALLATIE (PHOTOVOLTAÏCS, OFWEL ZONNEPANELEN)

De combinatie van het verbruiksprofiel van supermarkten met het productieprofiel van PV-panelen blijkt ideaal te zijn. De koelinstallaties zorgen voor een hoog verbruik overdag en tijdens de zomermaanden, momenten waarop er veel zon is. Vaak hebben supermarkten ook de geschikte dakoppervlakken ter beschikking.

Een hoog eigenverbruik verbetert de financiële rentabiliteit van de installatie. Het percentage eigenverbruik kan je achterhalen door het verbruiksprofiel van de supermarkt te combineren met het productieprofiel van de PV-installatie. Indien deze gegevens niet beschikbaar/meetbaar zijn, kunnen de kengetallen gebruikt worden die volgen in deze tekst. Deze kengetallen zijn opgesteld vanuit een gemiddeld supermarktprofiel. Op basis van dit gemiddelde profiel zijn figuur 5 en tabel 2 opgesteld.



Figuur 5: Eigenverbruik in functie van PV-factor voor supermarkten

Tabel 2: Eigenverbruik in functie van PV-factor voor supermarkten

PV-factor [kWp/kWh]	0,05	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1
gemiddeld	100%	98%	90%	79%	70%	62%	56%	51%	47%	43%	42%
minimum	100%	97%	89%	78%	69%	61%	55%	50%	46%	42%	41%
maximum	100%	99%	92%	80%	71%	63%	57%	52%	48%	44%	42%

In een gemiddelde supermarkt zal door het dak vol PV-panelen te leggen de PV-factor ±0.25kWp/MWh bedragen. Deze lage PV-factor toont aan dat het energieverbruik per m² hoog ligt in een supermarkt. Volgens de tabel levert een PV-installatie met factor 0,25kWp/MWh een gemiddeld eigenverbruik op van 90%. Algemeen kunnen we stellen dat supermarkten een lage PV-factor hebben. Een PV-installatie is dus voor de meeste supermarkten een rendabele investering.

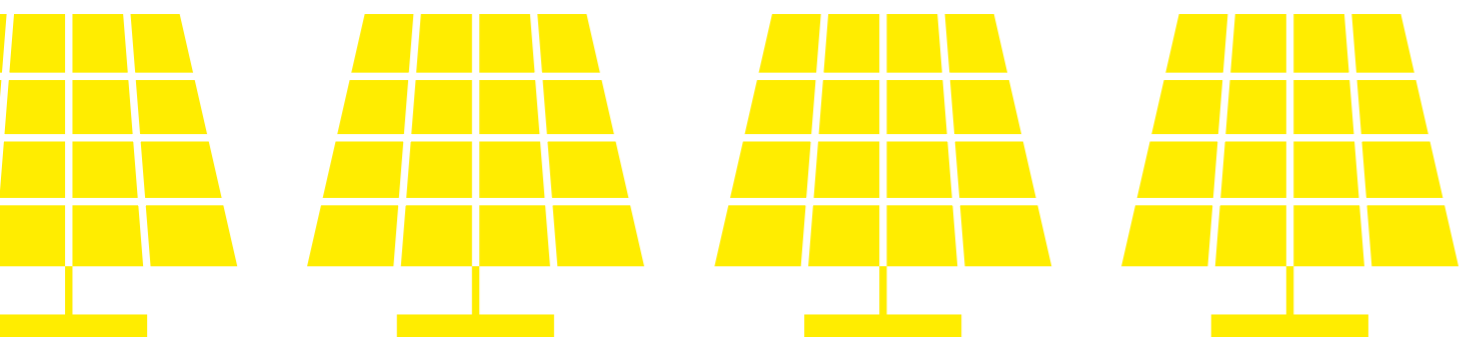
Door aanpassing van de oriëntatie kan het % eigenverbruik verhogen maar omdat supermarkten een lage PV-factor hebben, zal een oriëntatie naar de ideale opbrengstomstandigheden (Z35°) de meest rendabele oplossing zijn.

B. WKK (WARMTEKRACHTKOPPELING)

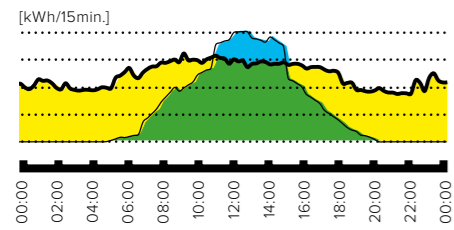
Wanneer er een gelijktijdige vraag naar warmte en elektriciteit is, kan een wkk-installatie een interessante investering zijn. Bij supermarkten is de warmtevraag eerder laag en de elektriciteitsvraag hoog. Vandaar zal de investering in een wkk voor de meeste supermarkten minder interessant zijn.

C. WIND

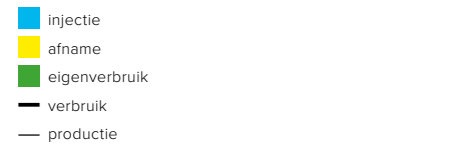
Windturbines hebben over het algemeen een goede match met supermarkten. Het elektriciteitsverbruik van een supermarkt is vrij hoog waardoor PV-panelen meestal maar een beperkt aandeel kunnen dekken. Bovendien is de basislast van een supermarkt vrij hoog waardoor de dimensionering en de terugverdientijd van een windmolen eenvoudiger wordt. Het is echter niet eenvoudig om vergunningen in een (dicht) bevolkt gebied te verkrijgen.



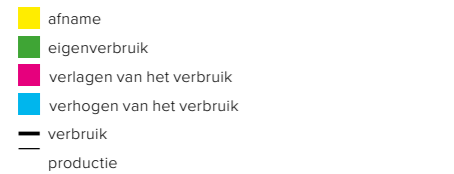
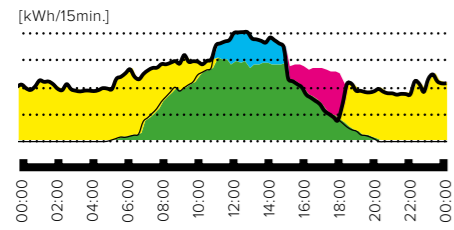
Stap 3: Slim aansturen van elektriciteit



Figuur 6: Verbruiks- en productieprofiel van een typische supermarkt en een PV-installatie



Figuur 7: Het eigenverbruik verhogen



A. WAAROM SLIM STUREN?

Figuur 6 toont een verbruiksprofiel (dikke zwarte lijn) van een gemiddelde dag van een supermarkt, samen met een opbrengstprofiel (dunne zwarte lijn) van zonnepanelen.

De energie die afgenomen wordt van het elektriciteitsnet (gele vlak) is vele malen (tot 10X) duurder dan de elektriciteit die aan het net geleverd wordt (blauwe vlak). Zelf verbruiken van de geproduceerde energie/elektriciteit (groene vlak) is dus het meest kostenoptimaal.

B. HOE SLIM STUREN?

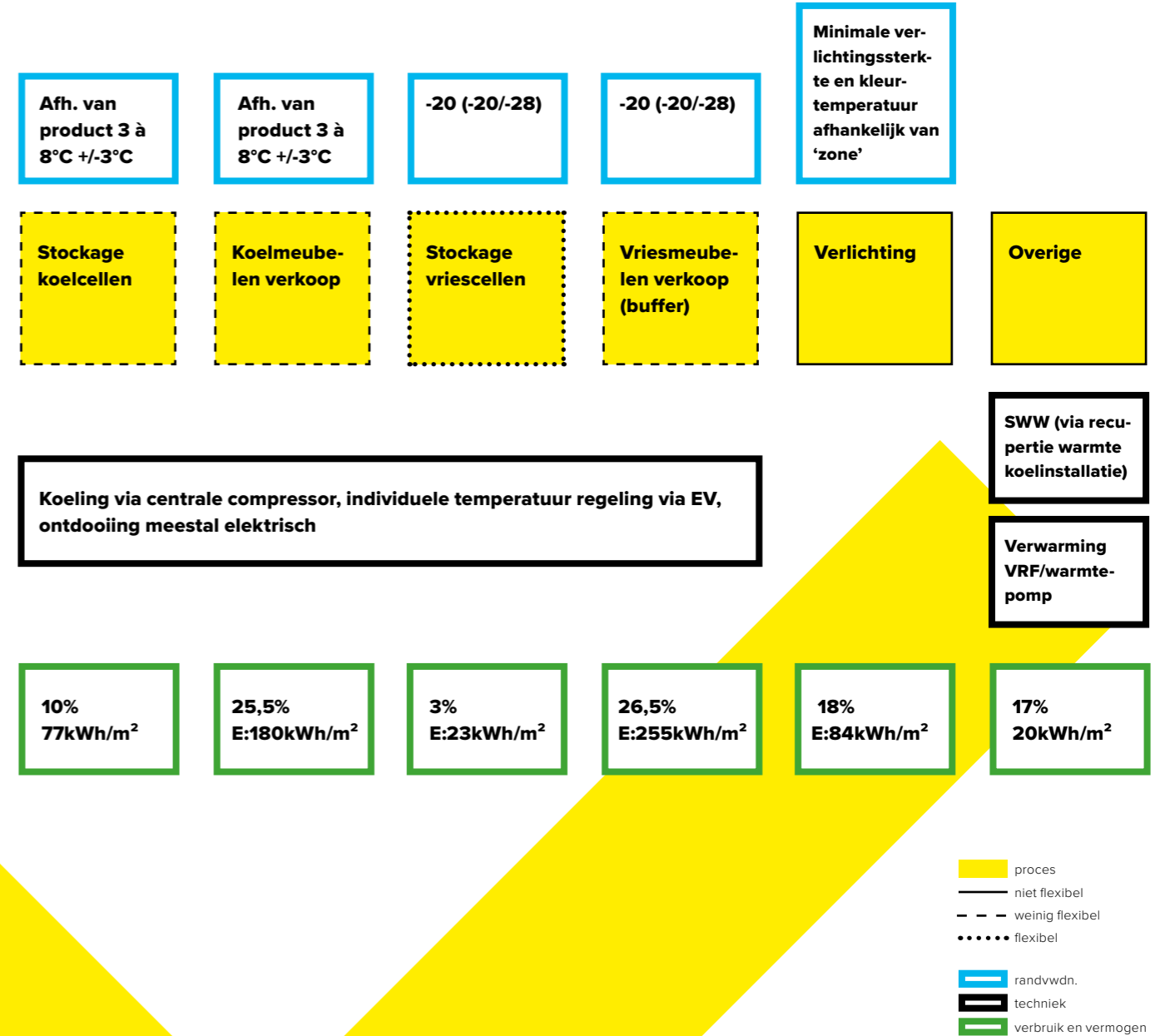
Slim sturen kan gaan van een simpele druk op een knop, tot installatie van een tijds klok, tot uitbesteden van energieregelingen aan een externe partij. Deze derde partij kan ook een aggregator zijn. Een aggregator is een opkomende dienst die flexibiliteit bij bedrijven of huishoudens verzamelt en dit (geaggregeerde) volume aanbiedt op de markt. De aggregator zorgt ook voor de slimme regeling van flexibele apparaten zodat ze automatisch kunnen reageren op beursprijzen van energie.

C. WAT SLIM STUREN?

Figuur 8 geeft een overzicht van de verschillende processen in supermarkten.

De processen die omlind zijn, zijn de niet-flexibele processen, zoals bijvoorbeeld de verlichting. De processen die omlind zijn met een stippellijn zijn processen die flexibel kunnen worden ingezet, zoals bijvoorbeeld de bewaring in vriescellen.

Figuur 8: Overzicht flexibiliteit in een supermarkt



energiebuffers koel- en vriescellen

	kWh/°C.100kg	
	vriezen	koelen
groenten en fruit	0,0528	0,1070
vlees	0,0410	0,0841
vis	0,0472	0,0944
melkproducten	0,0514	0,0958
broodproducten	0,049	0,096

Tabel 3: Gemiddelde warmtecapaciteit productsoorten

Weinig flexibel: stockage koelcellen, koel- en vriesmeubelen voor verkoop

Bufferen in koelcellen (>0°C) is niet evident: de voordelen zijn beperkt, de risico's te groot. Koel- en vriesmeubelen voor verkoop gaan veel open: als het product wordt verkocht, verdwijnt de buffer.

Flexibel: stockage vriescellen (koelinstallaties directe expansie)

Een mogelijke bufferinstallatie is de vriescel voor stockage die aanwezig is in de meeste supermarkten. Stockage koel- en vriescellen worden enkele keren per week gevuld. Meestal bevatten de vriescellen in supermarkten broodproducten en eventueel een kleine voorraad algemene voedingsproducten voor verkoop.

Om de **buffercapaciteit van een koelinstallatie** met directe expansie te bepalen, is de inhoud van de cel van groot belang. Voor een supermarkt kunnen we de producten onderverdelen in verschillende soorten zoals in tabel 3. In deze tabel vind je de bijhorende warmtecapaciteit per 100kg van dat product. Om de totale buffercapaciteit te bepalen moet verder rekening gehouden worden met de lucht in de cel.

De algemene formules voor het berekenen van de buffercapaciteit in koel- en vriesinstallaties zijn terug te vinden in het algemene 'Technisch handboek' van SAVE, onder het hoofdstuk 'bufferen in koude of warmte'.

Algemeen voor een supermarkt kunnen we stellen dat de werkelijke buffercapaciteit van de vriescel voor stockage heel klein is en bijgevolg ook het benodigd **laadvermogen** vrij laag mag zijn.

Het **ontlaadvermogen** van een vriescel kan ingeschat worden aan de hand van de isolatiegraad. De algemene formule en tabel voor het berekenen van het laad- en ontlaadvermogen in koel- en vriesinstallaties is terug te vinden in het algemene 'Technisch handboek' van SAVE, onder het hoofdstuk 'bufferen in koude of warmte'.

Het **ontlaadrendement** hangt vooral af van bufferverliezen door ongewenste ontladingen zoals bijvoorbeeld producten die uit de vriescel gehaald worden bij een lage temperatuur. Hierdoor verdwijnt een deel van de gebufferde energie uit de cel. Om een buffering in koel- en vriesinstallaties interessant te maken, is het dus belangrijk dat er niet te veel productwisselingen zijn tussen het laden van de buffer (middag) en ontladen van de cel (avond, nacht).

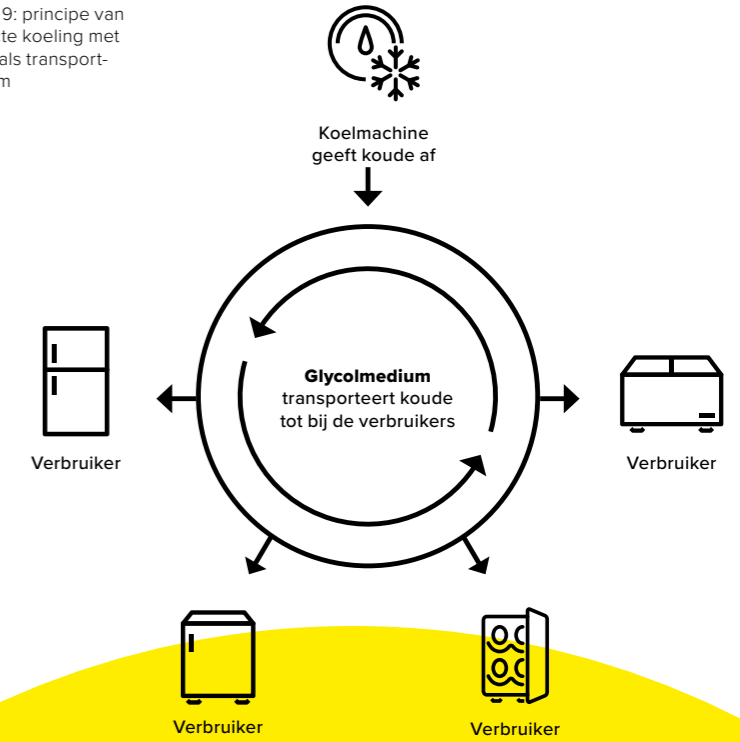
Bufferen in indirecte koelinstallaties

Indirecte koeling

HFK's als koelmiddel zullen in de toekomst heel duur worden. Natuurlijke koelmiddelen als alternatief voor HFK's leveren veiligheidsvoorschriften op die vragen om een inperking van het volume koelmiddel. Om in deze gevallen de koelmiddelinhoud van een installatie te beperken, kan indirecte koeling een oplossing bieden.

Indirecte koeling kenmerkt zich door één centrale koelgroep en een apart transportmedium (water + glycol) dat de koude transporteert naar de koel- of vriescellen.

Figuur 9: principe van indirecte koeling met glycol als transportmedium



Als voorbeeld kunnen we de buffercapaciteit inschatten van een vriescel met 1000 kg broodproducten. De binnenafmetingen van de cel zijn: 4m x 3m x 2,4m. Bij een hoge elektriciteitsproductie laten we de temperatuur in de cel 10°C dalen.

- De buffercapaciteit van de lucht bedraagt: $1,68 \times (4,0 \times 3,0 \times 2,4) \times 10 = 0,483 \text{ kWh}$
- De buffercapaciteit van de producten bedraagt, rekening houdend met een reductiefactor traagheid door verpakking en plaatsing van 0,35: $0,096 \div 100 \times 1000 \times 0,35 \times 10^\circ\text{C} = 3,36 \text{ kWh}$
- De totaal elektrische buffercapaciteit bedraagt, rekening houdend met een koudefactor 2,5: $(0,483 \text{ kWh} + 3,36 \text{ kWh}) \div 2,5 = 1,54 \text{ kWh}$

De vriescel uit bovenstaand voorbeeld zal bij een isolatiedikte van 14cm een thermisch ontlaadvermogen hebben van ongeveer $57,6 \text{ m}^2 \times 15 \text{ W/m}^2 = 0,86 \text{ kW}$. Dit wil zeggen dat de buffer na ± 2 uur terug leeg is.

Het grote voordeel van indirecte koeling is dat het transport-medium kan worden ingezet als energiebuffer. Bij overschot aan elektriciteitsproductie kan het medium dieper gekoeld worden.

Een bijkomend voordeel is dat de eindproducten geen temperatuurverandering moeten ondergaan. Dit systeem is dus interessant voor koel- en vrieskasten in de winkel zelf.

Bij toepassing van ijsaccumulatie kan stollingswarmte* ingezet worden als extra energiebuffer door meer volume te laten stollen. Hierdoor blijft de temperatuur (en het laadrendement) constant en wordt er toch extra energie gebufferd. Door gebruik te maken van stollingswarmte kan je de gewenste buffercapaciteit afstemmen op het energieprofiel van de supermarkt waardoor er meer vrijheid gecreëerd wordt.

Bij indirecte koeling is het niet nodig te investeren in extra laadvermogen omdat de opslag van energie voor het aanmaken van het ijswater over meerdere uren kan worden gespreid. Hierdoor kunnen er kleinere koelgroepen worden gebruikt in vergelijking met deze bij directe koeling.

Sturing van andere verbruikers

De meest voor de hand liggende stuurbare lasten in een supermarkt zijn vriescellen, batterijen en bufferinstallaties van indirecte koeling. Daarnaast is het mogelijk om verdere optimalisatie te doen door het sturen van andere lasten zoals ovens, mengmachines, Nadeel is dat deze aanpassingen een grote invloed hebben op de werking van de supermarkt (onder andere qua personeelsinzet). Het is daarom moeilijk om hierover algemene adviezen uit te werken. Algemeen zien we dat deze machines voornamelijk in de ochtend en de voormiddag worden gebruikt. Qua energieverbruik zou het beter zijn om het gebruik van deze toestellen (ovens, mengmachines, ...) in de mate van het mogelijke te verschuiven naar de namiddag.

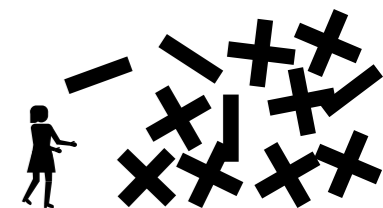
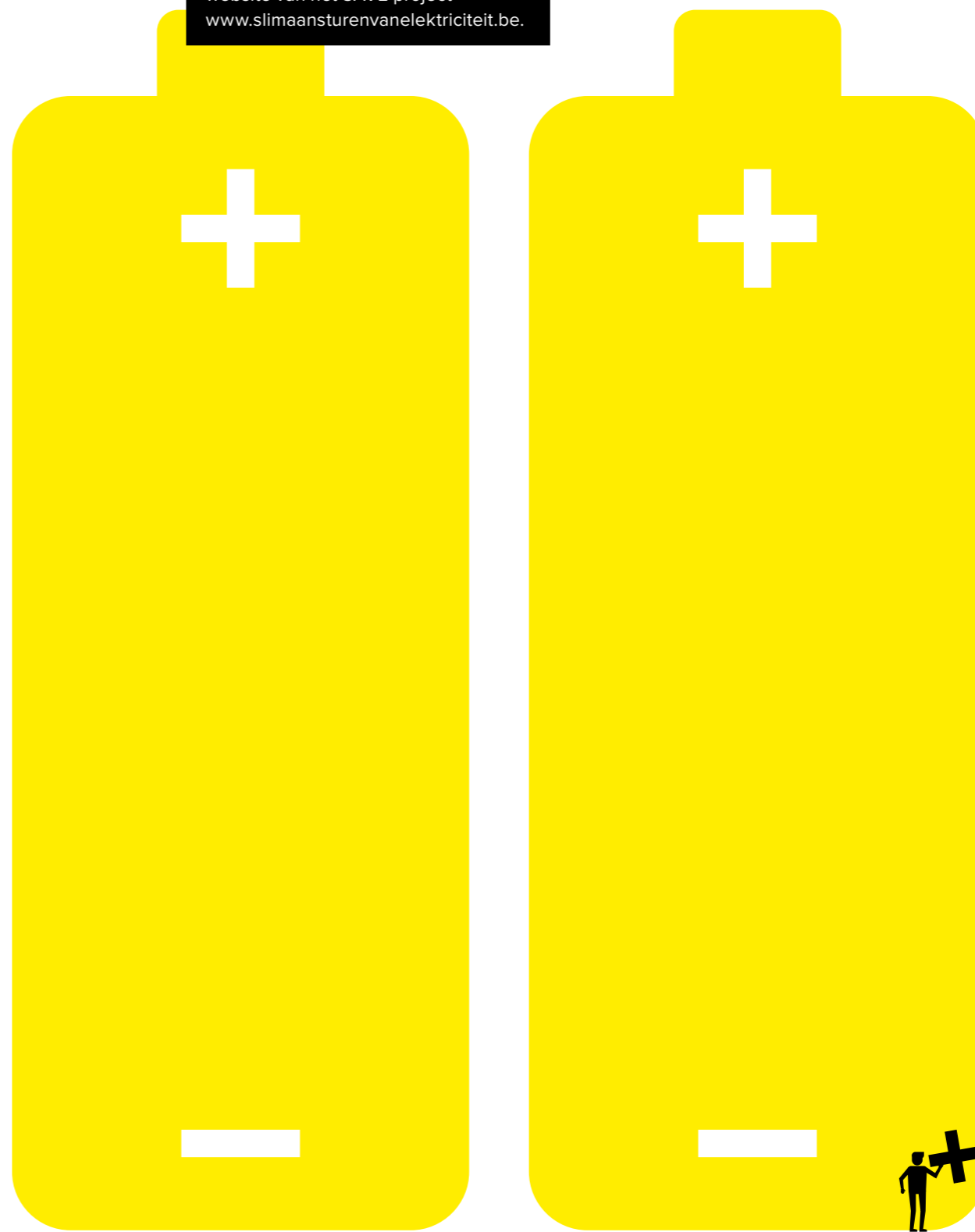
*De stollingswarmte is de warmte die nodig is om een stof van vloeistof in een vaste stof te doen overgaan.

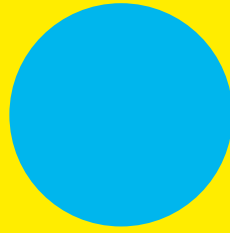
STAP 4: Batterij-opslag

Uitgebreide info over onder meer de technische aspecten, de koppeling met het elektriciteitsnet en de dimensionering van de opslag van energie in elektrische batterijen kan je vinden in het Technisch handboek slim aansturen van elektriciteit. Dit handboek is te raadplegen op de website van het SAVE project www.slimaansturenvanelectriciteit.be.

Batterijen zijn economisch nog niet rendabel als ze enkel worden gebruikt voor het verhogen van het eigenverbruik. Als de batterij bijkomend kan worden ingezet als noodstroomgenerator of UPS (Uninterruptible Power Supply), kan het eventueel wel interessant worden. De selectie en dimensionering van de batterij gebeurt dan op basis van de minimale tijd die de batterij moet kunnen overbruggen en het noodvermogen dat moet kunnen worden geleverd, zoals bijvoorbeeld minimale verlichting en koelvermogen.

Omwille van de hoge investeringskost blijft de batterijcapaciteit best zo klein mogelijk. De eerste stap in de selectie van de batterij is het verlagen van het noodvermogen dat nodig is. Bij het verhogen van het eigenverbruik daarentegen is de capaciteit enkel begrensd door wat dagelijks kan worden geproduceerd en verbruikt. Veel omvormers laten toe beide functies te combineren door een gedeelte van de batterij te 'reserveren'.





Met financiële steun van

AGENTSCHAP
INNOVEREN &
ONDERNEMEN



Vlaanderen
is ondernemen

Dit handboek is tot stand gekomen met de volgende partners:

