

**EVE**  
ENERGY VERY ENDURE



**BE-POWER**  
Battery and Energy Modules



**EAS**

**VIVA**Tech



**cleantron**  
cleantech batteries

**elincom**

# Oplaadbare Lithium batterijen, wat ga je kiezen?

Hans Zijlstra, Elincom electronics B.V.

**ENERGY STORAGE EVENT**

**NIEUWSTE TECHNOLOGIEËN EN APPLICATIEKENNIS**

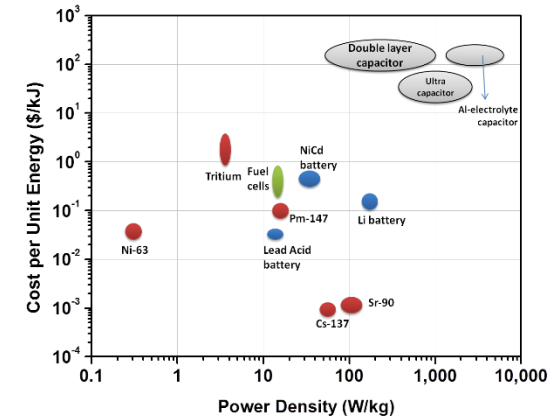
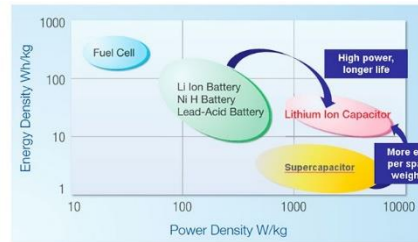
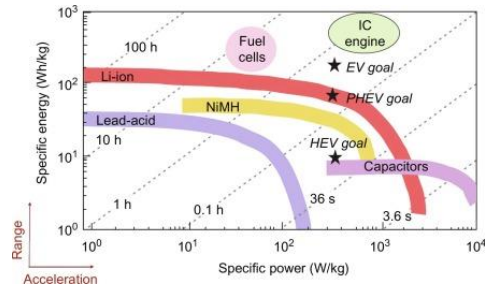
13 februari 2020 | Van der Valk Vianen



# Agenda

- Woordenlijst
- Verschillende oplaadbare lithium types
- Packs met kleine of grote cellen
- Veiligheid en transport

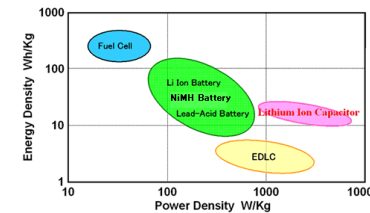
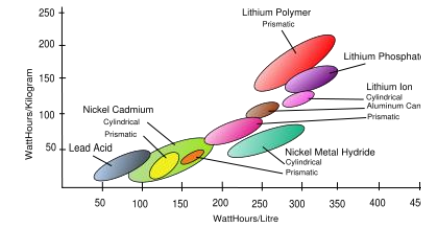
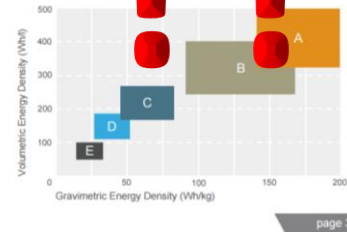
# Introductie lithium batterijen



## ENERGY DENSITY FOR RECHARGEABLE BATTERY SYSTEMS:

FIG. 1 Comparison of different rechargeable battery systems regarding their energy densities

- A = Lithium Polymer
- B = Lithium-Ion
- C = Ni-MH
- D = Ni-Cd
- E = Lead



Overall kan je van alles vinden, de mooiste vergelijkingen. Maar klopt het allemaal? Word je er wijs uit?

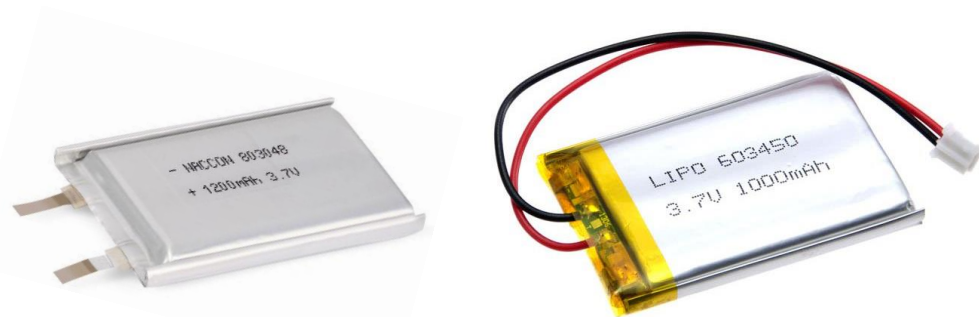
# Introductie lithium batterijen

- ~~• Niet-oplaadbaar: Lithium Thionyl Chloride (ER: 3,6V)  
Lithium Mangaan Oxide (CR: 3.0V)~~
- Oplaadbaar:
  - Lithium Ion
  - Lithium Polymeer
  - Lithium IJzer Fosfaat
  - Lithium Titanaat
  - Lithium Capacitors

# Woordenlijst

---

- Batterij, Cel, Pack, BMS
- Overladen – diepontladen – zelfontlading
- Thermal run away – exothermische reactie – ontploffen / branden
- Serie parallel schakelen
- Vermogenscellen, Energiecellen, Hybridecellen
- 18650 – ER14500 - LIPO 603550
- C
- SoH, SoC, DoD
- Laad-/ontlaad cycli
- Stibat

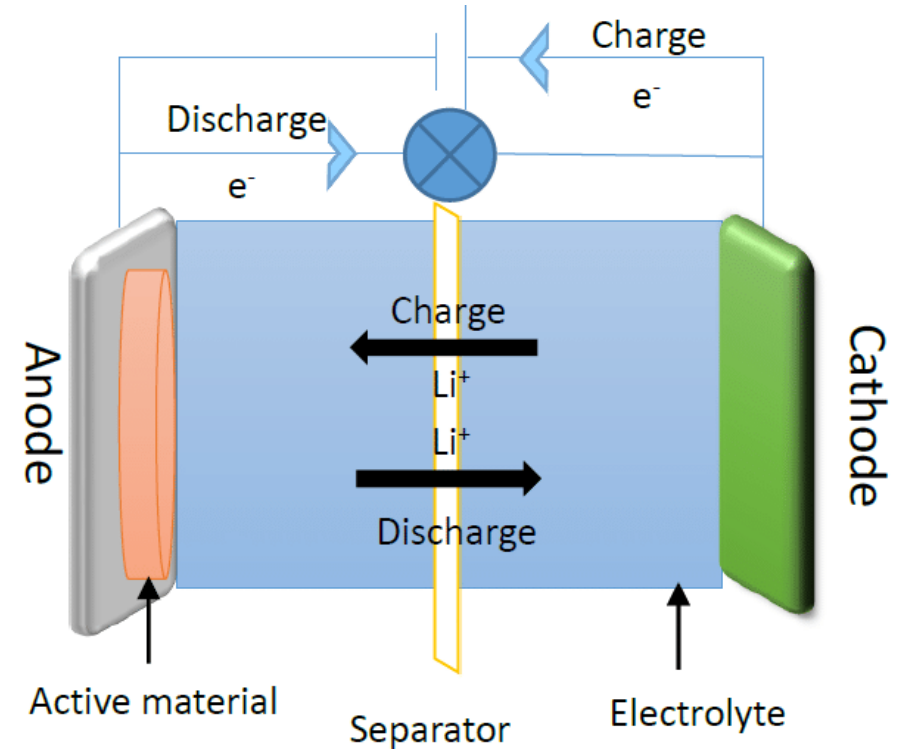


# Batterij, Cel, Pack, BMS

- Er zijn organisaties die een batterij een niet oplaadbare cel noemen en een accu een oplaadbare cel.
- Het woord batterij betekent “een rij identieke toestellen” bij een loodaccu klopt dat wel maar (2V cellen) maar een alkaline batterij is maar 1 cel. Verwarring alom.
- Cel is een kale cel (zonder beveiliging)
- Maar een lithium batterij of pack heeft eigenlijk altijd een beveiligingsprint erbij. Dat printje samen met één meerdere cellen heet een pack.
- Dat beveiligingsprintje heeft als functie de noodrem en schakelt op de grenswaardes van het pack Het pack wordt losgekoppeld van de applicatie.
- Minimale functie zijn de grenswaardes overspanning, onderspanning, overstroom, kortsluiting,.
- Het regulier afschakelen gebeurt door je lader bij opladen en door je belasting bij ontladen. Dat kan je dus niet door de BMS laten doen, dat is vergelijkbaar met overschakelen op je toerentalbegrenzer in je auto: een korte levensduur.

# Basisopbouw

- Kathode -
- Anode+
- Separator laag
- Elektrolyt
  
- Opladen ionen van kathode naar anode
- Ontladen ionen van anode naar kathode



# Overladen, diepontladen, zelfontlading

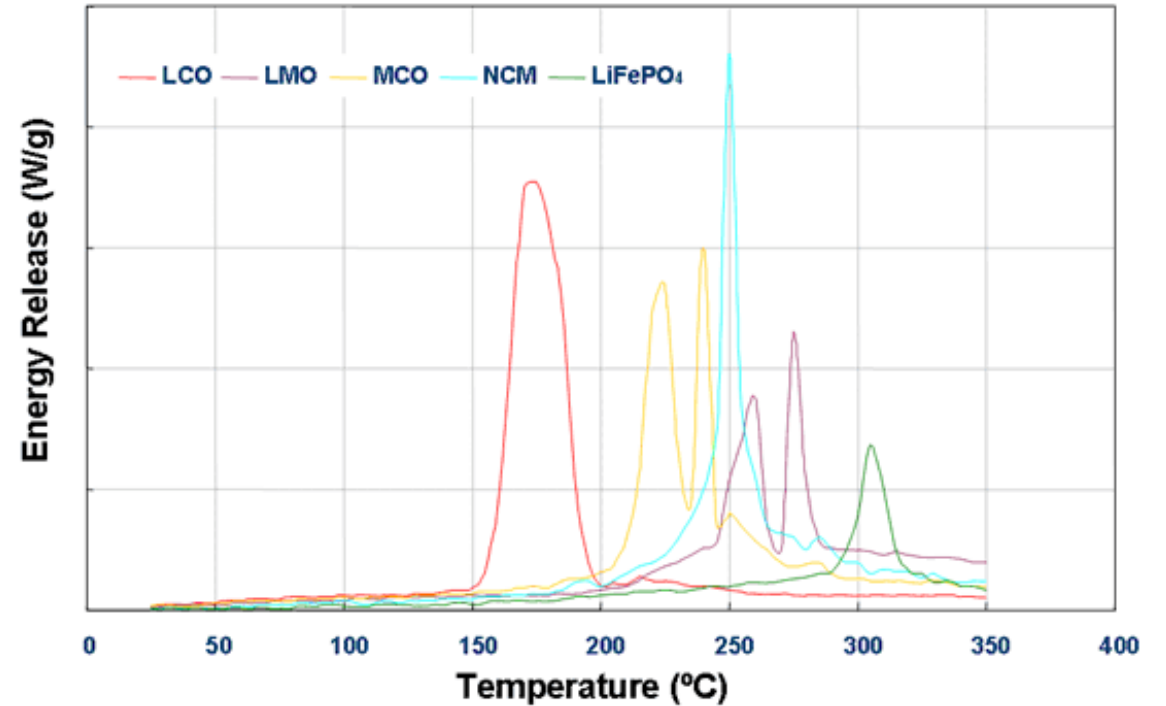
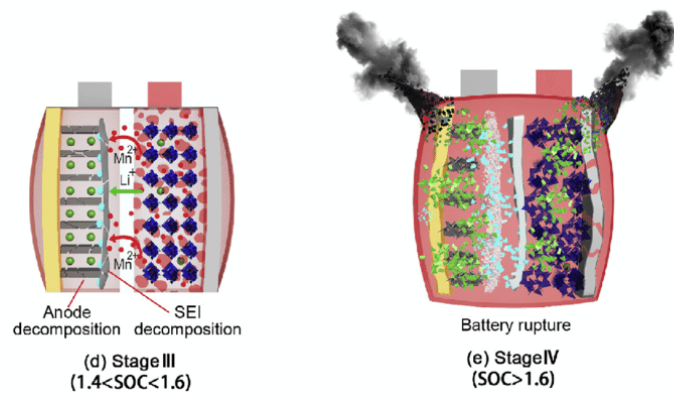
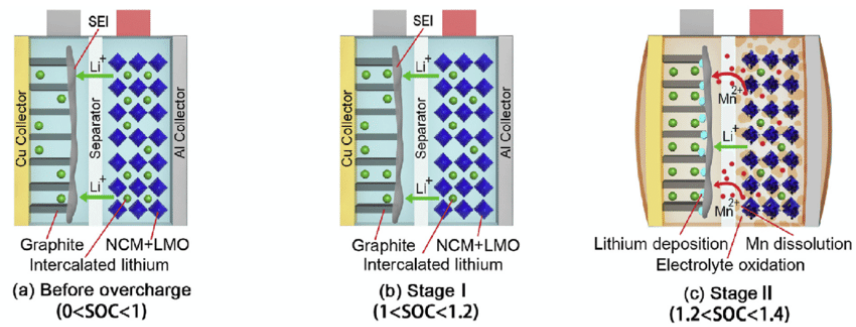
- Overladen: de lader of je laadcircuit staat toe dat de batterij boven de toegestane spanning uitgaat  
Diepontladen: door de applicatie (of door zelfontlading) gaat de spanning onder de toegestane grens
- Wat gebeurt er dan:  
Overladen: er ontstaat gas, pack komt onder druk te staan  
Diep ontladen: lithium in de vorm van dendrieten (spikes) op de separator laag. Later bij opladen kan dat een probleem opleveren
- Trickle charging of druppelladen mag niet bij Li-Ion.
- Lithium wil niet helemaal vol zijn en niet helemaal leeg zijn. Dus in dat tussengebied zal de levensduur erg lang zijn, maar in de uitersten niet.
- Zelfontlading: 1 a 2% chemie 1 a 2% door BMS reken dan met 5% per maand.  
Als lithium batterijen met het vliegtuig vervoert zijn komen ze 30% geladen aan en moeten dus binnen 6 maanden opgeladen moeten worden → anders diepontladen.
- Dat moet de hele supply chain wel door hebben!



# Thermal Runaway

- Een lithium brand is een metaalbrand. Kenmerken daarvan is dat doven moeilijk is door de extreem hoge temperaturen.
- Standaard Li-Ion (NMC NCA) en Lipo hebben een effect wat ze gevoelig maakt.
- LFP en LTO hebben dit effect niet.
- Bij bepaalde temperaturen gaat de thermal run-away van start:
- Voor een brand heb je nodig de 3 hoek van temperatuur, brandstof en zuurstof.
- Bij een ontleding komt waterstof en zuurstof vrij.

# Thermal Runaway



# Serie parallel schakelen

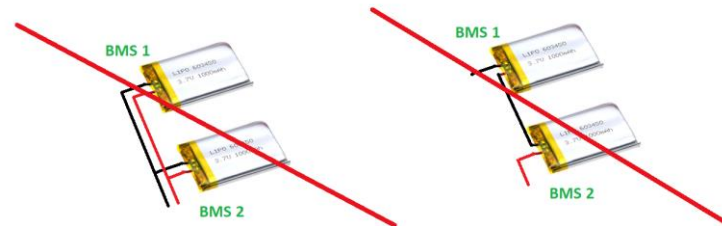
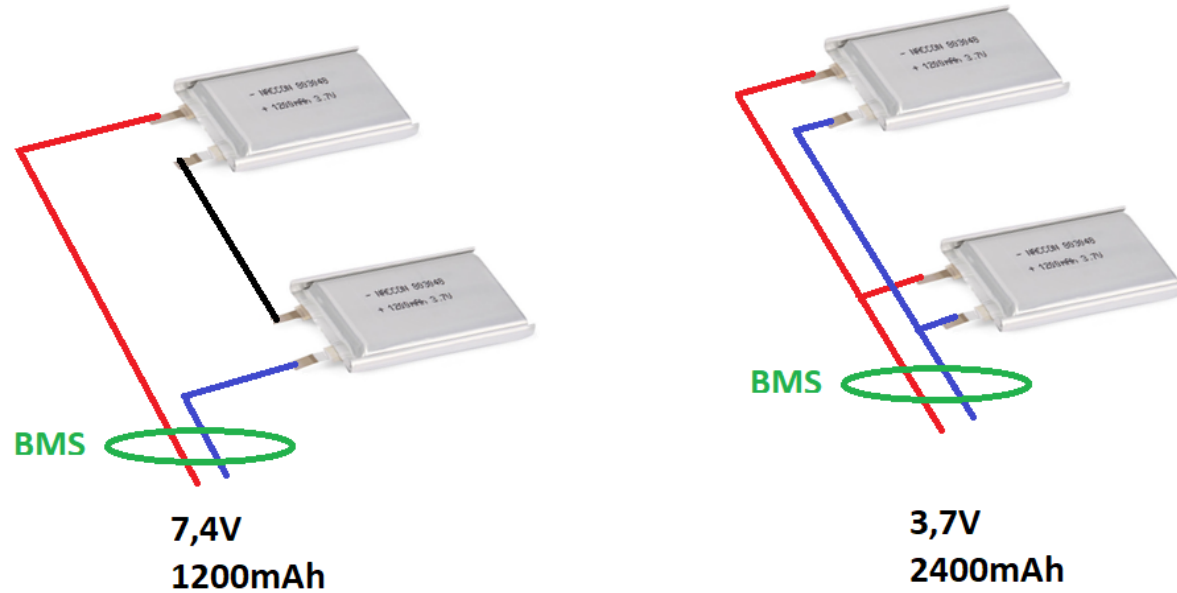
- Om een hogere spanning te krijgen, in serie schakelen
- Om meer stroom te kunnen leveren, parallel schakelen
- En combinatie is mogelijk

MAAR de cellen moet wel uniform zijn, dus uit 1 batch.

En bijvoorbeeld Cleantron gaat deze cellen zelf ook nog een testen en bij elkaar brengen om zo de levensduur van de packs te garanderen

- Ook kan je niet zondermeer (zonder een slimme BMS) verschillende packs aan elkaar knopen. Verschil in cellen maar ook in componenten van de BMS kunnen een scala aan problemen veroorzaken. Waaronder dat 1 BMS sneller afschakelt dan de ander en dat die ander dan ook in overstroom komt.
- In ieder geval resulterend in een veel kortere levensduur.
- Het zelf solderen aan een cel is niet aan te raden. Je kan daarmee te veel warmte in de cel brengen en deze daardoor beschadigen of erger...

# Serie en parallel schakelen



# Vermogens-, Energie-, Hybride cellen

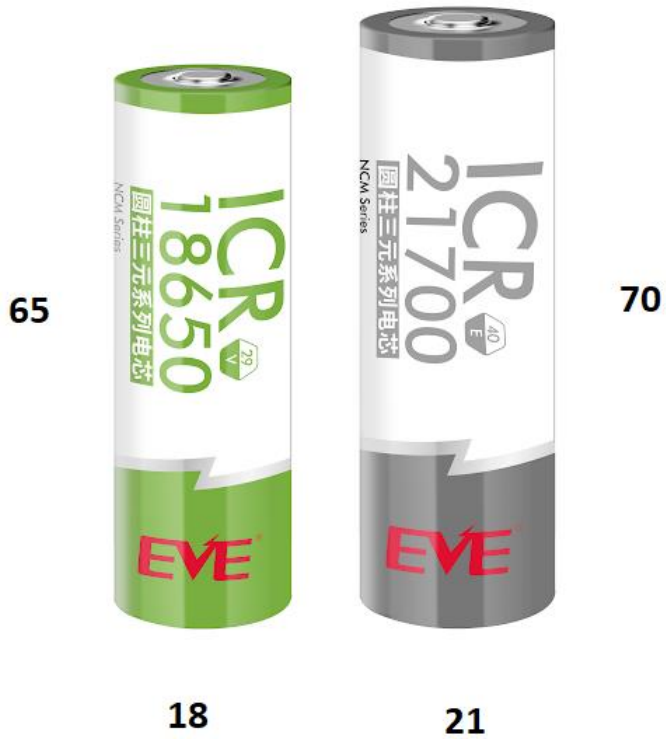
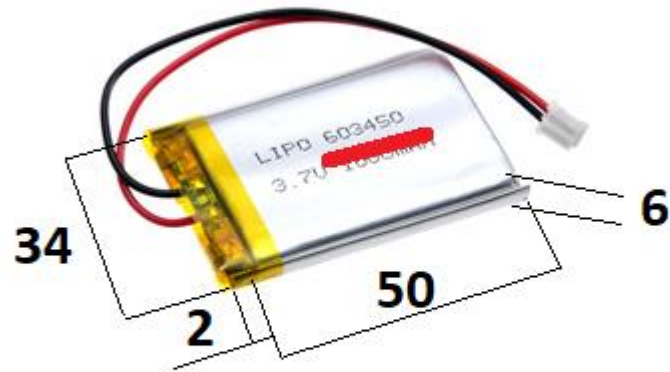
- Soms zien cellen hetzelfde eruit: de vorm maar er zijn toch verschillende uitvoeringen. Zonder op de chemie in te gaan heb je energiecellen (met veel energie Ah aan boord) en stroomcellen (die veel stroom kunnen leveren)
- Stroomcellen hebben soms maar 2200mAh maar kan wel 10C (22A) leveren en pieken van 50C (110A) Dezelfde bouwvorm kan ook 3400mAh hebben en vervolgens maar 1C = 3,4A mogen ontladen.
- De levensduur van cellen met grote capaciteiten ligt bijna altijd lager dan voor stroomcellen. Die laatste zijn veel robuuster.
- Er zijn ook specifieke high temp cellen en low temp cellen, waarbij de chemie geoptimaliseerd is om bij hoger of lagere temperaturen te kunnen functioneren.
- Standaard is laden 0-45grc en gebruik -20 +60grc voor gewone lithium ion. HT en LT cellen wijken daar zo'n ~10 -15gr vanaf.

# 18650 – ER14500 - LIPO 603550

De typeaanduiding op cellen, representeren vaak de afmetingen.

- Cilindrische cellen zoals ER34615, 18650, 21700: diameter x lengte resp  $\varnothing$  34mm x 61,5mm /  $\varnothing$  18mm x 65mm /  $\varnothing$  21mm x 70mm
- Met Lipo is het niet anders: dikte x breedte x lengte van de kale cel  
Met een BMSje wordt dit + 0,5mm voor de krimpfolie en 2mm voor de BMS in de lengte.

# Benaming cel afmetingen



# C

- C staat voor zijn capaciteit, maar wordt gebruikt om stroom aan te geven.  
Bij een cel van 2Ah is de 1C waarde 2A.  
Bijvoorbeeld nominaal 3C ontladen en piek van 5C bij een 2Ah cel komt uit op 6A standaard kunnen ontladen (met behoudt van lange levensduur) en pieken van 10A.

Grote ontladestroom = hoge C rate = lagere capaciteit en andersom

- Bijvoorbeeld een 18650 cel van 2600mAh  
ontladen met 0,5A → 2500mAh  
ontladen met 2,5A → 2400mAh





-EVE Energy CO., LTD Confidential Proprietary-

Model	ICR18650/20P	Spec. No.	RD-EVE ICR18650/20P-S60-LF	Version No.	B
-------	--------------	-----------	----------------------------	-------------	---

### 1.0. Scope

This product specification has been prepared to specify the rechargeable lithium-ion cell to be supplied to customer by EVE Energy CO., LTD.

### 2.0. Description and Model

- 2.1 Description Lithium-ion rechargeable cell
- 2.2 Model name EVE-ICR18650/20P

### 3.0. Nominal Specifications

Item	Specification
3.1 Nominal Discharge Capacity	<del>2000mAh</del> Charge: 1A, 4.20V, CCCV 100mA cut-off Discharge: 0.4A, 2.50V DC cut-off
3.2 Nominal Voltage	3.60V
3.3 Standard Charge	CCCV, 1A, 4.20±0.05V, 100mA cut-off
3.4 Rapid Charge	CCCV, 4A, 4.20±0.05V, 100mA cut-off
3.5 Standard Discharge	DC, 0.4A, 2.50V cut-off
3.6 Max. Continuous Discharge	DC, 30A, 2.50V cut-off (cut-off temperature 80°C)
3.7 Charge/Discharge Voltage Range	4.20~2.50V
3.8 Cell Weight	45.0g Max
3.9 Cell Dimension	Height: 65.00±0.15mm



-EVE Energy CO., LTD Confidential Proprietary-

Model	ICR18650/26V	Spec. No.	RD-EVE ICR18650/26V-S38-LF	Version No.	A
-------	--------------	-----------	----------------------------	-------------	---

### 1.0. Scope

This product specification has been prepared to specify the rechargeable lithium-ion cell to be supplied to customer by EVE Energy CO., LTD.

### 2.0. Description and Model

- 2.1 Description Lithium-ion rechargeable cell
- 2.2 Model name EVE-ICR18650/26V

### 3.0. Nominal Specifications

Item	Specification
3.1 Typical Discharge Capacity	<del>2550mAh</del> Charge: 0.5A, 4.20V, CCCV 50mA cut-off Discharge: 0.5A, 2.50V DC cut-off
3.2 Min. Discharge Capacity	2500mAh Charge: 0.5A, 4.20V, CCCV 50mA cut-off Discharge: 0.5A, 2.50V DC cut-off
	2400mAh Charge: 0.5A, 4.20V, CCCV 50mA cut-off Discharge: 2.5A, 2.50V DC cut-off
3.3 Typical Voltage	3.60V
3.4 Standard Charge	CCCV, 0.5A, 4.20±0.05V, 50mA cut-off
3.5 Rapid Charge	CCCV, 1.25A, 4.20±0.05V, 50mA cut-off
3.6 Standard Discharge	DC, 0.5A, 2.50V cut-off
3.7 Max. Instantaneous Discharge	DC, 7.5A, 2.50V cut-off
3.8 Charge/Discharge Voltage Range	4.20~2.50V
3.9 Cell Weight	47.0g Max

# SoH, SoC, DoD

- SOH state of health: vergelijking met de originele waarde, maar het is subjectief  
SoH heeft hoofdzakelijk 3 kenmerken:  
capaciteit (hoeveel energie kan je dragen),  
interne weerstand (hoeveel stroom kan je leveren),  
zelfontlading (indicatie van mechanische integriteit)
- SoC state of Charge: omdat de ontlaadcurve van Li-Ion vrij vlak is, is het relateren van de beschikbare lading alleen te schatten of bij te houden. Daar treedt altijd een afwijking in op (over tijd) als de batterij nooit geijkt wordt door het “helemaal vol” en “helemaal leeg” signaal. Dat is de reden dat je soms wel een keertje de batterij leeg moet maken en vol moet laden. De hoeveelheid energie die in de batterij gaat wordt dan weer echt gemeten en vergeleken met de originele waarde. Maar er zijn ook Coulomb meters die heel nauwkeurig zijn en relatief duur voor een batterij.
- DoD depth of discharge: dat is een alternatieve manier om de SoC aan te geven. Hoever ga je ontladen? Bij een veilige 3,0V (Li-Ion) heb je grofweg een DoD van 95% en nog een SoC van 5%

# Laad-/ontlaad cycli

Laad en ontlad cycli:

- ook subjectief en afhankelijk van de SoC en DoD
- applicatie gebonden: bij startaccu's in een auto, is starten een cycle...dan kan je veel cycles maken
- de levensduur van een batterij wordt er aan gerelateerd, maar fabrikanten zijn erg conservatief met aangeven omdat er veel variabelen zijn (SoC, DoD, temperatuur, etc.)
- 18650 cellen Li-Ion krijgen gegarandeerd 500 cycles mee (>70% originele capaciteit)  
Tesla geeft op haar packs met deze 18650 cellen 8 jaar garantie

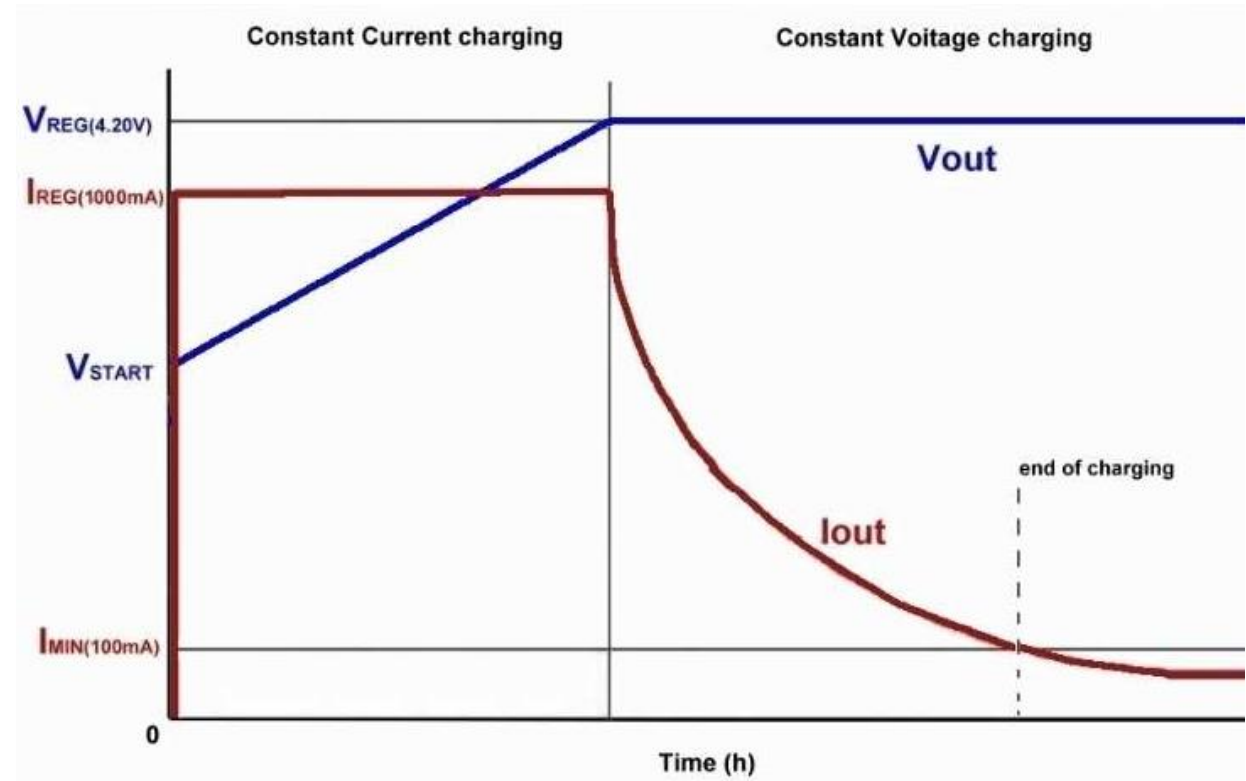
Er wordt dus slim omgegaan met DoD, temperaturen, ontladstromen etc.

ENERGY STORAGE  
EVENT

13 februari 2020  
Van der Valk Vianen

# Laadcurve Lithium batterijen

- Eerst Constant Current tot 4,20V
- Daarna Constant Voltage, tot  $\sim 0,1C$  laadstroom
- Doorladen / trickle charge / druppelladen is verboden!



Bij LFP en LTO ligt de laadcurve op een lager spanningsniveau

# Laadcurve Lithium batterijen

Het stress gebied is duidelijk zichtbaar

Tip:

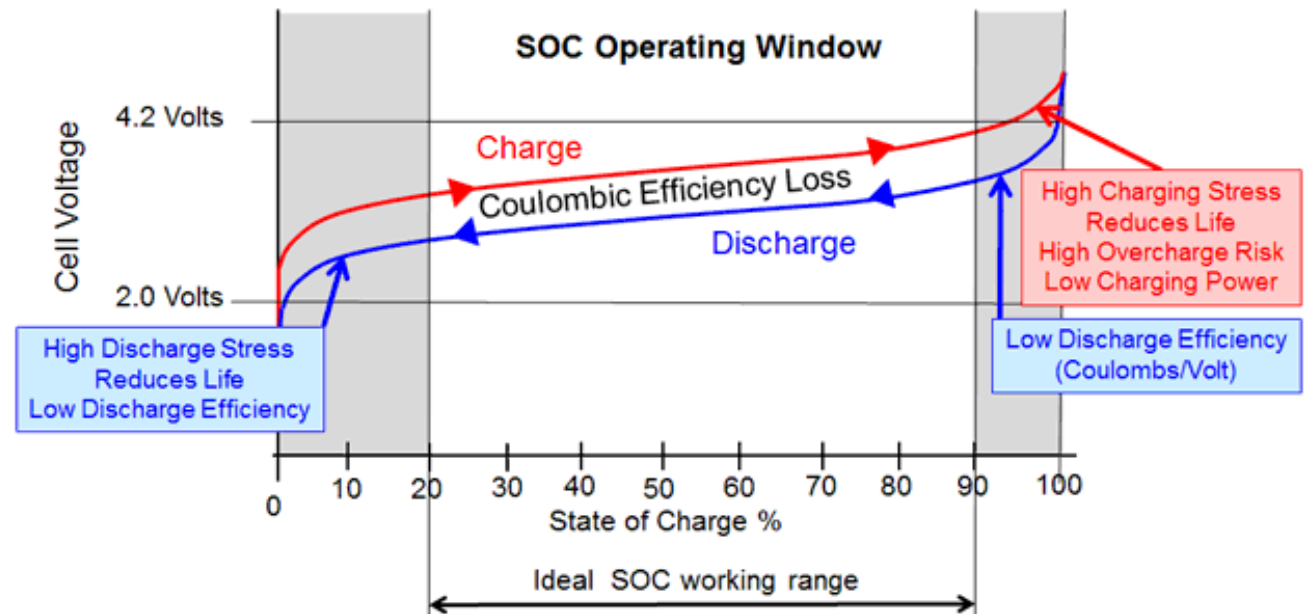
maximaal laadspanning is 4,24V per cel

→ verlaag dat met 0,1V en de levensduur gaat 100% omhoog!

→ verlaag dat met 0,1V en de levensduur gaat 100% omhoog!

→ verlaag dat met 0,1V en de levensduur gaat 100% omhoog!

→ verlaag verder en er is bijna geen effect meer merkbaar (buiten stressgebied)



# Stibat

- Stibat: stichting batterij Nederland houden toezicht op inzamelen van batterijen om schadelijke stoffen uit het milieu te houden en recycling van grondstoffen
- De importeur van de batterij betaald een afdracht per gewicht en per batterij chemie (lithium of niet lithium).
- In België is dat Bebat.

# Introductie lithium batterijen

- Oplaadbaar: Lithium Ion  
Lithium Polymeer  
Lithium IJzer Fosfaat  
Lithium Titanaat  
Lithium Capacitors

Li-Ion is eigenlijk een familienaam.

Elke type batterij heeft zijn eigen specifieke kenmerken, bijvoorbeeld een hogere spanning of kan een grotere stroom leveren of heeft een langere levensduur.

ENERGY STORAGE  
EVENT

13 februari 2020  
Van der Valk Vianen

# Lithium-Ion

- Lithium Ion is verzamelnaam  
LCO, LMO, NMC → maar ook Lipo, LFP, LTO
- Maar in de volksmond: met vloeibaar elektrolyt



CAPACITEIT - ENERGIE - KOSTEN

Nominaal: 3,6-3,7V  
Vol : 4,24 – 4,32  
Leeg: 2,4 – 2,7V (3,0V)

18650:  
 $3,7V \times 3400mAh = 12,58Wh$   
 $3,6V \times 2000mAh = 7,2Wh$

ENERGY STORAGE  
EVENT

13 februari 2020  
Van der Valk Vianen



# Li-Ion

LCO = lithium kobalt oxide

veel energie (smart phones)

LMO = lithium mangaan oxide

veel stroom maar 1/3 minder energie

NMC = Nikkel Mangaan Kobalt oxide

tussenvorm van de bovenste twee (EV's)

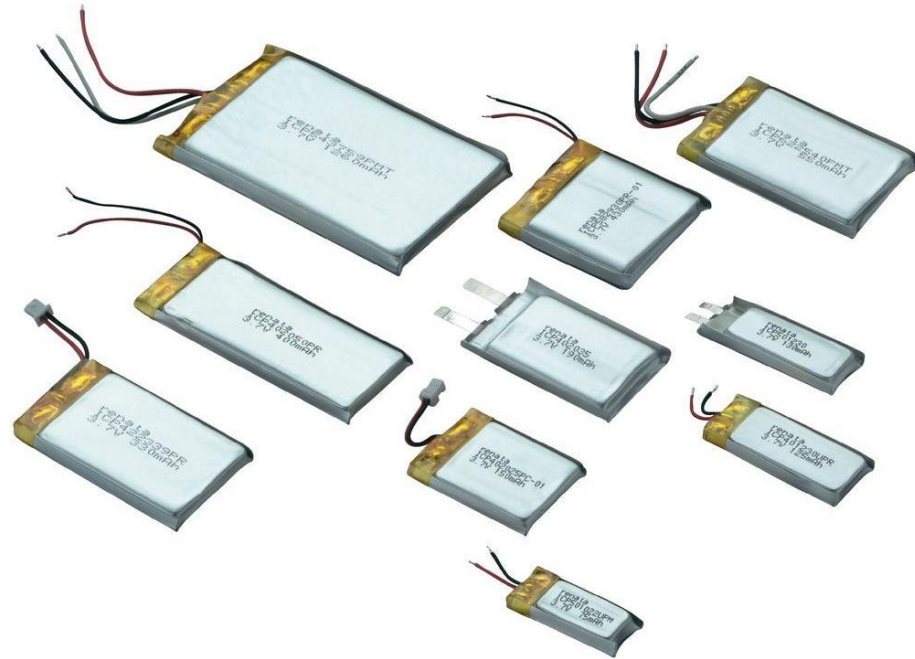
Kobalt = Kobalt (in Kathode) houd de batterij stabiel: Tesla voorheen 12% Cobalt nu nog 2 a 3%

Nikkel = veel energie, niet stabiel, iets lagere spanning, langere levensduur

De verhouding van de chemische samenstelling kunnen verschillend zijn per fabrikant en daarmee ook de kenmerken

# Lithium Polymeer

- Lithium Ion, elektrolyt in gelvorm
- Pouch pack



BOUWVORM

Nominaal: 3,6-3,7V  
Vol : 4,24 – 4,32  
Leeg: 2,4 – 2,7V (3,0V)

# LiPo

- LIPO: de elektrolyt is in gelvorm, daarmee kan de vorm rechthoekig worden een zgn Pouch pack.
- Hou rekening met 10% ademen tijdens gebruik (dikker worden tijdens laden/ontladen)
- Packs met meerdere cellen in serie en of parallel worden opgebouwd met geselecteerde cellen zodat ze bij elkaar passen.

# Lithium IJzerfosfaat – Li-FePO4 - LFP



Nominaal: 3,2V  
Vol : 3,65V  
Leeg: 2,0V (2,5V)

18650:  
3,2V x 1300mAh = 4,16Wh

VEILIG  
 ONVEILIG

STROOM – LEVENSDUUR - REDELIJKE BETAALBAAR

ENERGY STORAGE  
EVENT

13 februari 2020  
Van der Valk Vianen

# LFP

Lithium IJzerfosfaat is vrij gangbaar en is veiliger dan gewone Li-Ion.  
De levensduur is ca 2 a 3x zo lang.

De C-rate ligt ook hoger, maar als je een standaard Li-Ion stroomcel behandelt een LFP batterij, dan liggen ze erg dicht bij elkaar met levensduur en laadsnelheid.

Deze chemie heeft geen thermal runaway.

# Lithium Titanaat - $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ -LTO



Nominaal: 2,3-2,4V  
Vol : 2,9V  
Leeg: 1,5V

18650:  
2,4V x 1300mAh = 3,12Wh

VEILIG  
 ONVEILIG

STROOM – LANGE LEVENSDUUR - DUUR - KEUZE

ENERGY STORAGE  
EVENT

13 februari 2020  
Van der Valk Vianen

# LTO

Dit is de nieuwste soort van Lithium batterijen met nanokristallen-structuur ipv actief koolstof aan de anode.

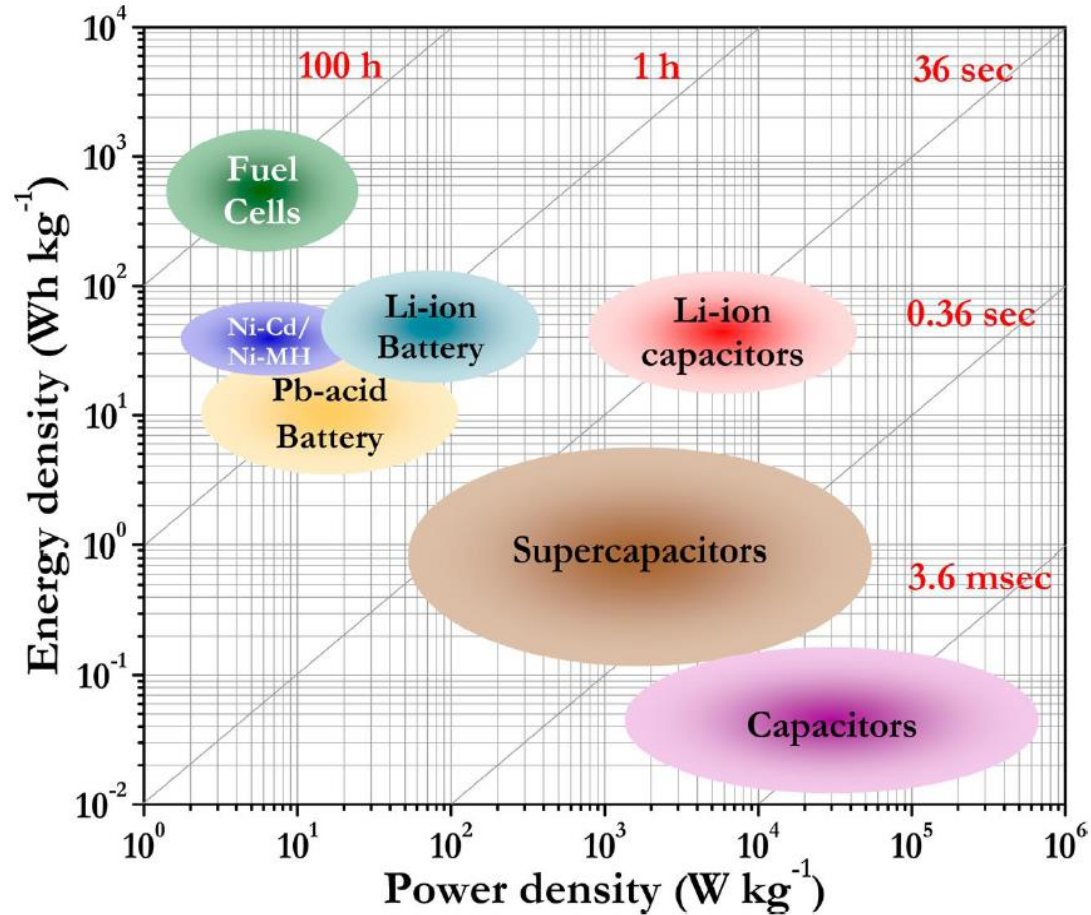
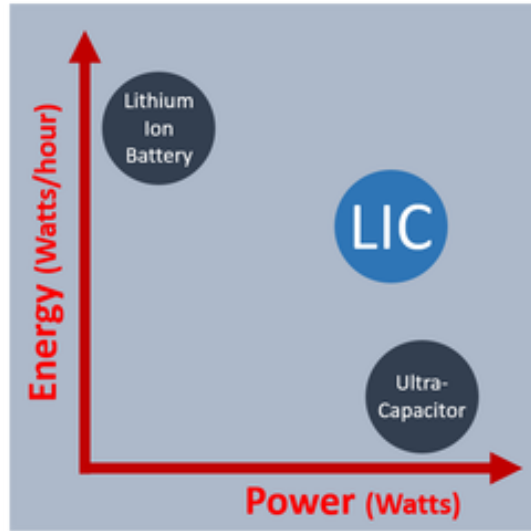
Als je de anode zou openvouwen en plat maken, kom je op 100m<sup>2</sup> per gram ivm met 3 m<sup>2</sup> bij koolstof.

Zeer lange levensduur 15K is mogelijk, maar beperkte energie aan boord en beperkt aantal aanbieders en duur.

ENERGY STORAGE  
EVENT

13 februari 2020  
Van der Valk Vianen

# Variatie: Lithium-Ion capacitors



VEILIG  
 ONVEILIG

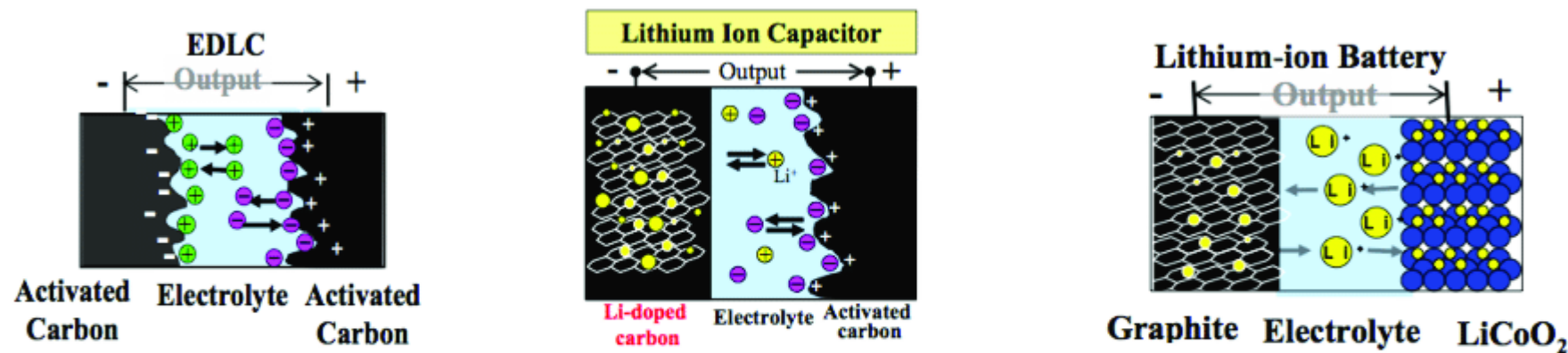
ENERGY STORAGE  
EVENT

13 februari 2020  
Van der Valk Vianen



# Variatie: Lithium-Ion capacitors

- Nieuwe mogelijke applicaties zouden met een tussenvorm tussen li-ion batterijen en supercaps gemaakt kunnen worden
- Snel laden/ontladen, redelijke energie inhoud, veel cycles, makkelijk op te laden en goedkoop
- Qua opbouw een tussenvorm tussen lithium Ion en een supercap



# Variatie: Lithium-Ion capacitors

	<b>EDLC Supercap</b>	<b>LIC Lithium doped capacitor</b>	<b>Pulse Capacitor</b>	<b>LIB Lithium Ion Battery</b>
Internal Resistance	<b>Low</b>	Medium	Medium	<b>High</b>
Operating Temp (°C)	<b>-40~85</b>	-30~85	-20~70	<b>-10~60</b>
Rated Voltage (V)	<b>2.3 to 3.0</b>	3.8	3.8 to 4.0	<b>4.1 to 4.3</b>
Min. Operating Voltage (V)	<b>0</b>	2.2	<b>2.5 (2,2)</b>	<b>2.5</b>
Capacitance / Volume	<b>Not Good (1)</b>	<b>Not Good (2~3)</b>	Good (5~10)	<b>Very Good (~100)</b>
Charge / Discharge Cycle	<b>Very Good (100k ~)</b>	<b>Very Good (100k ~)</b>	Good (20k ~)	<b>Poor (~ 5K)</b>
Self-Discharge	<b>Poor</b>	<b>Good</b>	<b>Good</b>	<b>Good</b>
Voltage Monitoring	<b>Not Required</b>	<b>Mandatory</b>	<b>Mandatory</b>	<b>Mandatory</b>
Production cost / Size	<b>Very Good (1)</b>	<b>Poor (~4)</b>	Good (~2)	<b>Poor (~5)</b>

# Packs met grote of kleine cellen

Aantal verbindingen vs. Koeling

Aantal verbindingen vs. Levensduur

Deel van een pakket uitschakelen

Kosten

Uitwisselbaarheid van cellen



ENERGY STORAGE  
EVENT

13 februari 2020  
Van der Valk Vianen

# Packs met grote of kleine cellen

- Kleine cellen zijn vrij verkrijgbaar en relatief goedkoop ivm grote cellen
- Meer cellen betekend meer ongelijkheid in het pack wat weer opgelost kan worden met balancing.

Active balancing:

Laden: energie wordt van de volste naar de leegste cel gebracht

Ontladen: energie wordt van de leegste naar de volste cel gebracht

Passive balancing:

Laden: de volste cellen verbranden energie over een weerstand

Ontladen: de eerste die leeg is zet de grens.

- Grote systemen zijn opgebouwd uit meerdere sub systemen die in delen uitgeschakeld kunnen worden als er blijkt dat er iets niet goed is.
- Grote cel fabrikanten als Toshiba en LG bieden complete battery storage systemen aan, compleet met de besturing.  
Voordeel: alles uit één hand  
Nadeel: geen mogelijkheid tot aanpassen naar de eisen van de applicatie

ENERGY STORAGE  
EVENT

13 februari 2020  
Van der Valk Vianen

# Veiligheid & transport



IEC62133:2017-2

- Geeft aan dat kleinere formaten cellen / pack veilig zijn
- Vanaf maart 2020 gehandhaafd, oude 2012 versie niet meer geldig
- Certificaat of report
- Basis voor CE
- Zegt niets over de veiligheid in het apparaat waarvoor het bedoeld is

ENERGY STORAGE  
EVENT

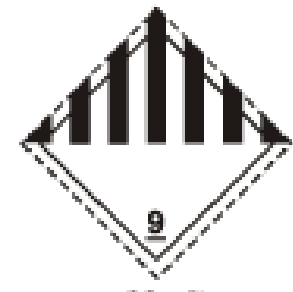
13 februari 2020  
Van der Valk Vianen

# Veiligheid & transport



## UN38.3

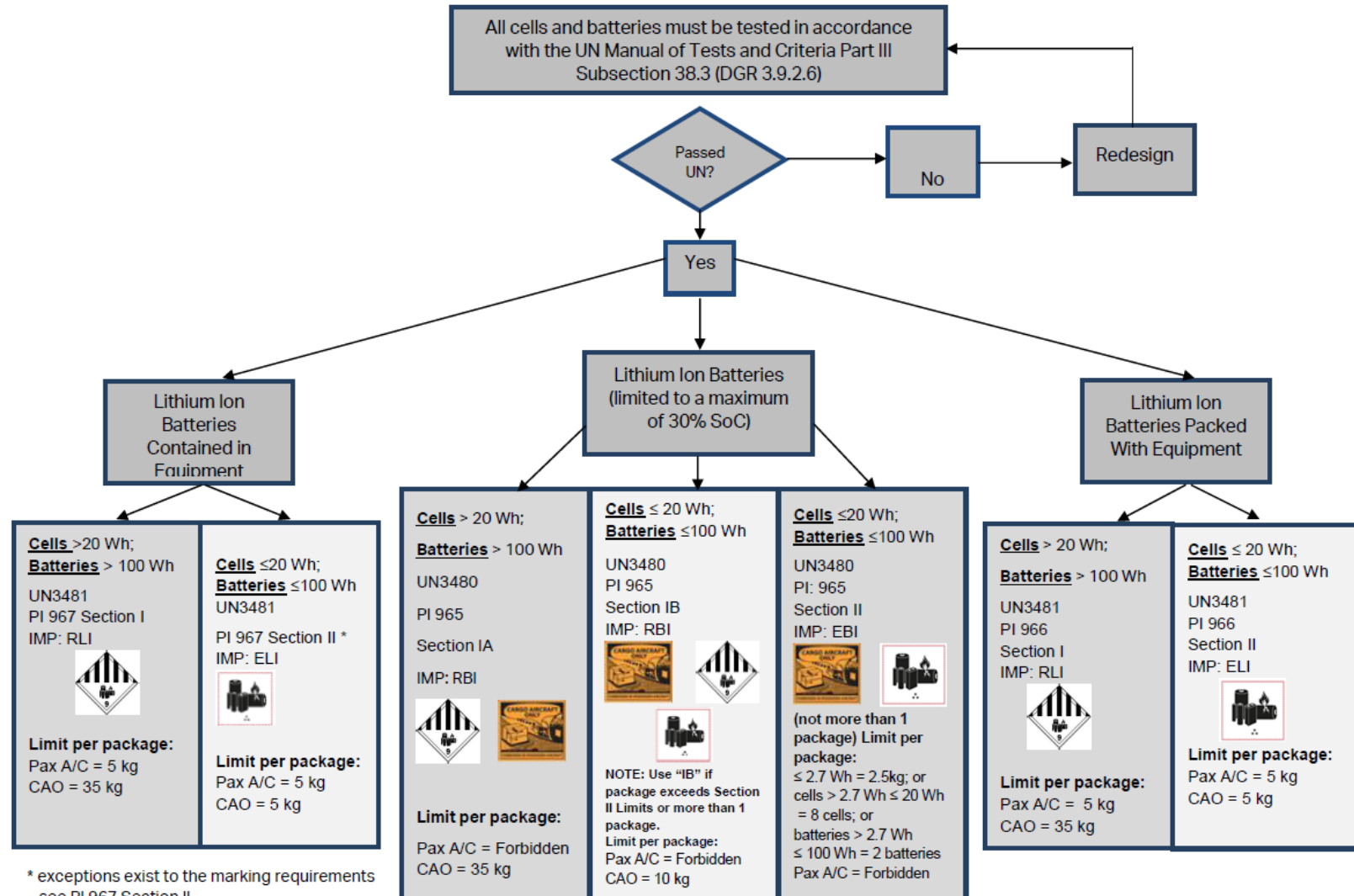
- Lithium batterijen – DG Dangerous Goods
- Transport veiligheidsnormen luchtvracht verwijst hiernaar.  
IATA luchtvracht  
ADR internationaal Europees vervoer over de weg  
RID internationaal Europees spoorwegvervoer  
IMDG internationale code zeevervoer
- Cel-, packniveau en verpakking
- Certificaat of report
- Zegt niets over de veiligheid in het apparaat waarvoor het bedoeld is



ENERGY STORAGE  
EVENT

13 februari 2020  
Van der Valk Vianen

# Veiligheid & transport



# Veiligheid & transport

Opslag hoeveelheden Li-Ion batterijen: PGS 37 (in de maak)  
Zolang die er niet is er een handreiking opslag Li-Ion:

- EV pakketten voor auto's > 1 stuks
- Batterijen van > 3kg > 50 stuks
- Fietsbatterijen > 50 stuks
- Batterijen <3kg > 500kg

Opslag minimaal 60min branddoorslag bestendig  
Bodembescherming





Hans Zijlstra, Elincom electronics B.V.

[h.zijlstra@elincom.nl](mailto:h.zijlstra@elincom.nl)

ENERGY STORAGE EVENT

NIEUWSTE TECHNOLOGIEËN EN APPLICATIEKENNIS

13 februari 2020 | Van der Valk Vianen

